

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
(конспекты лекций)
по дисциплине**

"АСТРОНОМИЯ"



Федеральное агентство транспорта
Кирсановский авиационный технический колледж –
филиал ФГБОУ ВО
«Московский технический университет гражданской авиации»

АСТРОНОМИЯ
учебное пособие (конспект лекций)

для специальностей

25.02.01 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей»

25.02.03 «Техническая эксплуатация электрифицированных и пилотажно-навигационных комплексов»

Кирсанов 2021

Рецензент

Н.Н.Караушенко

Заместитель директора колледжа по учебно-методической работе

Разработчик и составитель

И.А. Струсов

Астрономия. Учебное пособие. Конспекты лекций

К, КАТК – филиал МГТУ ГА, 2021 – 83 с.

Данное учебное пособие предназначено для курсантов специальностей:

25.02.01«Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей»

25.02.03«Техническая эксплуатация электрифицированных и пилотажно-навигационных комплексов»

для самостоятельной внеаудиторной подготовки к занятиям по дисциплине «Астрономия». В учебном пособии представлены основные положения астрономии как науки, всесторонне изучающей небесные объекты, включая их положение, движение и общие характеристики. Учебное пособие представляет интерес для всех, кто интересуется астрономией.

Рассмотрено и одобрено на заседании цикловой комиссии ОГиСЭД.

СОДЕРЖАНИЕ

Вводная лекции.....	6
1.История развития астрономии.....	10
Лекция 1	10
Лекция 2	14
2.Практические основы астрономии.....	16
Лекция 1	16
Лекция 2	21
3.Строение Солнечной системы.....	25
Лекция 1	25
Лекция 2	32
4.Природа тел Солнечной системы.....	38
Лекция 1	38
Лекция 2	43
Лекция 3	48
5.Солнце и звезды.....	52
Лекция 1	52
Лекция 2	57
Лекция 3	61
6.Строение и эволюция Вселенной.....	65
Лекция 1	65
Лекция 2	69
Лекция 3	73
7.Жизнь и разум во Вселенной.....	77
Лекция 1	77
Лекция 2	79
Список используемых источников.....	83

Вводная лекция

1. Астрономия, ее связь с другими науками
2. Структура и масштабы Вселенной
3. Особенности астрономических методов исследования
4. Телескопы и радиотелескопы. Сущность всеволновой астрономии.

Вопрос 1: Астрономия, ее связь с другими науками

Слово «астрономия» происходит от двух греческих слов: «астрон» — звезда, светило и «номос» — закон.

Астрономия — наука о Вселенной, изучающая движение, строение, происхождение и развитие небесных тел и их систем.

При изучении небесных тел астрономия ставит перед собой три основные задачи, требующие последовательного решения, рисунок 1:

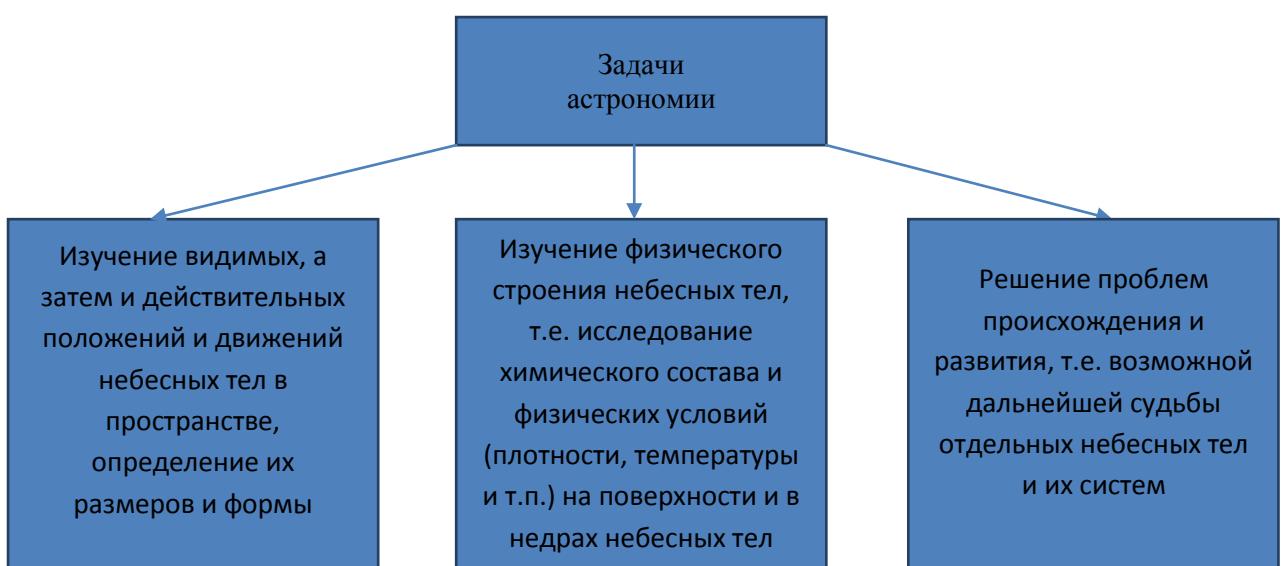


Рисунок 1 – Задачи астрономии

Современная астрономия подразделяется на ряд отдельных разделов, которые тесно связаны между собой:

1. астрометрия — наука об измерении пространства и времени;
2. теоретическая астрономия - теоретическая астрономия исследует относительное движение двух небесных тел, при этом не учитывается их взаимодействие с иными телами, поскольку взаимодействия с другими телами проявляются сравнительно слабо и могут не приниматься во внимание исследователями;
3. небесная механика - изучает законы движений небесных тел под действием сил всемирного тяготения, определяет массы и форму небесных тел и устойчивость их систем;
4. астрофизика - изучает строение, физические свойства и химический состав небесных объектов;
5. космогония - рассматривает вопросы происхождения и эволюции небесных тел, в том числе и нашей Земли;

6. космология - изучает общие закономерности строения и развития Вселенной.

Современная астрономия как наука имеет взаимосвязь с рядом других дисциплин, рисунок 2:

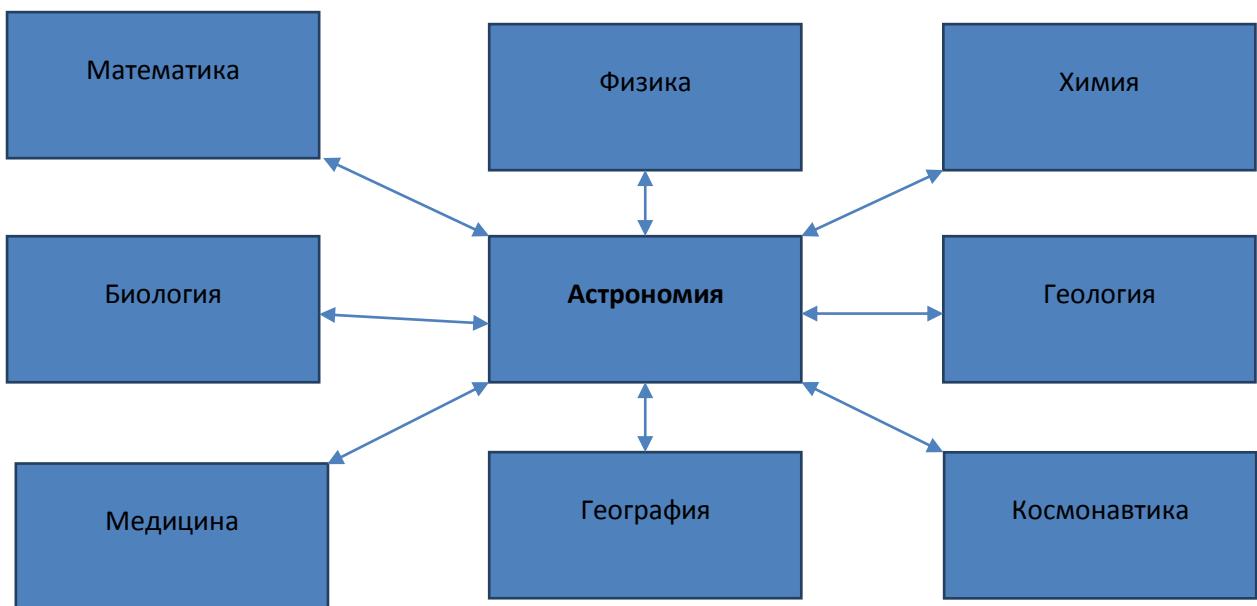


Рисунок 2 – Схема взаимосвязи астрономии с другими науками

Изучая строение и развитие небесных тел, их положение и движение в пространстве, астрономия в конечном итоге дает нам представление о строении и развитии Вселенной в целом.

Вопрос 2: Структура и масштабы Вселенной

Солнечная система – включает в себя звезду Солнце, планеты и их спутники, кометы и малые планеты.

Звезда отличается от планеты способностью излучать тепло и свет. Планеты же свет лишь отражают, и по своей сути являются темными небесными телами. Температура поверхности любой звезды гораздо более высока, чем температура поверхности какой-либо планеты.

Спутники – это космические тела естественного или искусственного происхождения, которые врачаются вокруг планет.

Малое тело — термин, для обозначения объектов Солнечной системы, которые не являются ни планетами, ни карликовыми планетами, ни их спутниками. Примерами малых тел являются астероиды и кометы.

Астероиды - относительно небольшое небесное тело Солнечной системы, движущееся по орбите вокруг Солнца.

Кометы — это непрочные тела, представляющие собой сгустки замёрзшего газа и пыли, которые врачаются вокруг Солнца.

Схематично структура Солнечной системы имеет следующий вид, рисунок 3.

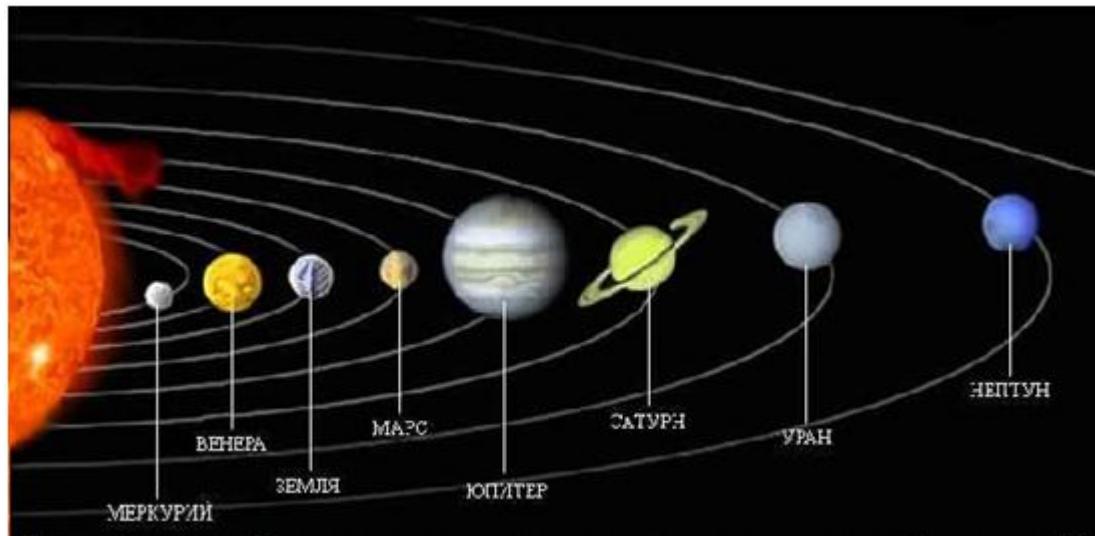


Рисунок 3 – Структура Солнечной системы

Галактика представляет собой совокупность звезд, видимых на небе.
Вселенная – совокупность Галактик.

Вопрос 3: Особенности астрономических методов исследования

В астрономической науке применяются следующие методы исследования, таблица 1.

Таблица 1 – Методы астрономических исследований

Метод исследования	Характеристика метода
Астрономические наблюдения	Астрономическое наблюдение - целенаправленная и активная регистрация информации о процессах и явлениях, происходящих во Вселенной
Астрономические измерения	Астрономический прием или совокупность приемов сравнения измеряемой величины с ее единицей или шкалой в соответствии с реализованным принципом измерений
Космические эксперименты	Астрономическая процедура, выполняемая для поддержки, опровержения или подтверждения гипотезы или теории

Вопрос 4: Телескопы и радиотелескопы. Сущность всеволновой астрономии

Телескоп – основной инструмент реализации астрономического наблюдения.

В наиболее общем виде телескоп представляет собой уникальный оптический прибор, предназначенный для наблюдения за небесными телами.

В астрономии применяются различные виды телескопов:

1) Оптический телескоп — телескоп, собирающий и фокусирующий электромагнитное излучение оптического диапазона. Его основные задачи увеличить блеск и видимый угловой размер объекта, то есть, увеличить количество света, приходящего от небесного тела (оптическое проницание) и дать возможность изучить мелкие детали наблюдаемого объекта.

2) Радиотелескоп — астрономический инструмент для приёма радиоизлучения небесных объектов и исследования их характеристик. Радиотелескопы состоят из антенны и чувствительного радиоприемника с усилителем (радиометра). Доходящее до Земли радиоизлучение подавляющего большинства небесных тел настолько мало, что для его приема необходимы антенны с полезной площадью в тысячи и десятки тысяч квадратных метров.

3) Рентгеновский телескоп — телескоп, предназначенный для наблюдения удаленных объектов в рентгеновском спектре. Для работы таких телескопов обычно требуется поднять их над атмосферой Земли, непрозрачной для рентгеновских лучей. Поэтому телескопы размещают на высотных ракетах или на искусственных спутниках Земли.

4) Гамма-телескоп — телескоп, предназначенный для наблюдения удалённых объектов в спектре гамма-излучения (вид электромагнитного излучения, характеризующийся чрезвычайно малой длиной волны).

Другими словами, наблюдения учеными ведутся на различных длинах волн. Изначально ученые использовали для детального изучения оптические телескопы. Изучали они исключительно то, что видели своими глазами, однако уже сегодня в современном мире присутствует такая дисциплина, как «радиоастрономия», «гамма-астрономия» и «рентгеновская астрономия». Сегодня существует ряд видов волн, которые мы не можем увидеть глазами, однако такие возможно измерять специальными приборами. Необходимость измерения всех видов волн на данный момент очень важна. Ученые постоянно работают в данном направлении и контролируют излучение света, ведь он напрямую влияет на состояние человеческого организма.

Тема 1 «История развития астрономии»

Лекция 1

1. Астрономия Аристотеля
2. Первые математические теории видимого движения Солнца и Луны
3. Астрономия как «математическое изучение неба». Создание первой универсальной математической модели мира на основе принципа геоцентризма

Вопрос 1: Астрономия Аристотеля

Астрономия является одной из древнейших наук. Первые записи астрономических наблюдений относятся к VIII в. до н.э. Однако известно, что еще за 3 тысячи лет до н. э. египетские жрецы подметили, что разливы Нила, регулировавшие экономическую жизнь страны, наступали вскоре после того, как перед восходом Солнца на востоке появлялась самая яркая из звезд, Сириус, скрывавшаяся до этого около двух месяцев в лучах Солнца. Из этих наблюдений египетские жрецы довольно точно определили продолжительность тропического года.

В Древнем Китае за 2 тысячи лет до н.э. видимые движения Солнца и Луны были настолько хорошо изучены, что китайские астрономы могли предсказывать наступление солнечных и лунных затмений.

Астрономия, как и все другие науки, возникла из практических потребностей человека.

Аристотель (384-322 до н. э.), великий учёный-энциклопедист, родился в городе Стагире. Аристотель, великий логик и систематизатор, занимался многими науками - от поэтики и политики до физики и биологии. Он критиковал своего учителя Платона и стремился заниматься не только общими вопросами, но и анализировать конкретные явления.

Аристотель считал мир вечным и неизменным, живущим по физическим законам.

Сначала философ обосновал идею о том, что во Вселенной (по сути в центре Земли) есть особая точка - центр, к которому в силу своей природы стремились тяжелые элементы: земля и вода. Ведь если бы такого центра не было, падение предметов продолжалось бы вечно, без остановки. Из-за стремления элементов к центру мира Земля получила форму шара. Лёгкие элементы - воздух и огонь - напротив, стремились от центра, но не уходили за границы "подлунной сферы". За ней начиналось царство небесных тел, построенное из особого эфира.

Движения к центру и от него Аристотель считал "естественными", все остальные его виды требовали приложения силы и назывались "принудительными". Земная механика Аристотеля не знала движения по инерции, это открытие сделал только Галилей. Чтобы объяснить, почему небесные тела движутся, философ ввёл некий божественный перводвигатель, располагавшийся у внешних пределов мира, рисунок 1.

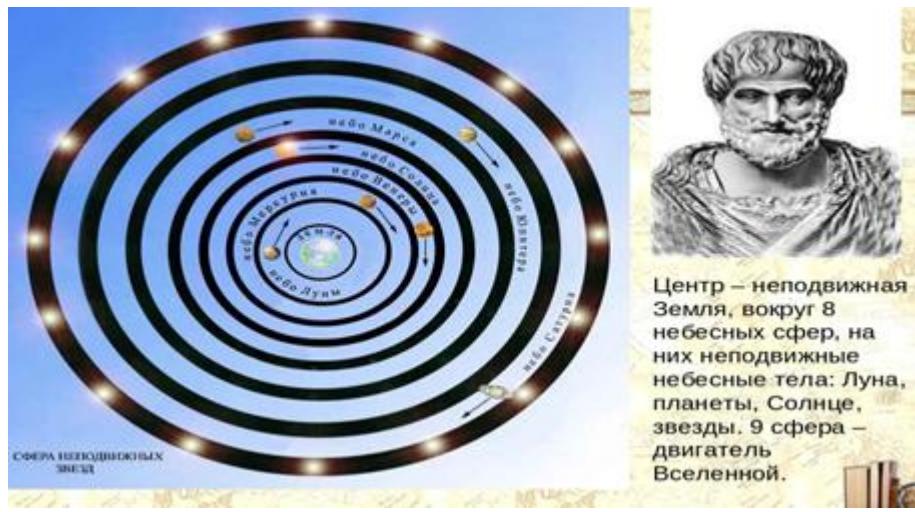


Рисунок 1 – Система мира по Аристотелю

А как быть с полётом пущенной стрелы или брошенного камня? Ведь они летят, когда сила уже не действует. Согласно Аристотелю, их несёт воздушный вихрь. Камень раздвигает воздух, тот обходит летящее тело, ударяет по нему сзади и тем самым поддерживает движение.

Вопрос 2: Первые математические теории видимого движения Солнца и Луны

Гиппарх (190 г. до н.э. – 120 г. до н.э.) - древнегреческий ученый, один из основоположников астрономии. Родился в городе Никее, жил и работал на острове Родос. Гиппарху принадлежит заслуга создания первых математических теорий видимого движения Солнца и Луны и теории затмений. Он правильно определил размер Луны и ее расстояние от Земли. Сопоставляя результаты личных наблюдений и наблюдений своих предшественников, он с большой точностью вычислил продолжительность солнечного года (ошибка не более 6 мин).

Гиппарх и другие астрономы древности уделяли много внимания наблюдениям движений планет.

Наблюдаемое с Земли движение планет довольно сложно: скорость планеты то увеличивается, то уменьшается, временами она и вовсе останавливается, после чего начинает двигаться в обратном направлении. При этом планета иногда описывает на небе петли. Эта сложность, как сейчас знаем, является результатом того, что наблюдения ведутся с Земли, которая сама обращается вокруг Солнца.

Гиппарх же, считавший Землю неподвижной, полагал наблюдаемое движение планет реальными. В объяснении движения планет он следовал теории эпизиков. Теория эпизиков давала с известным приближением чисто формальное, геометрическое представление о движении планет.

Он повысил точность наблюдений, применив крест нитей для наведения на светило в угломерных инструментах - секстантах и квадрантах.

Ученый составил огромный по тем временам каталог положений 850 звезд, разделив их по блеску на 6 степеней (звездных величин).

Гиппарх ввел географические координаты - широту и долготу, и его можно считать основателем математической географии.

***Вопрос 3: Астрономия как «математическое изучение неба»
Создание первой универсальной математической модели мира на
основе принципа геоцентризма***

Начатое Гиппархом математическое описание астрономических явлений спустя почти три века достигло своей вершины в системе мира знаменитогоalexандрийского астронома, географа и оптика Клавдия Птолемея (? — 168 г.). Птолемей дополнил собственными наблюдениями до 1022 звезд каталог Гиппарха.

Его фундаментальный труд — «Большое математическое построение астрономии в XIII книгах», по-гречески «Мегале Синтаксис», еще в древности получил широкую известность под названием «Мегистэ» («Величайшее»).

В этом труде Птолемей значительно усовершенствовал и математический аппарат сферической астрономии — тригонометрию. В течение столетий использовались вычисленные им таблицы синусов. Опираясь на достижения Гиппарха, Птолемей пошел дальше в изучении главных тогда для астрономов подвижных небесных светил. Вычисленные Птолемеем на этом основании более точные таблицы положения Луны позволили ему усовершенствовать теорию затмений. Для определения географической долготы места наблюдения точное предсказание момента наступления затмений имело важное значение. Но подлинным научным подвигом ученого стало создание им первой математической теории сложного видимого движения планет, чему посвящено пять из тринадцати книг «Альмагеста». Недаром он определил астрономию как «математическое изучение неба».

В основу своей теории Птолемей положил несколько логически обоснованных утверждений — постулатов. Однако наряду с правильными положениями — о шарообразности Земли и ее колоссальной удаленности от сферы звезд, он принял ошибочные утверждения аристотелевской физической картины мира: равномерность и круговой характер действительных движений небесных тел и, главное, принцип неподвижности Земли и ее центрального положения во Вселенной.

Вместе с теорией движения Солнца и Луны он составил геоцентрическую систему мира. Теория Птолемея в полном смысле слова была грандиозным успехом человеческой мысли в математическом анализе явлений природы, рисунок 2.

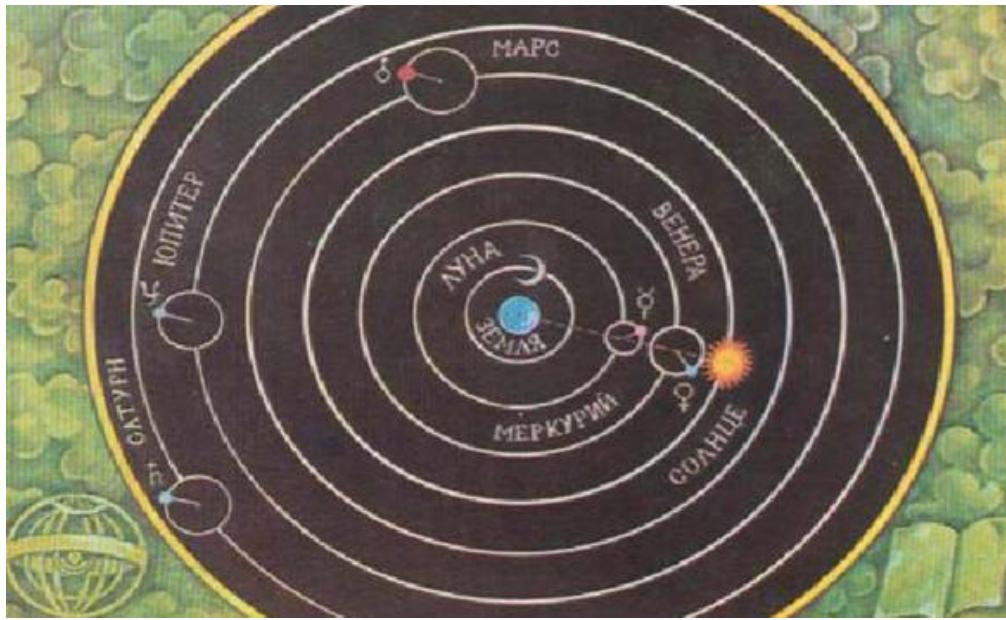


Рисунок 2 – Геоцентрическая модель К.Птолемея

Предполагалось, что вокруг неподвижной Земли находится окружность, центр которой помещен несколько в стороне от центра Земли (деферент — эксцентрик; это первая «оговорка» — отступление от физической картины мира Аристотеля). По деференту движется центр меньшей окружности — эпицикла. Таким образом, каждая планета движется равномерно по эпициклу — малому кругу, центр которого движется вокруг Земли по деференту.

Тема 1 «История развития астрономии»

Лекция 2

1. Звездное небо
2. Оптическая астрономия
3. Изучение околоземного пространства. Астрономия дальнего Космоса

Вопрос 1: Звездное небо

К 16 в. большинству европейских астрономов стало окончательно ясно, что система Птолемея приводит к серьезным ошибкам, и в целом вызывает сомнения.

Польский астроном Николай Коперник (1473— 1543) стал тем человеком, который впервые за полтора тысячелетия предложил иную — намного более простую и ясную систему мира. Согласно гелиоцентрической модели Солнечной системы, предложенной Коперником, в центре ее находится Солнце, а Земля является одной из планет, обращающихся вокруг центрального светила. Ученый правильно расположил планеты по их расстоянию от Солнца и отвел в этом ряду Земле третье место. Земля движется по орбите вокруг Солнца и в течение года совершает полный оборот вокруг него. Его главный труд «Об обращении небесных сфер» был занесен в список запрещенных книг.

Джордано Бруно (1548—1600) — итальянский мыслитель, один из последователей Коперника, сожженный на костре по решению суда инквизиции. Опережая свое время, Дж. Бруно утверждал, что звезды такие же солнца, как и наше, но очень далекие, что Вселенная бесконечна и бесконечно в ней число звезд и планет, что жизнь, возможно, существует не только на Земле.

Вопрос 2: Оптическая астрономия

Великий итальянский ученый Галилео Галилей (1564— 1642) — философ и математик, основатель современной астрономии, физик и механик — был звездой первой величины на европейском научном небосклоне.

Первым исследователем, который осуществил астрономические наблюдения с помощью телескопа-рефрактора, стал Галилео Галилей.

В 1609 г. он создал собственную конструкцию зрительной трубы с двумя линзами и впервые применил этот прибор для наблюдения за объектами на небе.

С помощью своего телескопа, который имел всего лишь тридцатикратное увеличение, великий астроном открыл, что у планеты Венеры имеются фазы — такие же, как у Луны. На Луне Галилей обнаружил горы, подобные тем, которые существуют на Земле, и измерил их высоту. Так мало-помалу обнаруживалось сходство в строении тел Солнечной системы, и становилось легче поверить, что Земля — всего лишь одно из таких тел.

У планеты Юпитер Галилей открыл четыре спутника. Их обращение вокруг Юпитера опровергало представление о том, что лишь Земля может быть центром, вокруг которого обращаются светила. На Солнце Галилей обнаружил пятна, и по их перемещению по солнечному диску заключил, что Солнце вращается вокруг собственной оси.

Вопрос 3: Изучение околоземного пространства. Астрономия дальнего космоса

Заслуга открытия законов движения планет принадлежит выдающемуся немецкому астроному, оптику, математику и астрологу при дворе императора Рудольфа II Иоганну Кеплеру (1571 —1630). Внимательно изучив собранные за многие годы его предшественниками данные о движении планет Солнечной системы, Кеплер пришел к выводу, что орбита Марса представляет собой не круг, а эллипс, в одном из фокусов которого находится Солнце. Затем ему удалось установить, что чем дальше планета находится от Солнца, тем медленнее она движется.

«Я выяснил, — писал Кеплер, — что все небесные движения, как в целом, так и во всех отдельных случаях, проникнуты общей гармонией». Открытые им законы полностью объясняли видимые даже без приборов неравномерности в движении планет, позволяли определить форму их орбит, скорость и период обращения вокруг Солнца.

«Разумом он превосходил род человеческий». Эта надпись высечена на статуе Исаака Ньютона (1643—1727), воздвигнутой в Кембридже. Великий английский математик, механик, астроном и физик, создатель классической механики появился на свет в семье простого фермера в год смерти Галилео Галилея, прожил долгую жизнь и совершил в науке столько открытий, что хватило бы еще на десяток жизней. Даже для того чтобы перечислить все научные достижения Исаака Ньютона нужен не один десяток страниц.

Он создал корпускулярную теорию света, предположив, что свет — это поток мельчайших частиц, открыл дисперсию света, интерференцию и дифракцию. Им был построен первый зеркальный телескоп — прообраз тех гигантских телескопов, которые сегодня установлены в крупнейших обсерваториях мира. Ньютон открыл фундаментальный закон всемирного тяготения и главные законы классической механики, разработал теорию небесных тел, а его трехтомный труд «Математические начала натуральной философии» принес ученому всемирную славу.

Труды великого британца открыли перед современниками совершенно новую картину мира. Оказалось, что небесные тела, находящиеся на огромных расстояниях друг от друга, связаны между собой силами тяготения в единую систему. В ходе своих исследований Ньютон определил массу и плотность планет и Солнца и установил, что самые близкие к Солнцу планеты отличаются наибольшей плотностью. Он также доказал, что Земля не идеальный шар: она «сплюснута» у полюсов и «вздута» у экватора, а приливы и отливы в Мировом океане объясняются действием притяжения Луны и Солнца.

Тема 2 «Практические основы астрономии»

Лекция 1

1. Звезды и созвездия
2. Небесные координаты и небесные карты
3. Видимое движение звезд на различных географических широтах

Вопрос 1: Звезды и созвездия

На заре цивилизации люди стремились объединять звезды в определенные фигуры, рисунок 1. Многие «звездные фигуры» получали имена героев греческих мифов и легенд (Геркулес, Орион, Персей, Андромеда и т.д.).

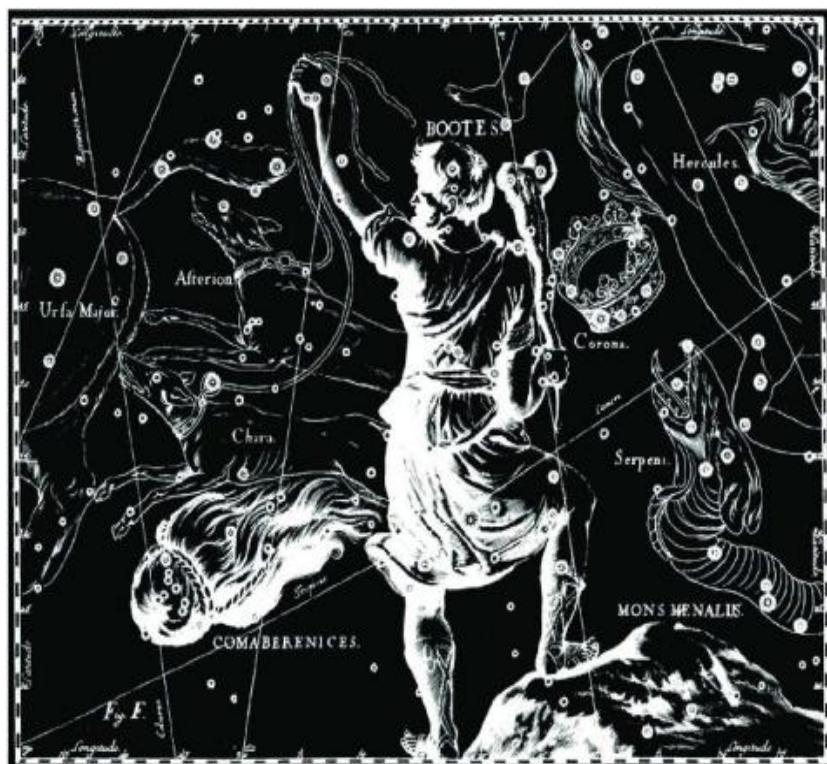


Рисунок 1 – Звездное небо на старинных картах

В наши дни созвездиями называются определенные участки звездного неба, разделенные между собой строго установленными границами.

Всего в настоящее время выделяют 88 созвездий.

Все звезды разделены на 6 величин по уровню яркости. К звездам первой величины отнесено менее 20 звезд. Самые едва различимые звезды – звезды 6 величины. Важно запомнить, что звезды предшествующей величины в 2,512 раза ярче звезд, последующей величины

На рисунке 2 представлена схема созвездий ковша Большой Медведицы. Например, средняя звезда в ручке ковша называется Мицар (в переводе на русский язык - «конь»). Данная звезда обозначается буквой греческого алфавита «дзетта». Мицар является звездой второй величины.

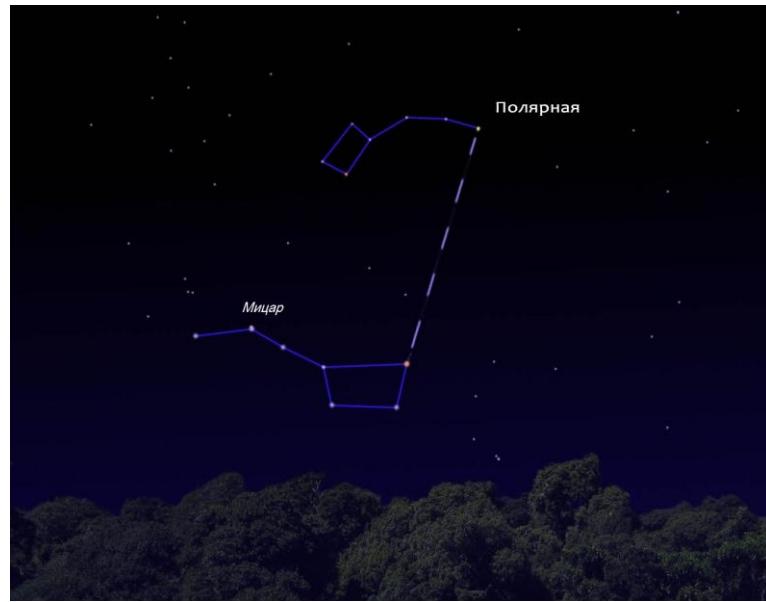


Рисунок 2 – Схема созвездий Большой и Малой медведицы

Полярная же звезда располагается у основания Малого ковша. Полярная звезда также является звездой второй величины.

Вопрос 2: Небесные координаты и звездные карты

Важнейшей задачей астрономии является определение положения небесных тел в пространстве. Для этого используют различные системы координат. Для определения координат небесного тела используют понятие небесной сферы.

Небесная сфера - воображаемая сфера произвольного радиуса, на которую проецируются небесные тела, рисунок 3.

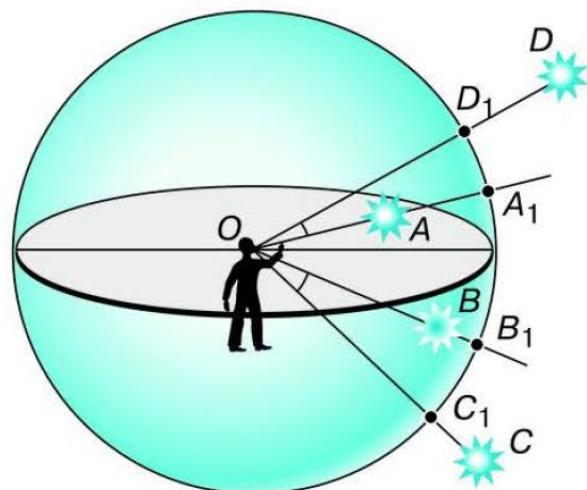


Рисунок 3 – Сущность небесной сферы

При рассмотрении данного вопроса важно понимать, что вращение небосвода – кажущееся явление, вызванное вращением Земли.

В курсе астрономии мы рассмотрим горизонтальную и экваториальную систему координат.

Горизонтальная система координат предполагает указание стороны горизонта (азимут), в которой находится небесное тело, а также высоты над ним (высота).

Центром сферы при использовании горизонтальной системы координат является положение наблюдателя в любой точке Земли (точка О). Для наблюдателя нетрудно определить вертикальное и горизонтальное направление осей. Вертикальное направление изображается отвесной линией ZZ' , проходящей через центр сферы (точку О). Точка Z, расположенная над головой наблюдателя, называется зенитом. Плоскость, которая проходит через центр сферы перпендикулярно отвесной линии, образует при пересечении со сферой окружность – истинный или математический горизонт, рисунок 4.

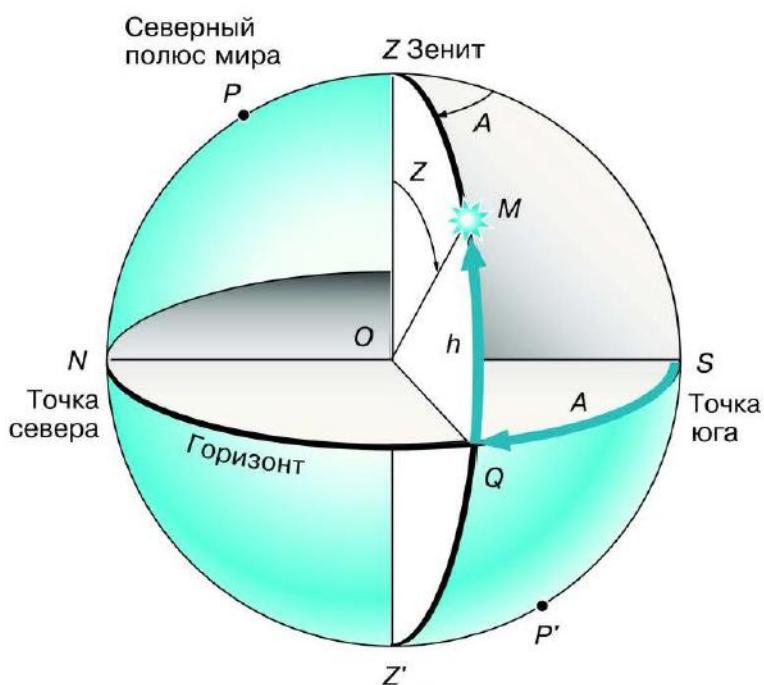


Рисунок 4 – Определение координат по горизонтальной системе

Высота светила отсчитывается по окружности, проходящей через зенит и светило М, и выражается длиной дуги этой окружности от горизонта до светила. Высота обозначается буквой h . Соответственно высота светила, находящегося в зените, равна 90^0 , на горизонте - 0^0 .

Азимут обозначается буквой А и отсчитывается от точки юга в направлении движения часовой стрелки. Таким образом, азимут точки юга равен 0^0 , точки запада - 90^0 и т.д.

Система экваториальных координат указывает положение светил на небесной сфере относительно друг друга, рисунок 5.

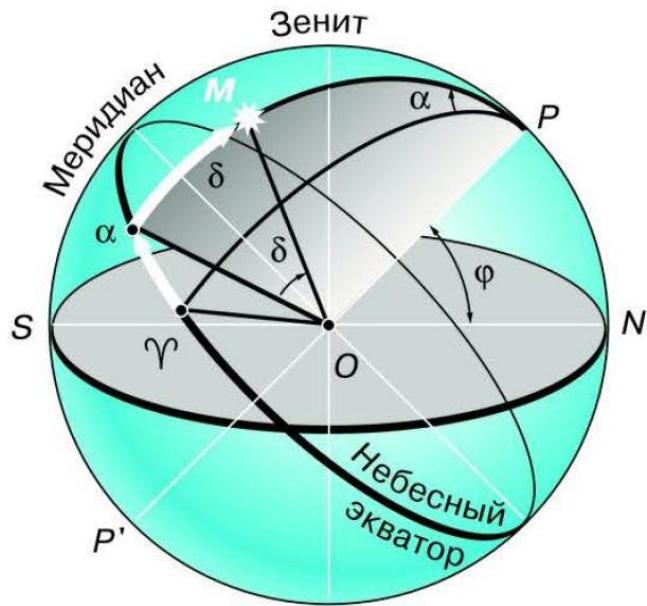


Рисунок 5 – Система экваториальных координат

Проведем линию, параллельную оси вращения Земли – ось мира, которая пересечет небесную сферу в двух точках, которые называются полюсами мира (Р и Р'). Северный полюс мира находится со стороны Северного полюса Земли. Вблизи Северного полюса мира на небе находится Полярная звезда.

Вертикальная плоскость, проведенная через зенит и полюса мира, пересекает небесную сферу по линии, называемой небесным меридианом.

Плоскость, проходящая через центр сферы параллельно плоскости экватора Земли, в сечении со сферой образует окружность, называемую небесным экватором. Небесный экватор делит небесную сферу на два полушария: Северное и Южное.

Угловое расстояние светила от небесного экватора называется склонением. Склонение отчитывается по кругу, проведенному через светило и полюса мира. Положительное склонение (от 0° до 90°) имеют светила, расположенные к северу от небесного экватора, отрицательное склонения (от 0° до -90°) – светила, расположенные к югу.

Вторая координата, характеризующая положение светила на небе, называется прямым восхождением. Прямое восхождение отсчитывается по небесному экватору от точки весеннего равноденствия, в которой Солнце бывает ежегодно 21 марта.

В астрономии принято выражать прямое восхождение не в градусной мере, а в часовой, где один час соответствует 15° , а 24 часа - 360° .

Звёздная карта — изображение звёздного неба или его части, показывающее расположенные на ней объекты (звезды, планеты, кометы и т. п.) в определённой системе условных знаков.

Как и географическая карта, звёздная карта снабжается координатной сеткой в экваториальной системе небесных координат, рисунок 6.

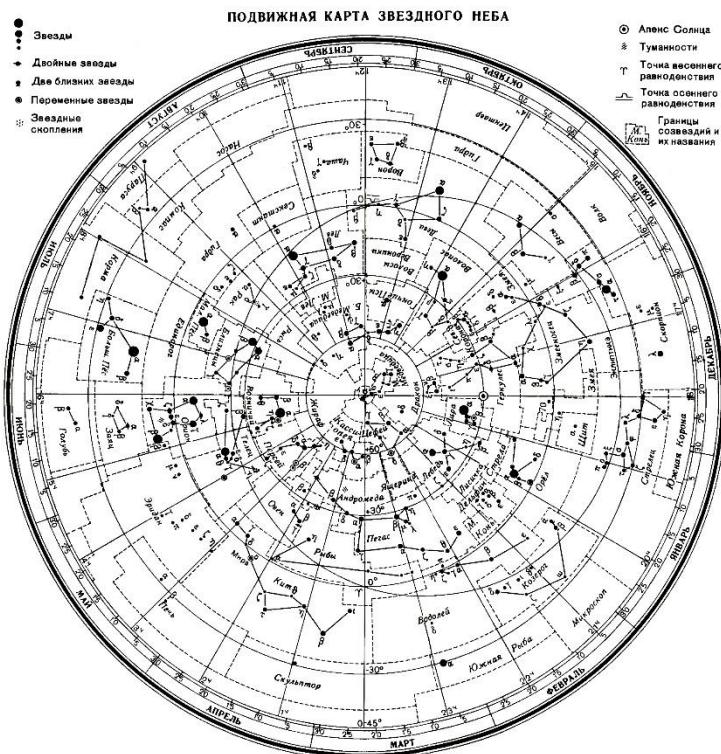


Рисунок 6— Карта звездного неба

Вопрос 3: Видимое движение звезд на различных географических широтах

В зависимости от места наблюдателя на Земле меняется вид звездного неба и характер суточного движения звезд.

При этом, высота видимого полюса мира над горизонтом равна модулю географической широты места наблюдения. Таким образом, географическую широту пункта наблюдения можно определить, если измерить высоту полюса мира над горизонтом.

Для наблюдателя, находящегося на Северном полюсе, видны только звезды с положительным склонением.

Для наблюдателя, находящегося на Южном полюсе, видны только звезды с отрицательным склонением.

При своем суточном движении светила дважды пересекают небесный меридиан. Момент пересечения небесного меридиана называется кульминацией светила. В момент верхней кульминации светило достигает наибольшей высоты над горизонтом.

Тема 2 «Практические основы астрономии»

Лекция 2

1. Годичное движение Солнца по небу. Эклиптика
2. Движение и фазы Луны
3. Затмение Солнца и Луны
4. Время и Календарь

Вопрос 1: Годичное движение Солнца по небу. Эклиптика

Круг небесной сферы, по которому происходит видимое годичное движение Солнца, называется эклиптикой, рисунок 1.

Созвездия, по которым проходит эклиптика, получили название зодиакальных. Каждое зодиакальное созвездие Солнце пересекает примерно за месяц.

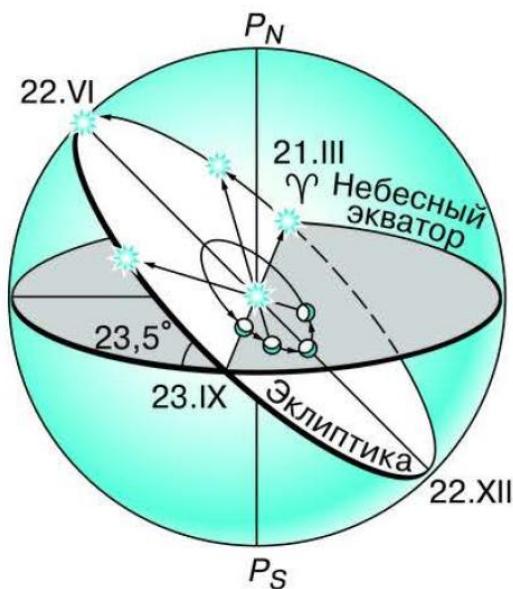


Рисунок 1 – Движение Солнца по эклиптике

Эклиптика представляет собой тот круг небесной сферы, по которому она пересекается с плоскостью земной орбиты.

Промежуток времени, в течение которого Солнце обходит полный круг по небесной сфере, называется годом.

Следовательно, земной экватор имеет по отношению к плоскости орбиты наклон, равный $23^{\circ}26'$. Таков наклон эклиптики к небесному экватору, который она пересекает в двух точках: весеннего и осеннего равноденствия. В эти дни (обычно 21 марта и 23 сентября) Солнце находится не на небесном экваторе и имеет склонение 0° .

В день летнего солнцестояния (22 июня) Земля повернута к Солнцу своим Северным полушарием. В день зимнего Солнцестояния (22 декабря), когда Северное полушарие освещается хуже всего, Солнце находится ниже небесного экватора на такой же угол $23^{\circ}26'$.

Вопрос 2: Движение и фазы Луны

Луна – ближайшее к Земле небесное тело, ее единственный естественный спутник. Находясь на расстоянии около 380 тыс. км от Земли, Луна обращается вокруг нее в том же направлении, в котором Земля вращается вокруг своей оси.

За каждые сутки она перемещается относительно звезд примерно на 13° , совершая полный оборот за 27,3 суток. Этот промежуток времени – период обращения Луны вокруг Земли в системе отсчета, связанной со звездами, - называется звездным или сидерическим месяцем.

Собственного свечения Луна не имеет, а Солнце освещает только половину лунного шара. Поэтому по мере ее движения по орбите вокруг Земли происходит изменение вида Луны – смена лунных фаз, рисунок 2.

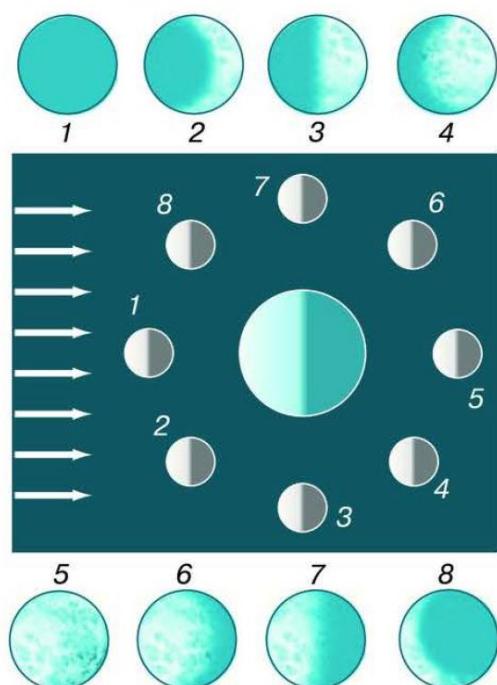


Рисунок 2 – Смена лунных фаз

Если Луна расположена так, что она обращена к Земле своей темной, неосвещенной стороной (положение 1), то мы не можем видеть Луну, но знаем, что она находится на небе где-то рядом с Солнцем. Эта фаза луны называется новолунием.

Двигаясь по орбите вокруг Земли, Луна примерно через 3 суток придет в положение 2. В это время ее можно будет видеть по вечерам неподалеку от заходящего Солнца в виде узкого серпа.

День ото дня серп Луны увеличивается по ширине, и его угловое расстояние от Солнца возрастает. Через неделю после новолуния мы видим половину освещенного полушария Луны.

В дальнейшем доля освещенного полушария Луны, видимая с Земли, продолжает увеличиваться до тех пор, пока не наступит полнолуние (положение 5). В этой фазе Луна находится на небе в стороне,

противоположной Солнцу, и видна над горизонтом всю ночь – от его захода до восхода.

После полнолуния фаза Луны начинается уменьшаться. Сокращается ее угловое расстояние от Солнца. Сначала на правом крае лунного диска появляется небольшой ущерб, который имеет форму серпа. Постепенно этот ущерб растет, а через неделю после полнолуния наступает фаза последней четверти (положение 7).

В этой фазе, как и в последней четверти, мы снова видим половину освещенного полушария Луны, но теперь уже другую, которая была неосвещенной в первой четверти. По окончании последней четверти наступает вновь новолуние.

Вопрос 3: Затмение Солнца и Луны

Как и любые физические тела, находящиеся недалеко от Солнца, Земля и Луна отбрасывают в противоположную от него стороны тени. Периодические во время новолуния может наступить ситуация, когда тень Луны попадает на Землю, и тогда в данной части нашей планеты произойдет солнечное затмение – Луна заслонит Солнце. В полнолуние, наоборот, Луна может попасть в тень Земли, что вызовет потемнение яркого диска Луны. В этом случае говорят о Лунном затмении.



Рисунок 3 – Варианты Солнечного затмения

В том случае, если Солнце целиком закрыто Луной, затмение называется полным, рисунок 3. Если же случится так, что она закроет лишь часть Солнца, то затмение будет частным. При кольцеобразном затмении центры видимых дисков Солнца и Луны совпадают. В этом случае Луна не закроет Солнце целиком, оставив от него яркое тонкое кольцо.

Вопрос 4: Время и календарь

Солнце всегда освещает только половину земного шара: на одном полушарии – день; а на другом – ночь. По мере того, как Земля вращается вокруг оси, полдень наступает в тех местах, которые лежат западнее.

Для удобства в настоящее сегодня почти все население земного шара использует поясное время, рисунок 4.



Рисунок 4 – Система поясного времени

Поясная система была предложена в 1884 г. Согласно этой системы весь земной шар был разделен по долготе на 24 часовых пояса (по числу часов в сутках). По сути дела, счет времени ведется только на 24 основных меридианах, отстоящих друг от друга на 15° по долготе.

Система учета длительных промежутков времени, согласно которой устанавливаются определенная продолжительность месяцев, их порядок в году и начальный момент отсчета лет, называется календарем.

Григорианский календарь — система исчисления времени, основанная на циклическом обращении Земли вокруг Солнца. Средняя продолжительность года принята равной 365,2425 суток; содержит 97 високосных лет на 400 лет.

В григорианском календаре длительность года принимается равной 365,2425 суток. Длительность невисокосного года — 365 суток, високосного — 366. Согласно григорианскому календарю год делится на 12 месяцев, продолжительностью от 28 до 31 дня.

Тема 3 «Строение Солнечной системы»

Лекция 1

1. Конфигурация планет и условия их видимости
2. Синодический и сидерический (звездный) периоды обращения планет
3. Движение искусственных спутников Земли и космических аппаратов в Солнечной системе

Вопрос 1: Конфигурация планет и условия их видимости

В Солнечной системе кроме Земли выделяют еще 7 крупных планет.

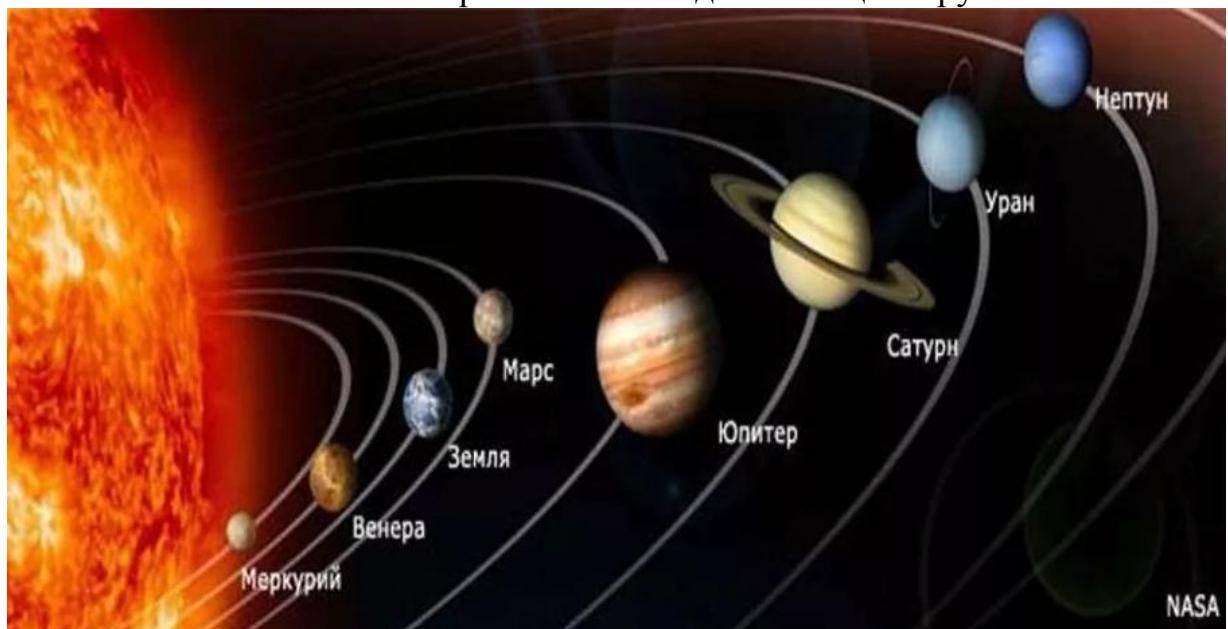


Рисунок 1 – Крупные планеты Солнечной системы

Все крупные планеты врачаются вокруг Солнца. Все планеты разделяют на нижние и верхние.

Нижними называются планеты, орбиты которых расположены ближе к Солнцу, чем орбита Земли (Меркурий и Венера).

Верхними называются планеты, орбиты которых расположены дальше от Солнца, чем орбита Земли (Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун).

Из-за разной удаленности от Солнца и разных орбитальных скоростей планет условия их видимости с Земли меняются. В астрономии выделяют некоторые характерные взаимные расположения планет, Земли и Солнца, которые называются конфигурациями.

Условия видимости планеты зависят от ее расположения по отношению к Солнцу, которое освещает планету, и Земле, с которой мы эту планету наблюдаем.

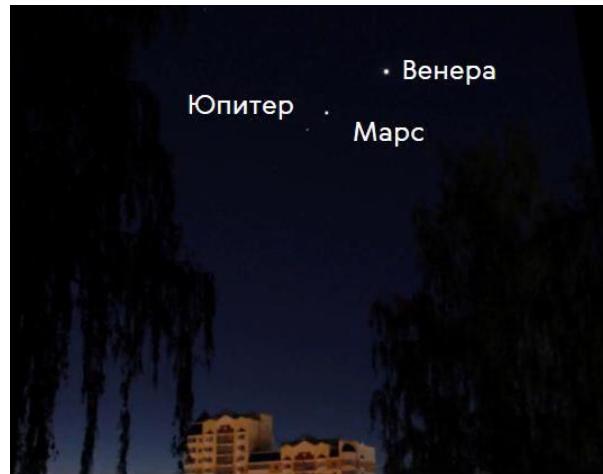


Рисунок 2 – Вид планет с Земли

Для нижних планет выделяют следующие конфигурации:

- верхнее соединение;
- нижнее соединение;
- элонгации.

Соединение - расположение небесных тел, при котором имеет место совпадение их долгот, с точки зрения земного наблюдателя. В нижнем соединении наблюдаемая планета расположена ближе всего к Земле. В Верхнем соединении наблюдаемая планета максимально удалена от Земли.

При соединениях планеты обычно не видны, так как они либо прячутся за самим Солнцем, либо в его лучах.

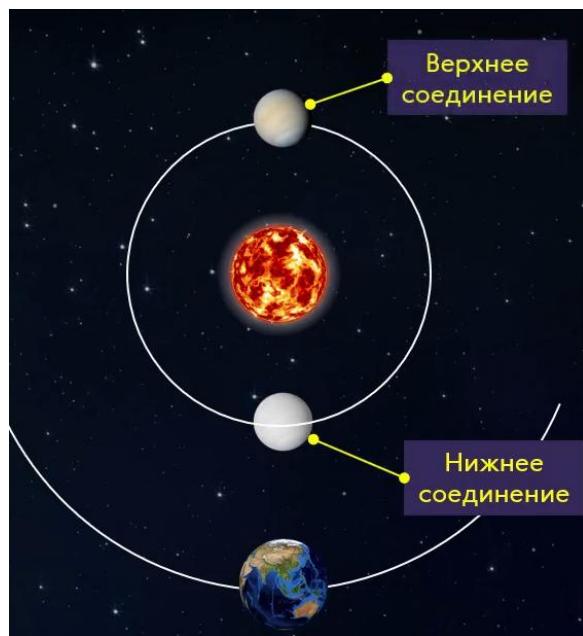


Рисунок 3 – Примеры верхнего и нижнего соединения

Элонгацией называется такое положение планеты, при котором для земного наблюдателя ее угловое расстояние от Солнца максимально. Важно

понимать, что значение угловое расстояния не является постоянной величиной из-за постоянного движения планет. Для Венеры угловое расстояние меняется в пределах 45-48 градусов, для Меркурия – 18-28 градусов. В элонгации Меркурий и Венера ночью не видны, а видны в утренние часы. (Венера видна в течение 4 часов, Меркурий – 1,5 часов).

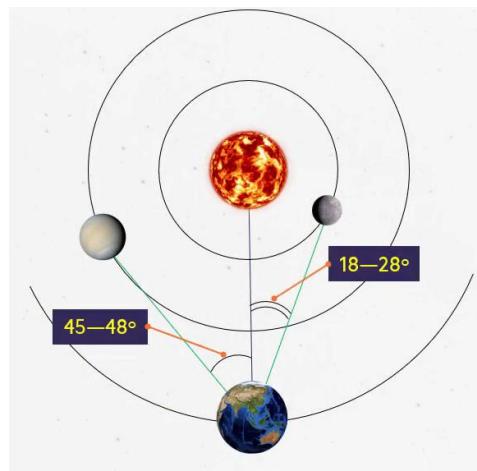


Рисунок 4 – Примеры элонгации

Для верхних планет выделяют следующие конфигурации:

- соединение;
- противостояние;
- квадратура.

Противостояние (оппозиция) – такое расположение небесного тела Солнечной системы, в котором разница эклиптических долгот его и Солнца равна 180 градусам. Это наиболее благоприятное время для наблюдения планеты, так как она располагается ближе всего к Земле и повернута к ней своей освещенной стороной.

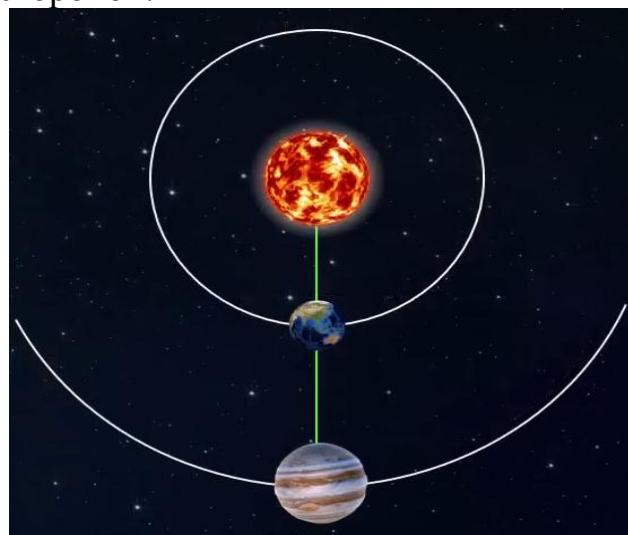


Рисунок 5 – Примеры противостояния

В соединении планета наиболее удалена от Земли и не наблюдается, так как теряется в лучах Солнца.

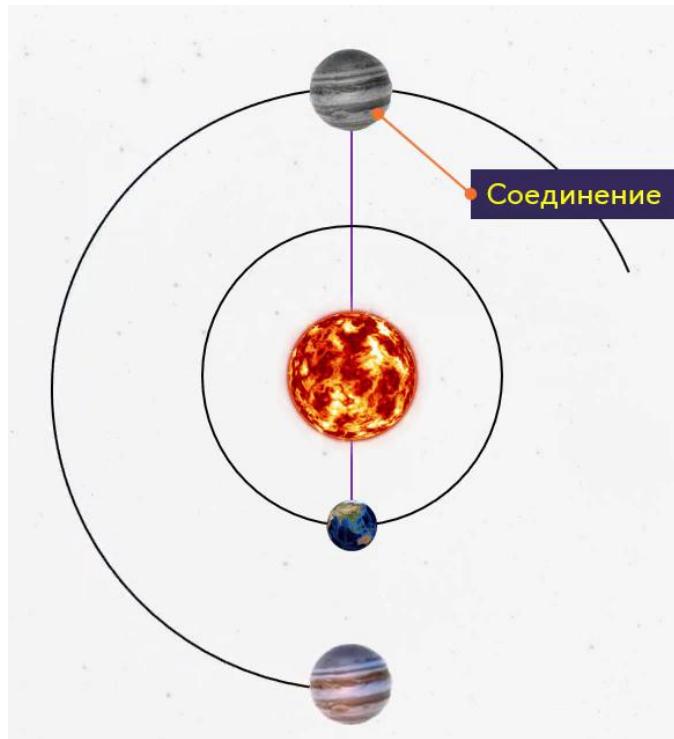


Рисунок 6 – Примеры соединения

Квадратурой называется конфигурация когда угол между направлениями с Земли на верхнюю планету и на Солнце составляет 90 градусов.

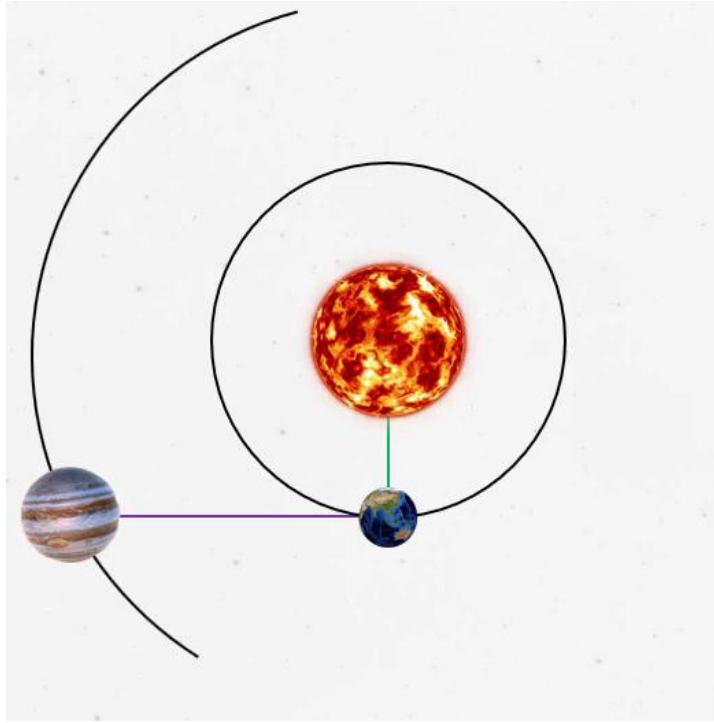


Рисунок 7 – Примеры квадратуры

Вопрос 2: Синодический и сидерический (звездный периоды) обращения планет

Синодический период – промежуток времени между двумя последовательными одноименными конфигурациями планеты.

Сидерический период (звездный период) обращения планеты – промежуток времени, в течение которого планета совершает один полный оборот вокруг Солнца по орбите относительно звезд.

Взаимосвязь синодического и сидерического периодов.

P – сидерический период обращения планеты;

S – синодический период обращения планеты;

T - сидерический период обращения Земли.

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{T}$$

**уравнение синодического
– движения для нижних
планет.**

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{P}$$

**уравнение синодического
– движения для верхних
планет.**

Решение задач.

Задача 1. Определите звёздный период Меркурия, если его нижние соединения повторяются через 116 суток.

ДАНО

$$S = 116 \text{ сут}$$

$$T = 365 \text{ сут}$$

$$P = ?$$

РЕШЕНИЕ

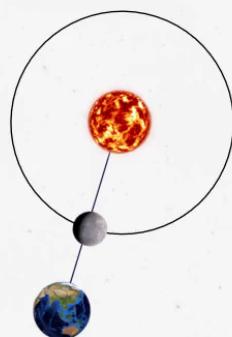
Уравнение синодического движения для нижних планет: $\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{T}$.

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{S} + \frac{1}{T} = \frac{T + S}{TS}$$

Звёздный период Меркурия: $P = \frac{TS}{T + S}$.

$$P = \frac{365 \text{ сут} \cdot 116 \text{ сут}}{365 \text{ сут} + 116 \text{ сут}} = \frac{42\,340 \text{ (сут)}^2}{481 \text{ сут}} \cong 88 \text{ сут.}$$

ОТВЕТ: период обращения Меркурия вокруг Солнца составляет 88 сут.



Задача 2. Через какой промежуток времени повторяются противостояния Нептуна, если его сидерический период равен 164,78 года?

ДАНО

$$P = 164,78 \text{ г}$$

$$T = 1 \text{ г}$$

$$S = ?$$

РЕШЕНИЕ

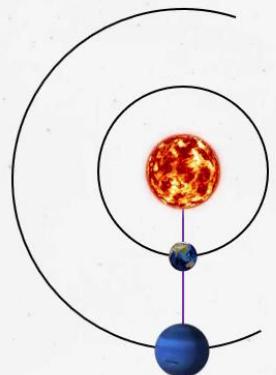
Уравнение синодического движения для верхних планет:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{P} = \frac{P - T}{TP}.$$

$$\text{Сидерический период Нептуна: } S = \frac{TP}{P - T}.$$

$$S = \frac{1 \text{ г} \cdot 164 \text{ г}}{164 \text{ г} - 1 \text{ г}} = \frac{164 (\text{г})^2}{163 \text{ г}} \cong 1,006 \text{ г} = 367,19 \text{ сут.}$$

ОТВЕТ: противостояния Нептуна повторяются через 367,19 сут.



Вопрос 3: Движение искусственных спутников Земли и космических аппаратов в Солнечной системе

Возможность создания искусственного спутника Земли теоретически обосновал ещё Ньютона. Он показал, что существует такая горизонтально направленная скорость \vec{v}_1 , при которой тело, падая на Землю, тем не менее на неё не упадет, а будет двигаться вокруг Земли, оставаясь от неё на одном и том же расстоянии. При такой скорости тело будет приближаться к Земле вследствие её притяжения как раз на столько, на сколько из-за кривизны поверхности нашей планеты оно будет от неё удаляться. Эта скорость, которую называют первой космической (или круговой) равна 7,9 км/с.



Рисунок 1 – Орбита искусственного спутника Земли

Практически осуществить запуск искусственного спутника Земли оказалось возможно лишь через два с половиной столетия после открытия

Ньютона — 4 октября 1957 г. За время, прошедшее с этого дня, который нередко называют началом космической эры человечества, искусственные спутники самого различного устройства и назначения заняли важное место в нашей повседневной жизни.

Они обеспечивают непрерывный мониторинг погоды и других природных явлений, трансляции телевидения и т. п. Спутниковая навигационная система ГЛОНАСС и другие системы глобального позиционирования позволяют в любой момент с высокой степенью точности определить координаты любой точки на Земле. Пожалуй, нет в наши дни ни одной глобальной проблемы, в решении которой не принимали участие искусственные спутники Земли (ИСЗ).

Важно отметить, что *орбитой называется траектория движения летательного аппарата (тела) под воздействием притягивающего центра на основе закона всемирного тяготения*. По орбитам движутся все небесные тела (звезды, планеты и их спутники, астероиды, кометы), а также космические аппараты и другие аппараты в свободном полете.

При движении космических аппаратов по орбитам на их траекторию оказывают влияние различные притягивающие центры (Земля, Луна, Солнце, планеты). Однако на каждом участке траектории какое-либо из этих небесных тел оказывает наибольшее влияние, т.е. является главным притягивающим центром для КА. Именно оно и определяет форму орбиты, ее параметры, а другие небесные тела за счет своего гравитационного поля, создают дополнительные воздействия на космические аппараты. Эти воздействия проявляются в искажениях формы орбиты либо в дополнительных скоростях, которые необходимо учитывать при выборе формы траектории и управлении полетом КА.

Форма орбит зависит от скорости разгона и расстояния от притягивающего центра и обычно представляет собой окружность, эллипс, параболу или гиперболу. Для аппаратов, часть полета которых проходит в атмосфере планет, орбита может менять свою форму за счет возникающих на аппарате аэродинамических сил.

При орбитальном полете возможно два вида движения: *активное и пассивное*.

На активном участке орбиты включен ракетный двигатель, создающий импульс тяги, поэтому КА может совершать управляемое движение в соответствии с величиной и направлением создаваемого двигателем импульса сил. Активный участок используется для изменения формы орбиты.

На пассивном участке полета двигатель выключен, и движение КА по орбите осуществляется строго в соответствии с законами всемирного тяготения и небесной механики.

Тема 3 «Строение Солнечной системы»

Лекция 2

1. Законы Кеплера
 2. Определение расстояний и размеров тел в Солнечной системе.
- Горизонтальный параллакс
3. Движение небесных тел под действием сил тяготения
 4. Определение массы небесных тел

Вопрос 1: Законы Кеплера

Важную роль в формировании представлений о строении Солнечной системы сыграли законы движения планет, которые были открыты Иоганном Кеплером и стали первыми естественно-научными законами в их современном понимании.

1 закон Кеплера. Каждая планета вращается вокруг Солнца по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце.

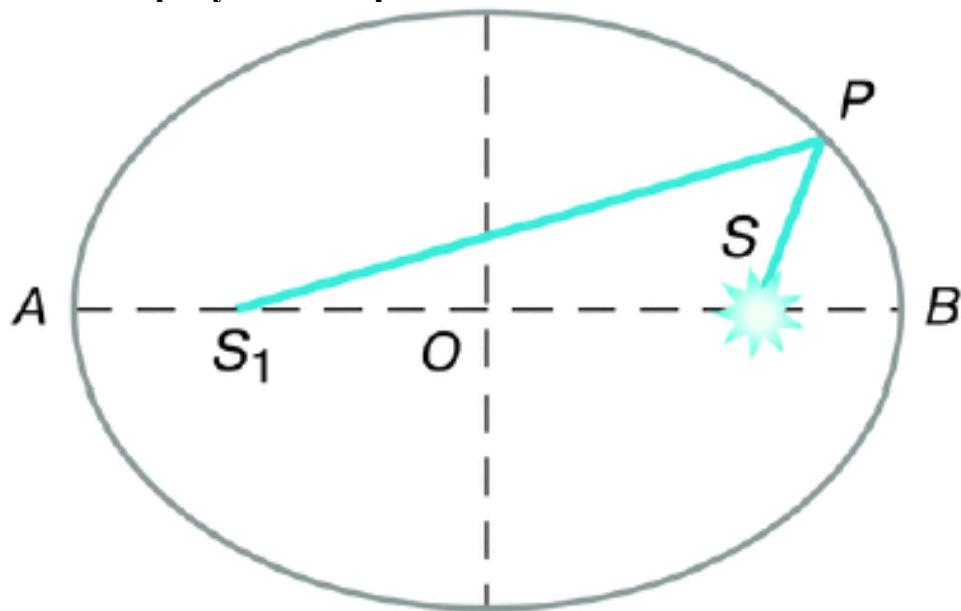


Рисунок 1 – Первый закон Кеплера

на рисунке 1 представлены:

точка О – центр эллипса;

S и S_1 – фокусы эллипса;

AB – большая ось эллипса;

AO,OB – большая полуось, размер орбиты планеты.

Ближайшая точка В к Солнцу называется – перигелий, наиболее удаленная точка от Солнца А называется – афелий.

2 Закон Кеплера. Скорость планеты по орбите меняется, но при этом радиус-вектор планеты за равные промежутки времени описывает равные площади.

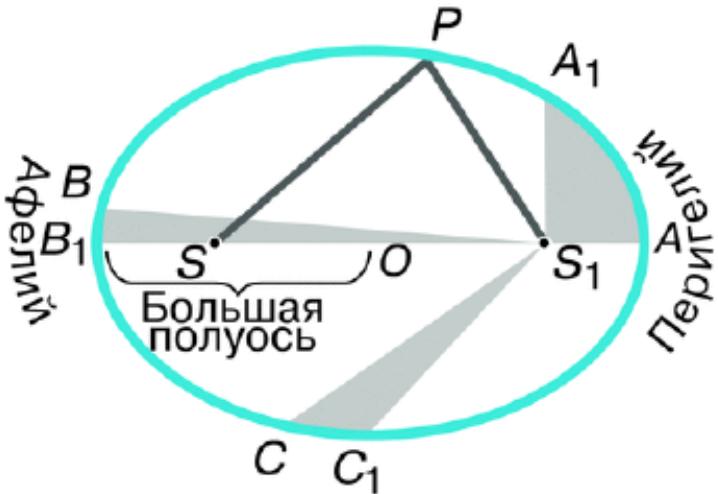


Рисунок 2 – Второй закон Кеплера

З закон Кеплера. Квадраты звездных периодов обращения планет относятся между собой как кубы больших полуосей их орбит.

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

где T_1 и T_2 – периоды обращения двух планет; a_1 и a_2 – большие полуоси их орбит.

Величина большой полуоси земной орбиты – астрономическая единица (а.е.) – стала основной для вычисления всех остальных расстояний в солнечной системе.

Задача

Противостояния некоторой **верхней** планеты повторяются через 2 года. Чему равна большая полуось её орбиты?

Дано:

$$S = 2 \text{ г.}$$

$$T_1 = 1 \text{ г.}$$

$$a_1 = 1 \text{ а. е.}$$

$$a_2 = ?$$

Решение:

Большую полуось орбиты планеты можно определить из третьего закона Кеплера:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}, \quad a_2^3 = \frac{a_1^3 T_2^2}{T_1^2}.$$

Формула

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}$$

используется для вычисления звёздного периода планеты:

$$T_2 = \frac{T_1 S}{S - T_1}, \quad T_2 = \frac{2}{2 - 1} = 2 \text{ г.}$$

Тогда $a_2 = \sqrt[3]{2^2} \approx 1,59 \text{ а. е.}$

Ответ: $a_2 = 1,59 \text{ а. е.}$

Вопрос 2: Определение расстояний и размеров тел в Солнечной системе. Горизонтальный параллакс

Измерить расстояние от Земли до Солнца удалось лишь во второй половине 18 в., когда был впервые определен горизонтальный параллакс Солнца.

Горизонтальным параллаксом называется угол, под которым со светила виден радиус Земли, перпендикулярный лучу зрения.

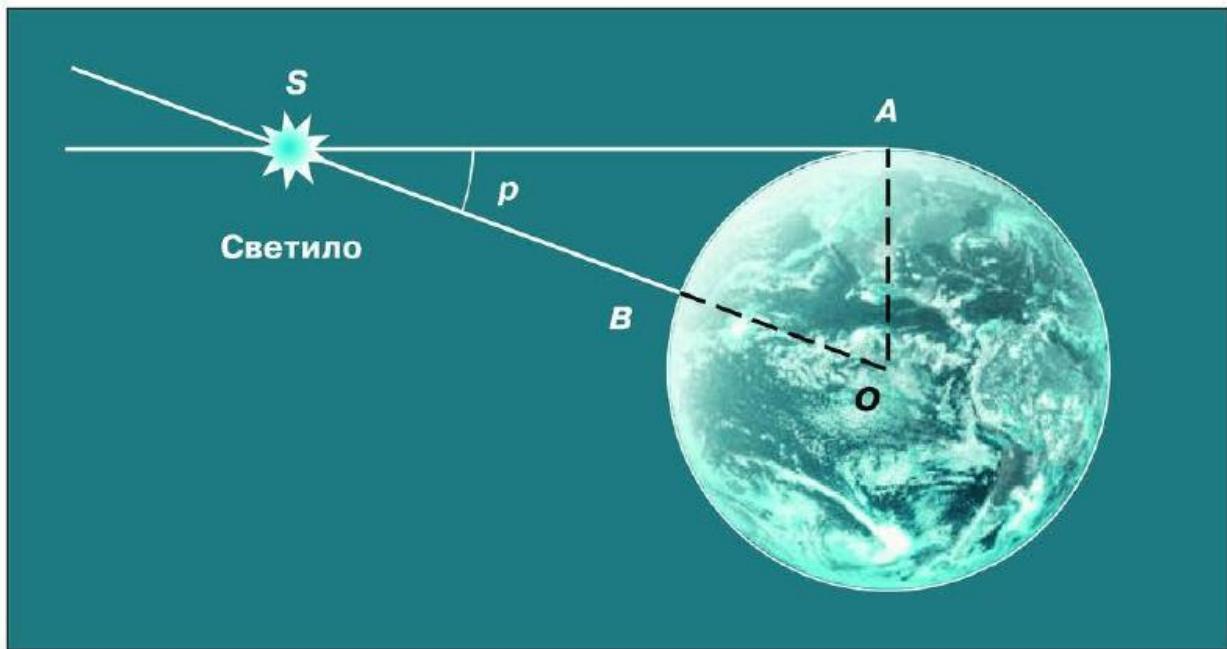


Рисунок 3 – Горизонтальный параллакс светила

Из треугольника OAS можно выразить величину – расстояние OS=D;

$$D = \frac{R}{\sin p},$$

где R – радиус Земли.

По этой формуле можно вычислить расстояние в радиусах Земли, а зная его величину – выразить расстояние в км.

Очевидно, что чем дальше расположен объект, тем меньше его параллакс.

Зная расстояние до светила, можно определить его линейные размеры, если измерить его угловой радиус. Для этого можно воспользоваться аналогичной формулой для расчета параллакса.

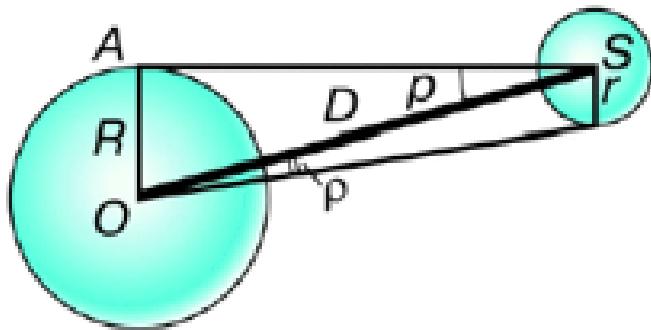


Рисунок 4 – Угловые размеры светила

Чаще в расчетах применяют величину углов, выраженную в радианах.
В этом случае получаем, что

$$R = D\rho,$$

Радиан — угол, соответствующий дуге, длина которой равна ее радиусу

$$1 \text{ градус} = 0,0175 \text{ радиана}$$

Чему равен линейный радиус Луны, если она видна с расстояния 400 000 км под углом примерно $30'$?

Дано:

$$D = 400\ 000 \text{ км}$$

$$\rho = 30'$$

$$R - ?$$

Решение:

Если ρ выразить в радианах, то

$$R = D \rho$$

$$30' = 0,0087 \text{ радиана}$$

Следовательно,

$$R = 400\ 000 \text{ км} * 0,0087 = 3480 \text{ км.}$$

Ответ: $r = 3480$ км.

Вопрос 3: Движение небесных тел под действием сил тяготения

Согласно закону всемирного тяготения, изученному в курсе физики, все тела во Вселенной притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

где m_1 и m_2 — массы тел;

r — расстояние между телами;

G — гравитационная постоянная.

Гравитационная постоянная равна:

$$G = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{M^3}{kg \cdot c^2}$$

Открытию закона всемирного тяготения во многом способствовали законы движения планет, сформулированные Кеплером, а также другие достижения астрономии 17 в. Так, знание расстояния до Луны позволило И.Ньютону доказать тождественность силы, удерживающей Луну при ее движении вокруг Земли, и силы, вызывающей падение тел на Землю.

Вопрос 4: Определение массы небесных тел

Третий закон Кеплера дает нам возможность определить соотношение между массой Солнца и массой планеты, если у последней имеется хотя бы один спутник и известные его расстояние от планеты и период обращения вокруг нее.

Для этого используется следующая формула:

$$\left(\frac{M}{m} \right) : \left(1 + \frac{m_c}{m} \right) = \frac{t_c^2 a^3}{T^2 a_c^3}$$

где — M — масса Солнца;

m — масса планеты,

m_c — масса спутника.

T — период обращения планеты вокруг Солнца;

t_c — период обращения спутника вокруг планеты;

a — расстояния планеты от Солнца;

a_c — расстояние спутника от планеты.

Отношение $\frac{M}{m}$ для всех планет очень велико; отношение же $\frac{m_c}{m}$ наоборот, мало (кроме Земли и ее спутника Луны) и им можно пренебречь. Тогда в

уравнении останется только одно неизвестное отношение $\frac{M}{m}$, которое легко из него определяется.

$$\left(\frac{M}{m} \right) = \frac{{t_e}^2 a^3}{T^2 {a_e}^3}$$

Например, для Юпитера определенное таким способом обратное отношение $\frac{M}{m}$ равно $1 : 1050$.

Тема 4 «Природа тел Солнечной системы»

Лекция 1

1. Солнечная система как комплекс тел, имеющих общее происхождение
2. Земля и Луна — двойная планета
3. Исследования Луны космическими аппаратами. Пилотируемые полеты на Луну

Вопрос 1: Солнечная система как комплекс тел, имеющих общее происхождение

По своим физическим характеристикам восемь больших планет можно разделить на две группы:

- планеты земной группы (Земля, Меркурий, Венера, Марс);
- планеты-гиганты (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун).

В основе подобного деления лежат сразу несколько характеристик: размеры, масса, плотность, температура, удаленность от Солнца.

Планеты земной группы приблизительно в 5 раз плотнее планет-гигантов.



Рисунок 1 – Планеты земной группы



Рисунок 2 – Планеты-гиганты

Большая часть массы планет земной группы приходится на долю твердого вещества – оксидов и других соединений тяжелых химических элементов: железа, магния, алюминия и др. металлов. Таким образом, свыше 90% массы нашей планеты приходится на четыре наиболее распространенных элемента: железо, кислород, кремний и магний.

Малая плотность планет-гигантов объясняется тем, что значительная часть их массы находится в газообразном и жидким состояниях. В составе планет-гигантов преобладают водород и гелий.

Кроме того, важно помнить, что планеты-гиганты быстрее вращаются вокруг оси, и в числе спутников на четыре планеты земной группы приходится всего 3 спутника, на четыре планеты-гиганта – 158.

Вопрос 2: Земля и Луна – двойная планета

Землю с ее спутником Луной нередко называют двойной планетой. Этим подчеркивается как общность их происхождения, так и редкостное для планет соотношение масс центрального тела и спутника, так масса Луны составляет $1/81$ массы Земли. Масса спутников других планет является ничтожной по сравнению с массой самих планет.

Вероятно, что Луна образовалась примерно в то же время, что и Земля. Расстояние между телами было в несколько раз меньше, чем теперь. С той поры Луна постепенно удаляется от Земли с очень малой скоростью (около 4 см в год).

Несмотря на общность происхождения, природа Луны и Земли существенно разнится. Так как сила тяжести на поверхности Луны в 6 раз меньше, чем на поверхности Земли, молекулам газа гораздо легче покинуть Луну. Для этого достаточно скорости примерно 2,4 км/с, поэтому на нашем спутнике нет и не было ни гидросферы, ни атмосферы. Луна не имеет также заметного магнитного поля.

Медленное вращение вокруг оси приводит к тому, что в течение дня поверхность Луны нагревается до $+130^{\circ}\text{C}$, а в течение ночи остывает до -170°C . Из-за отсутствия атмосферы лунная поверхность подвержена непосредственному воздействию всех видов излучения, а также постоянной «бомбардировке» метеоритами и более мелкими частицами – микрометеоритами, которые падают на нее с космическими скоростями (десятка километров в секунду).

Из-за того, что период вращения вокруг Земли и период вращения вокруг своей оси у Луны очень близки, с Земли можно наблюдать только одно полушарие Луны

Даже невооруженным взглядом видно, что на видимой стороне Луны есть светлые области – материки и более темные – моря.



Рисунок 3 – Карта видимой стороны Луны

Лунные моря представляют собой низменности, залитые застывшей лавой. Поэтому они имеют серо-коричневый цвет, отличный от более светлых «материковых» областей.

Материки Луны состоят из реголита. Реголит - лунная почва, сформировавшаяся в результате ударов о спутник инородных космических тел в течение миллиардов лет. Астероиды и каменные части комет раскрошились в пыль, которая впоследствии покрыла собой всю поверхность Луны. Грунт состоит из микроскопических спекшихся частиц. Его отличие от земных горных пород — полное отсутствие связанной воды.

Наиболее характерными формами рельефа Луны являются кратеры самого различного размера. Они получили имена в честь известных ученых – Коперника, Кеплера и др.

На поверхности Луны повсюду видны выброшенные при образовании кратеров камни различных размеров и форм.

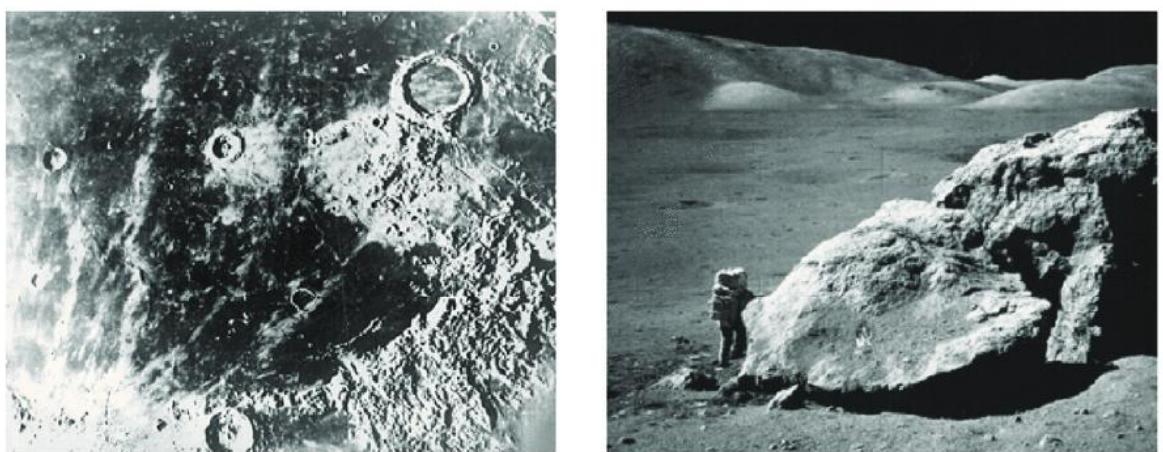


Рисунок 4 – Панорама поверхности Луны

Вопрос 3: Исследование Луны космическими аппаратами.

Пилотируемые полеты на Луну

Исследования Луны с помощью космических аппаратов начались в 1959 году. Тогда советская автоматическая станция «Луна-3» впервые сфотографировала обратную сторону Луны. После этого выяснилось, что на видимой стороне Луны находятся все моря, а впадины располагаются на ее обратной стороне. Эти впадины в большинстве своем не заполнены лавой.

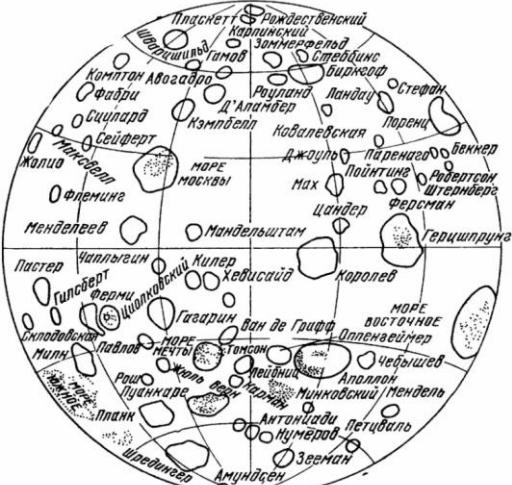


Рисунок 5 – Карта обратной стороны Луны

Важные исследования были проведены советскими автоматическими станциями серии «Луна» и американскими аппаратами «Сервейор» на ее поверхности. Станция «Луна-9» совершила мягкую посадку на Луну в феврале 1966 г.

В 1969 г. на Луну впервые ступила нога человека, американского астронавта Нейла Армстронга.

Длительное время на Луне работали советские самоходные аппараты «Луноход-1» и «Луноход-2», которые обследовали лунную поверхность на площади свыше 100 кв.км.

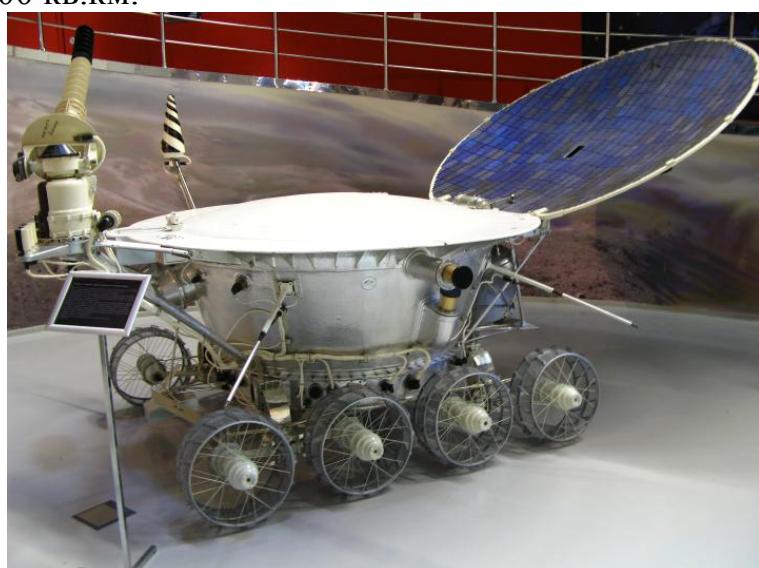


Рисунок 6 – Аппарат «Луноход»

Следующим этапом изучения Луны было применение сейсмометров, которые зарегистрировали более 3000 лунотрясений в год. Однако все лунные трясения очень слабы. Их сейсмическая энергия в миллиард раз меньше, чем на Земле.

В последние годы проводятся исследования, направленные на обнаружение на Луне запасов воды. Это делается с помощью бомбардировки Лунной поверхности вблизи ее южного полюса ракетой-носителем «Центавр» со специальным зондом. Исследования позволили установить, что в веществе, выброшенном при взрыве, действительно содержится вода. Далее было доказано, что водяной лед составляет от 3 до 8% массы пород в приполярной зоне.

Тема 4 «Природа тел Солнечной системы»

Лекция 2

1. Планеты земной группы. Природа Меркурия, Венеры и Марса
2. Планеты-гиганты, их спутники и кольца

Вопрос 1: Планеты земной группы. Природа Меркурия, Венеры и Марса

Наличие литосферы - характерная черта всех планет земной группы. Рельеф их поверхности сформировался под действием внутренних и внешних факторов.

У всех планет земной группы имеется атмосфера за исключением Меркурия. В тоже время гидросфера отсутствует на всех планетах кроме Земли. Важно отметить, что атмосферы Венеры и Марса весьма близки по составу между собой, но существенно отличаются от земной.

Рассмотрим более подробно каждую планету земной группы.

Меркурий.

Меркурий - самая близкая к Солнцу планета, во многом похожая на Луну, которую Меркурий лишь немного превосходит по размерам. Большую часть поверхности Меркурия занимают неровные возвышенные материки. Низменностей, заполненных застывшей лавой, еще меньше, чем на Луне.

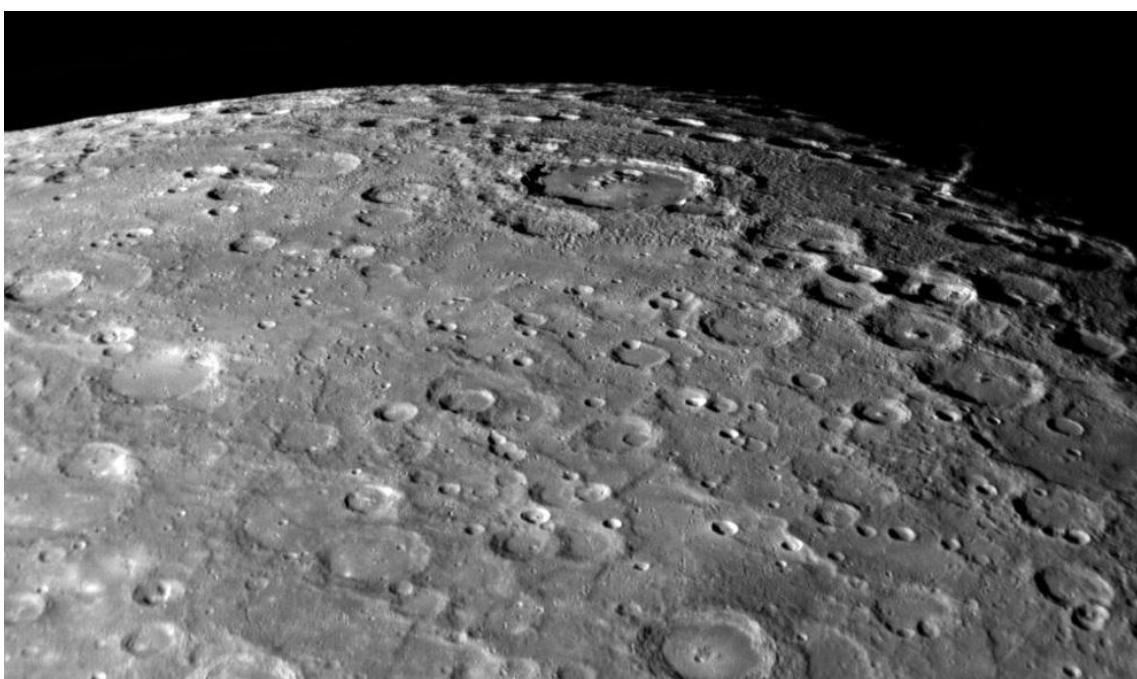


Рисунок 1 – Поверхность Меркурия

Магнитное поле Меркурия в 100 раз слабее земного. Обнаружение незначительного количества газа (аргона, неона, гелия и водорода) лишь подтвердило мнение об отсутствии стабильной атмосферы.

Меркурианские сутки продолжаются 176 земных суток. На дневной стороне планеты температура составляет порядка 690К (420С). При такой

температура плавится свинец, олово и даже цинк. В тоже время на ночной стороне температура падает до 100К (-173С).

Венера.

Венера по размерам и массе почти одинакова с Землей. У Венеры имеется атмосфера более плотная, чем земная. Вблизи поверхности плотность атмосферы всего в 14 раз меньше плотности воды, атмосферное давление превышает земное в 90 раз, а температура составляет порядка 470С.

В атмосфере Венеры существуют постоянные течения - ветры ураганной силы, скорость которых достигает 110 м/с. Важно отметить, что колебания температуры на Венере практически отсутствуют. Это связано с плотной атмосферой.

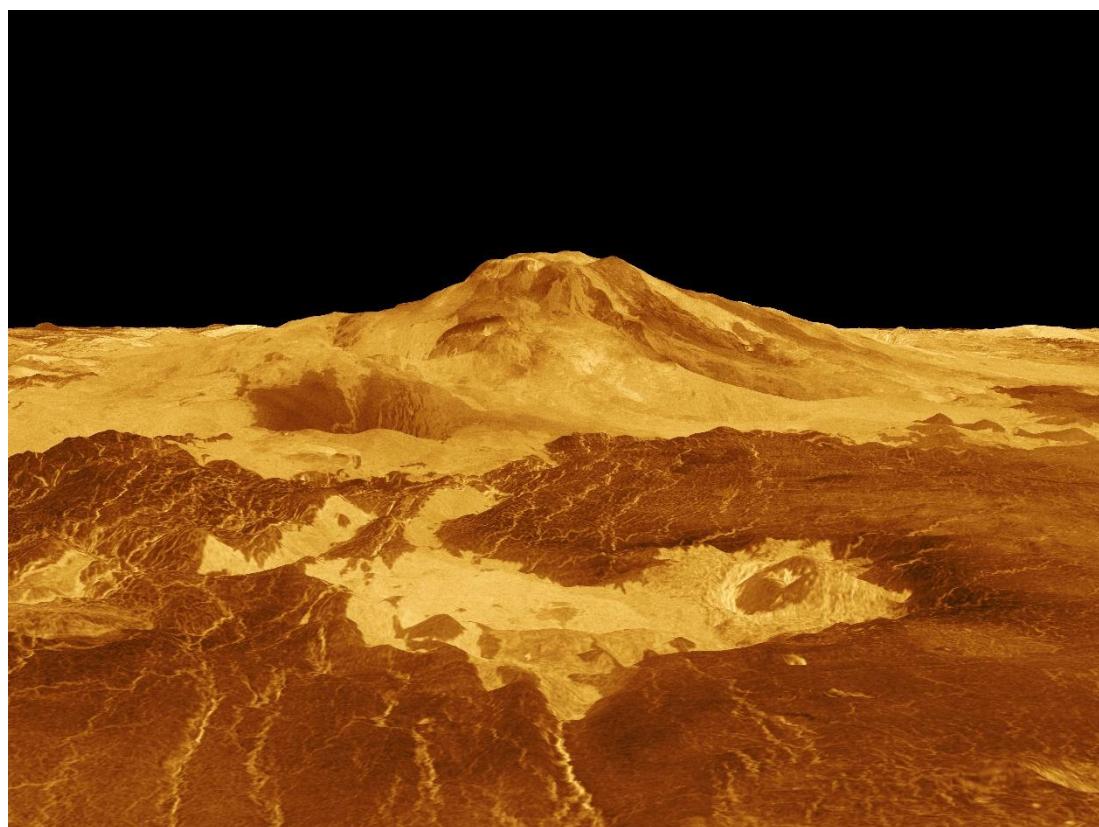


Рисунок 2 – Поверхность Венеры

Большую часть площади поверхности Венеры занимают холмистые равнины. Горные массивы, расположенные на возвышенностях, поднимаются над поверхностью на высоту 7 - 8 км, а самая высокая гора вулканического происхождения - на 12 км, ее кратер имеет диаметр чуть меньше 100 км.

Так же как и на других планетах земной группы, на Венере обнаружено немало крупных метеоритных кратеров диаметром до 150 км.

Марс.

Интерес к Марсу в значительной степени всегда был связан с надеждой обнаружить на этой планете жизнь, а может быть, и разумных обитателей. На Марсе можно заметить белые полярные шапки, а также темные пятна (моря) на общем оранжево - красном фоне материков.

Период обращения Марса вокруг оси практически идентичен земным суткам. Наклон оси вращения планеты к плоскости орбиты также близок к земному. Поэтому сезонные изменения на поверхности Марса нередко рассматривались как аналог явлений, наблюдавшихся в растительном мире нашей планеты.

Важно отметить, что северное и южное полушария Марса резко отличаются друг от друга: более древние возвышенные материки расположены в южном полушарии, более молодые равнины в северном. Наряду с многочисленными кратерами метеоритного происхождения на Марсе обнаружены гигантские вулканические конусы, образованные в результате излияния текучей лавы.

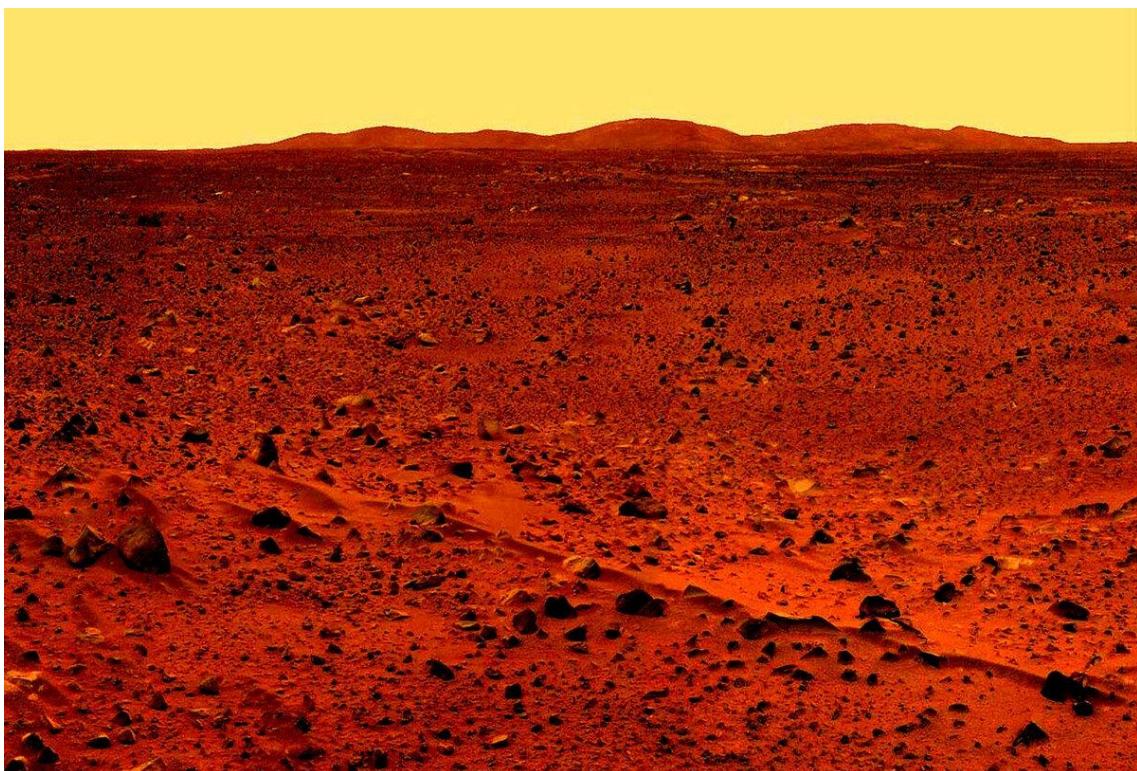


Рисунок 3 – Поверхность Марса

Красноватая окраска поверхности Марса объясняется присутствием оксидов железа в виде такого известного на Земле минерала, как лимонита. Природные условия на Марсе весьма суровы: средняя температура его поверхности -60°C и крайне редко бывает положительной. На полюсах температура падает до -150°C , при этом замерзает не только вода, но и углекислый газ.

Воды в атмосфере Марса мало, но при низком атмосферном давлении и низких температурах даже такого количества достаточно для образования ледяных облаков и туманов. Значительные запасы воды на Марсе сосредоточены под поверхностью в толстом слое многолетней мерзлоты, аналогичном существующему в северных широтах Земли.

Вопрос 2: Планеты-гиганты, их спутники и кольца

Любая из планет - гигантов, состоящих преимущественно из водорода и гелия (Юпитер и Сатурн) и льда (Уран и Нептун) превосходит по массе все планеты земной группы вместе взятые. Крупнейшая планета Солнечной системы - Юпитер - в 11 раз по диаметру и в 300 с лишним раз по массе больше, чем Земля. Планеты - гиганты находятся далеко от Солнца, поэтому там очень холодно. Температура в атмосфере Юпитера на уровне облачного слоя составляет всего 134 К(около -140С), Сатурна - 97К (-176С), а на Уране и Нептуне она не превышает 60К (-213 С).

Важно отметить, что все планеты - гиганты обладают сильным магнитным полем. Все спутники планет - гигантов состоят из тех же веществ, что и планеты земной группы - силикатов, оксидов и сульфидов металлов, а также водяного льда. На поверхностях многих спутников помимо многочисленных кратеров метеоритного происхождения обнаружены также тектонические разломы и трещины их коры или ледяного покрова.

На спутнике Юпитера Ио обнаружено множество действующих вулканов. Высота выброса при крупнейшем извержении составила около 300 км.

Атмосфера, состоящая в основном из азота, обнаружена у Титана - самого большого среди спутников Сатурна и Тритона, который имеет диаметр примерно 2700 км и является наиболее крупным спутником Нептуна. Кроме того, Титан оказался вторым после Земли небесным телом, на поверхности которого обнаружены крупные стабильные резервуары жидкости - озера и моря.



Рисунок 4 – Титан – спутник Сатурна

Исследования, проведенные с помощью космических аппаратов, показали, что кроме множества спутников все планеты-гиганты имеют еще и кольца. С момента своего открытия кольца Сатурна долгое время считались уникальным явлением Солнечной системы, хотя некоторые ученые высказывали предположения о наличие колец у Юпитера и других планет-гигантов.

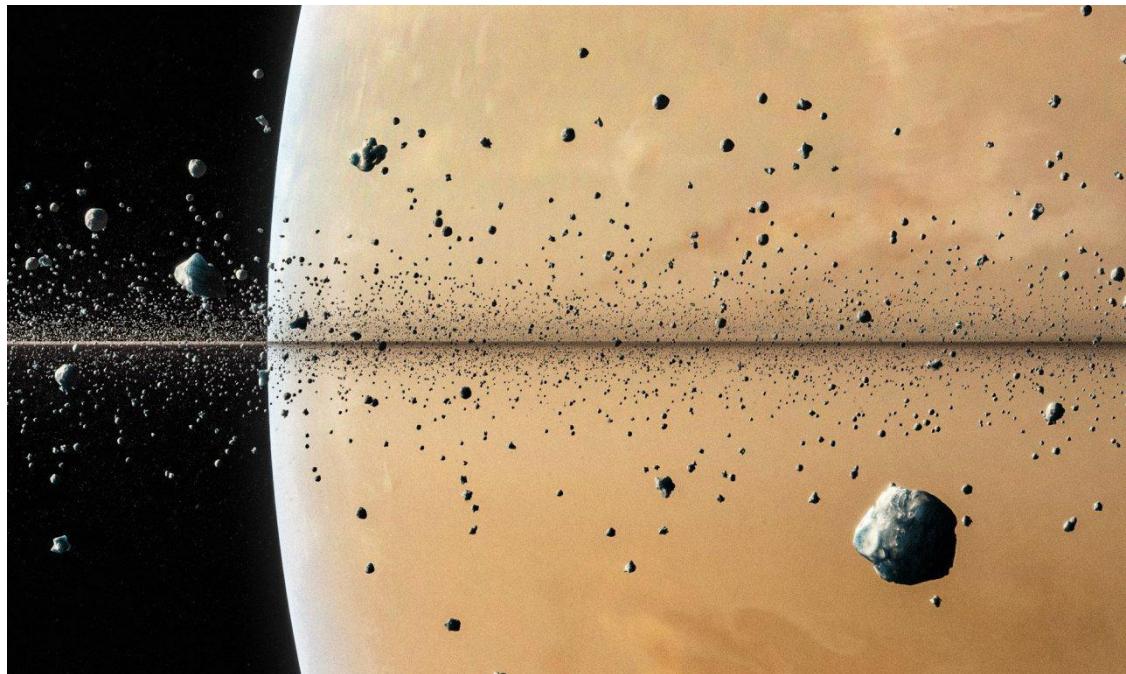


Рисунок 5 – Кольцо Сатурна

Постепенно стало очевидно, что кольцо Сатурна представляет собой скопление небольших по размеру тел, которые обращаются вокруг планеты по почти круговым орбитам. Кольца всех остальных планет - гигантов, включай Юпитера, значительно уступают по размерам и яркости кольцам Сатурна.

Тема 4 «Природа тел Солнечной системы»

Лекция 3

1. Малые тела Солнечной системы: астероиды, планеты-карлики, кометы, метеороиды.
2. Метеоры, болиды и метеориты.

Вопрос 1: Малые тела Солнечной системы: астероиды, планеты-карлики, кометы, метеороиды

Астрономы давно обратили внимание на слишком большой «пробел» между орбитами Марса и Юпитера. Предполагалось, что там может находиться планета. После подробного изучения удалось установить, что между орбитами Марса и Юпитера существует целый пояс малых планет (астероидов).

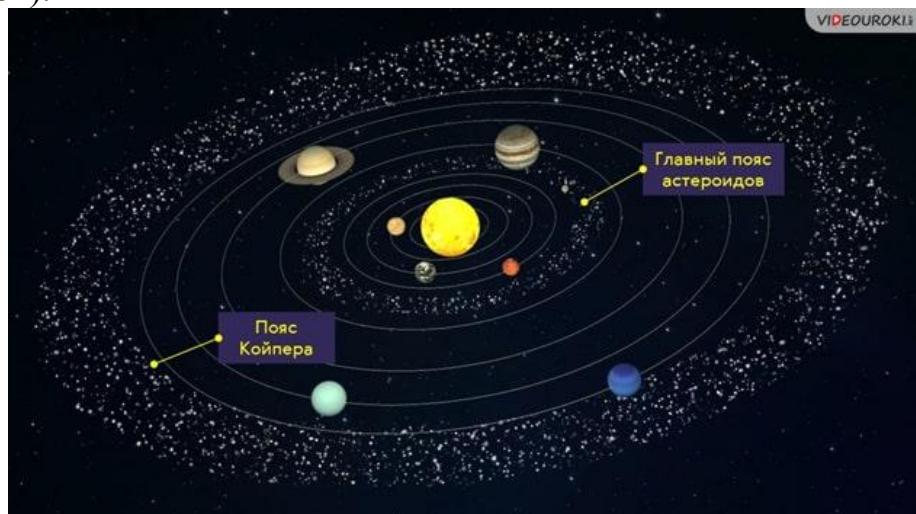


Рисунок 1 – Пояс астероидов

Общая масса астероидов не превышает 1/1000 массы Земли.

Стало очевидно, что в состав Солнечной системы входит также множество малых тел, орбиты которых очень сильно меняются под действием планет.

Породы, составляющие поверхность астероидов, аналогичны тем, которые распространены на Земле и Луне. Кроме того, астероиды имеют неправильную форму.



Рисунок 2 – Астероид Гаспра

Карликовая планета, согласно определению XXVI Ассамблеи Международного астрономического союза в 2006 году — это небесное тело, которое:

- вращается по орбите вокруг Солнца;
- имеет достаточную массу для того, чтобы, в отличие от малых тел Солнечной системы, 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.

Международным астрономическим союзом официально признаны 5 карликовых планет: крупнейший астероид Церера и транснептуновые объекты Плутон, Эрида, Макемаке, Хаумеа; однако возможно, что по меньшей мере ещё 40 из известных объектов в Солнечной системе принадлежат к этой категории.



Рисунок 3 – Плутон

По различным оценкам учёных, может быть обнаружено до 260 карликовых планет в поясе Койпера и до 10000 карликовых планет за его пределами.

Кометы - большие космические объекты состоящие из замороженных газов, камней и пыли, которые вместе с остальными небесными телами Солнечной системы вращаются вокруг звезды. Они имеют своеобразные орбиты следующей формы:

Кометы образовались после сложных процессов, во время которых зарождались планеты и Солнце. В своем изначальном состоянии кометы довольно крупны и могут быть размером с целые города. Но в процессе их жизненного цикла, когда они находятся на орбите Солнца, кометы постепенно нагреваются по мере приближения к источнику тепла, теряя тем самым свою массу.

Солнце мало того, что нагревает их, оно еще и притягивает частицы, из-за чего и появляются огромные хвосты, простирающиеся на многие миллионы километров, озаряя темноту космоса.



Рисунок 4 - Хвост кометы

То, что удерживает комету в движении и направляет ее путь, это гравитация со всех планет и звезд, вблизи которых она проходит. Когда комета приближается к Солнцу, она движется все быстрее и быстрее, потому что чем ближе объект к источнику гравитации, тем сильнее она на него действует. Хвост кометы не только будет быстрее двигаться, но еще становиться длиннее, так как большее количество веществ будет испаряться.

Метеороид — небесное тело, промежуточное по размеру между космической пылью и астероидом. Согласно официальному определению Международной метеорной организации (IMO), метеороид — это твёрдый объект, движущийся в межпланетном пространстве, размером значительно меньше астероида, но значительно больше атома. Метеороиды могут быть как первичными объектами, так и производными фрагментами небесных тел большего размера (не только астероидов).

Вопрос 2: Метеоры, болиды и метеориты

Метеор — явление, возникающее при сгорании в атмосфере Земли метеорных тел (осколков комет или астероидов).

Слабые метеоры называются падающими звёздами, тогда как аналогичное явление большой интенсивности называется болидом.



Рисунок 5 – Метеор

Когда в атмосферу Земли попадает крупное тело из космического пространства, наблюдается явление, называемое болидом. Болиды имеют вид огненного шара и оставляют после своего полета след, который иногда можно наблюдать в течение нескольких секунд или минут.

В отдельных случаях тело, вызвавшее появление болида, не успевает до конца испариться в атмосфере и падает на поверхность Земли в виде метеорита. По химическому составу метеориты бывают каменными, железными и железокаменными.

Падение метеорита Челябинск – столкновение с Земной поверхностью фрагментов небольшого астероида, разрушившегося в результате торможения в атмосфере Земли 15 февраля 2013 года. Суперболид разрушился в окрестностях Челябинска на высоте 15—25 км.



Рисунок 6 – Метеорит Челябинск

Тема 5 «Солнце и звезды»

Лекция 1

1. Излучение и температура Солнца
2. Состав и строение Солнца. Источник его энергии. Атмосфера Солнца.
3. Солнечная активность и ее влияние на Землю. Звезды – далекие Солнца

Вопрос 1: Излучение и температура Солнца

Солнце – центральное тело Солнечной системы – является типичным представителем звезд, наиболее распространенных во Вселенной тел.

Масса Солнца составляет $2 \cdot 10^{30}$ кг. Солнце представляет собой огромный шар, который состоит из водородно-гелиевой плазмы и находится в равновесии в поле собственного тяготения.

Общую мощность электромагнитного излучения звезды, выделяемого ею в космическое пространство называют светимостью. Полная мощность излучения Солнца, то есть его светимость равна $3,828 \cdot 10^{26}$ Ватт ($\sim 3,75 \cdot 10^{28}$ Люмен). Это значит, что наша звезда светит примерно также мощно, как триллион триллионов лампочек мощностью 380 Вт!

Надо отметить, что до нашей планеты доходит только одна миллионная тепла, излучаемого Солнцем. Но именно эта энергия обеспечивает жизнь на Земле. Без солнечного света температура на нашей планете была бы не выше, чем, например, на Плутоне, где она равна -220°C .

Эффективная температура поверхности Солнца (фотосфера) составляет 5780 К. В центре Солнца температура достигает 16 млн Кельвинов



Рисунок 1 – Вид Солнца

Вопрос 2: Состав и строение Солнца. Источник его энергии. Атмосфера Солнца

Наше светило состоит из водорода – 73 % от массы, гелия – 25 % и других химических элементов: железа, никеля, кислорода, азота, кремния, серы, магния, углерода, неона, кальция.

Источник энергии Солнца - термоядерный синтез водорода и гелия. **Термоядерный синтез** - реакция слияния легких атомных ядер в более тяжелые ядра, происходящая при сверхвысокой температуре и сопровождающаяся выделением огромных количеств энергии.

Солнце состоит из:

- ядра, по величине равного Земле, где, освобождая солнечную энергию, водород превращается в гелий;
- обширной зоны вокруг центра, толщиной 650 000 км. Это зона переноса энергии излучением (с помощью фотонов). Она называется зоной лучистого равновесия;
- выше этого уровня вплоть до самой поверхности распространяется конвективная зона. Ее толщина составляет приблизительно 50 000 км. Энергия в ней переносится при помощи течения или конвекции. Раскаленные облака поднимаются сквозь конвективную зону в фотосферу где мы можем наблюдать их в виде так называемых гранул.

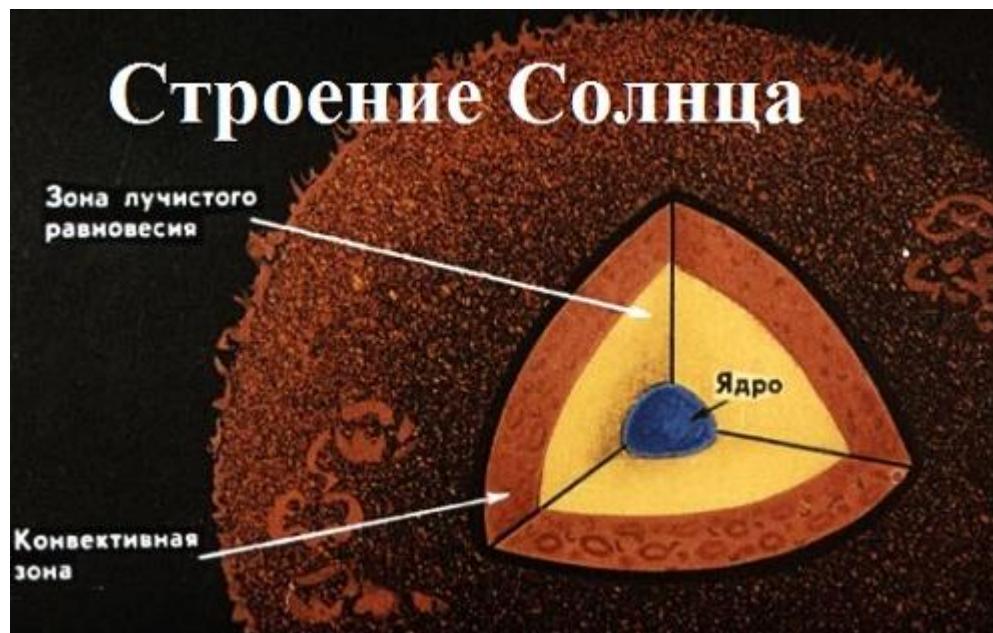


Рисунок 2 - Внутреннее строение Солнца

Поверхность Солнца, которую мы видим, известна как **фотосфера**. Это область, где свет из ядра, наконец достигает поверхности. Температура фотосферы составляет около 6000 К, и она светится белым светом.

Следующий слой известен как **хромосфера**. Она находится на расстоянии всего лишь около 10.000 км от поверхности. В верхней части хромосферы, температура может достигать 20000 К.

Следующий слой за хромосферой — **корона Солнца**, и она распространяется от звезды на миллионы километров в космосе. Вы можете увидеть корону во время полного затмения, когда диск светила закрыт Луной. Температура короны примерно в 200 раз горячее поверхности.

Верхняя часть атмосферы называется **гелиосфера**. Это пузырь пространства, заполненный солнечным ветром, он простирается примерно на 20 астрономических единиц. В конечном итоге, гелиосфера постепенно переходит в межзвездную среду.

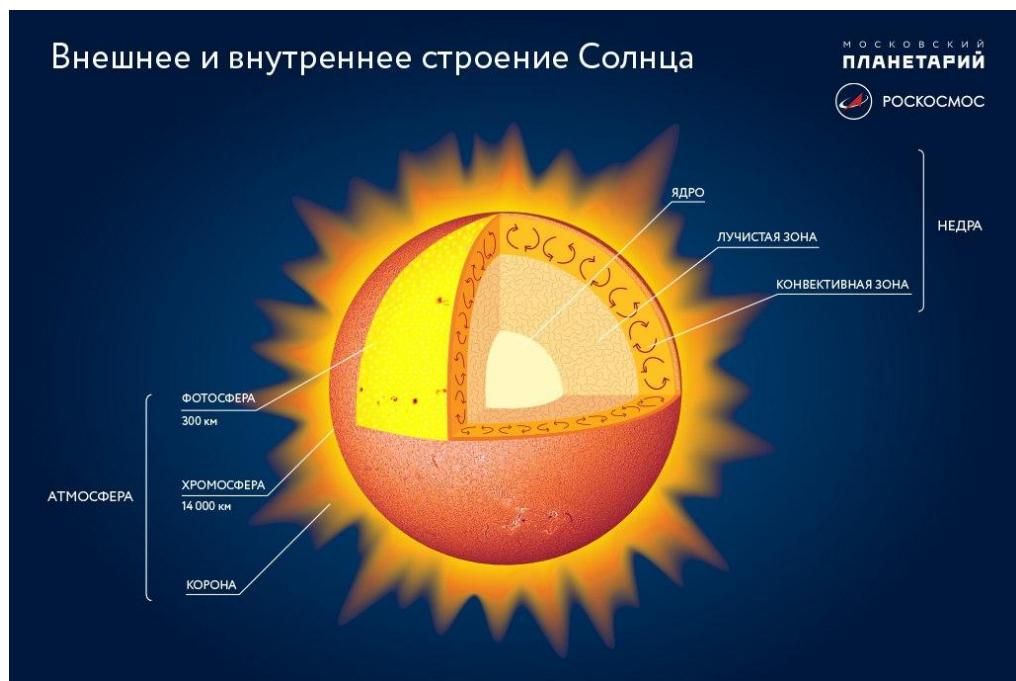


Рисунок 3 – Внешнее и внутреннее строение Солнца

Вопрос 3: Солнечная активность и ее влияние на Землю. Звезды – далекие Солнца

Солнечная активность – это совокупность активных образований (пятен, протуберанцев и т.п.) и нестационарных динамических явлений (вспышек, всплывающих магнитных потоков) в солнечной атмосфере. Каждое из этих явлений оказывает свое влияние на Землю.

Часто на Солнце в хромосфере возникают **вспышки**. Они похожи на огромные взрывы, длиющиеся всего лишь несколько минут. За несколько минут в маленькой области высвобождается энергия порядка 100 000 миллиардов кВт/час: столько же тепла поступает от Солнца на Землю в год! Причины вспышек пока еще плохо изучены; по-видимому, они вызываются резким изменением магнитного поля в хромосфере. Вспышки

вызывают изменения в магнитном поле Земли и могут даже повредить системы электроснабжения.

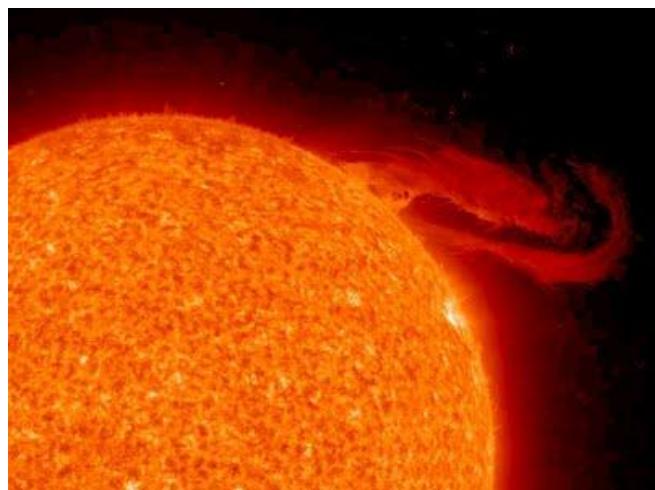


Рисунок 4 – Пример вспышки

Другим проявлением солнечной активности является появление плазменных образований в магнитном поле солнечной атмосферы – волокон. Если эти волокна видны на краю Солнца, то они наблюдаются как протуберанцы.

Протуберанцами называются огромные образования в короне Солнца. Плотность и температура протуберанцев такая же, как и вещества хромосфера, но на фоне горячей короны протуберанцы – холодные и плотные образования. Температура протуберанцев около 20 000 К.

Размеры протуберанцев могут быть разными. Типичный протуберанец имеет высоту около 40 000 км и ширину около 200 000 км. Дугообразные протуберанцы достигают размеров 800 000 км. Зарегистрированы и рекордсмены среди протуберанцев, их размеры превышали 3 000 000 км.

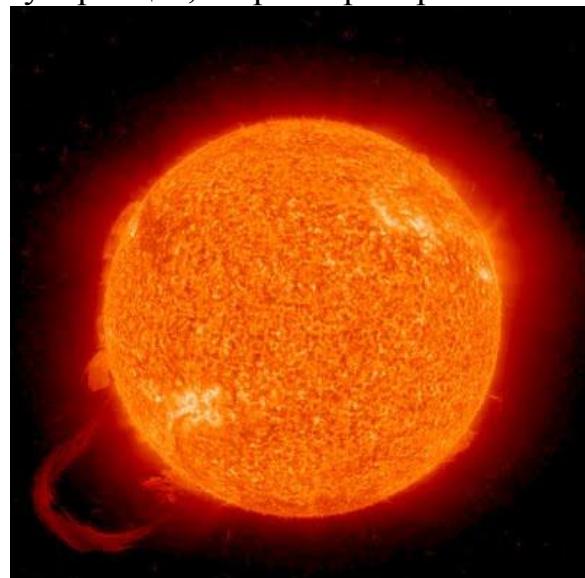


Рисунок 5 – Пример протуберанца

Звезды — это огромные раскаленные солнца, но столь удаленные от нас по сравнению с планетами Солнечной системы, что, хотя они сияют в миллионы раз ярче, их свет кажется нам относительно тусклым.

Тема 5 «Солнце и звезды»

Лекция 2

1. Годичный параллакс и расстояния до звезд.
2. Светимость, спектр, цвет и температура различных классов звезд.
3. Массы и размеры звезд.

Вопрос 1: Годичный параллакс и расстояние до звезд

Звезда – пространственно обособленный, гравитационно связанный, непрозрачный для изучения космический объект, в котором в значительных масштабах происходили, происходят или будут происходить термоядерные реакции превращения водорода в гелий.

Именно термоядерные реакции являются характерной отличительной особенностью звезд от планет.

Годичным параллаксом звезды p называется угол, под которым со звезды можно было бы видеть большую полуось земной орбиты (равную 1 а.е.), перпендикулярную направлению на звезду.

Расстояние до звезды:

$$D = \frac{a}{\sin p},$$

где a – большая полуось земной орбиты.

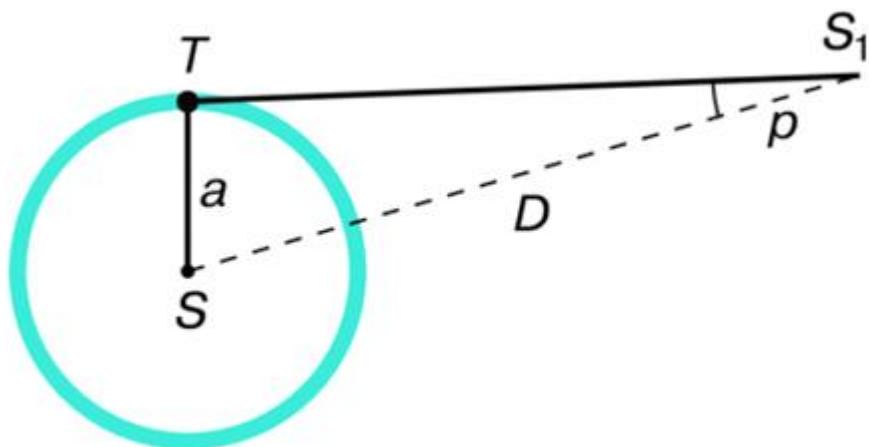


Рисунок 1 –Годичный параллакс звезды

Вопрос 2: Светимость, спектр, цвет и температура различных классов звезд

После того, как астрономы получили возможность определять расстояния до звезд, выяснилось, что звезды, находящиеся на одинаковом расстоянии, могут отличаться по видимой яркости (т.е. по блеску). Стало очевидно, что звезды имеют различную светимость. Солнце кажется самым

ярким объектом на небе только потому, что оно находится гораздо ближе всех остальных звезд.

Светимостью называется полная энергия, излучаемая звездой в единицу времени. Она выражается в абсолютных единицах (ваттах) или в единицах светимости Солнца.

Наблюдая звезды, можно заметить, что они имеют различный цвет. Хорошо известно, что цвет любого нагретого тела, в частности звезды, зависит от его температуры. Более полное представление об этой зависимости дает изучение звездных спектров. Для большинства звезд это спектры поглощения, в которых на фоне непрерывного спектра наблюдаются темные линии.

По ряду характерных особенностей спектров звезды разделены на спектральные классы, которые обозначены латинскими буквами и расположены в порядке, соответствующем убыванию температуры: O,B,A,F,G,K,M.

У наиболее холодных (красных звезд) класса M в спектрах наблюдаются линии поглощения некоторых двухатомных молекул (оксиды титана, циркония). Примерами звезд, температура которых около 3000К, является Антарес и Бетельгейзе.

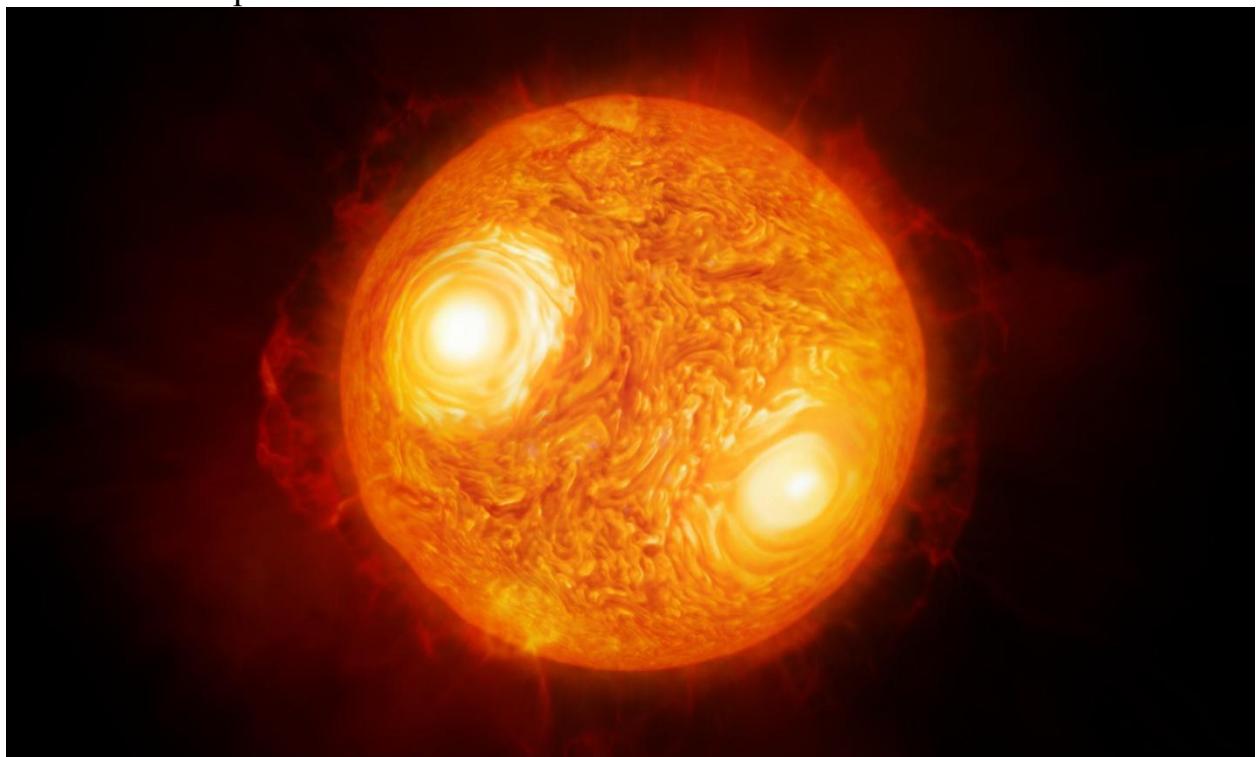


Рисунок 2 – Звезда Антарес

В спектрах желтых звезд класса G с температурой около 6000К, к которым относится Солнце, преобладают линии металлов: железа, натрия, кальция. По температуре, спектру и цвету сходна с Солнцем звезда Капелла.

Для спектров белых звезд класса A, которые имеют температуру около 10000К (Вега, Денеб, Сириус) наиболее характерны линии водорода и ионизированных металлов.

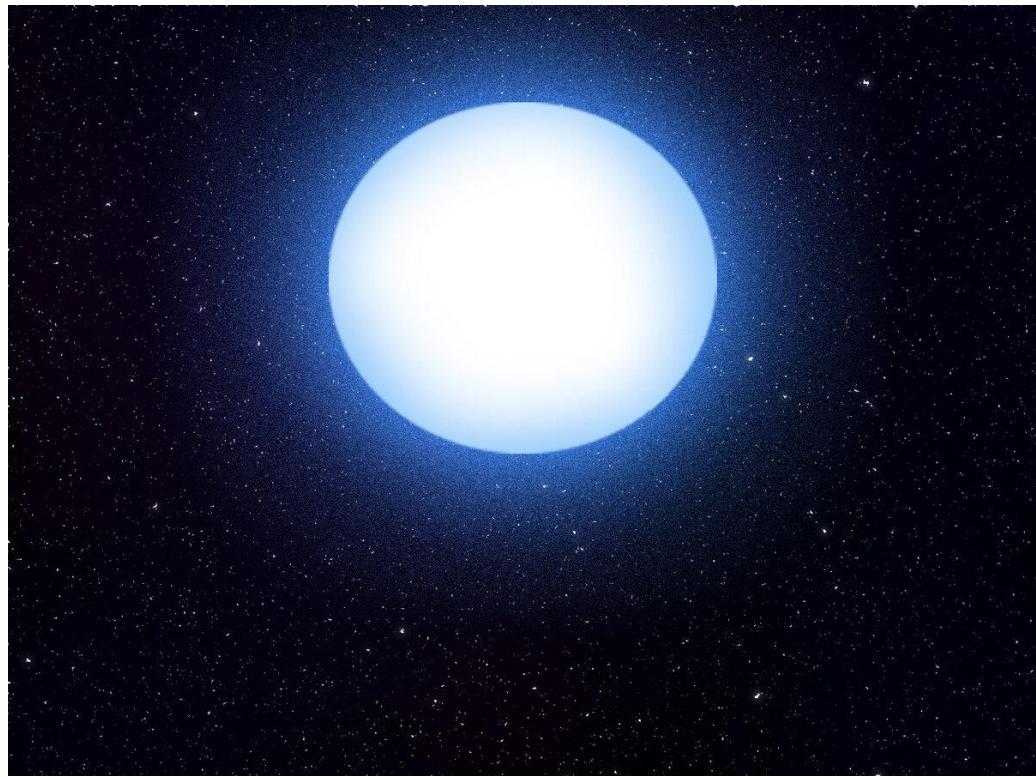


Рисунок 3 – Звезда Вега

Вопрос 3: Массы и размеры звезд

Звезды различаются по массе, размерам, плотности, светимости и химическому составу.

Для определения масс звезд изучают движения звезд, входящих в пары и группы. В этих парах и группах звезды притягивают друг друга, двигаясь вокруг общего центра масс (двойные звезды). Массы звезд в таком случае определяются на основании закона всемирного тяготения. Чаще всего массы звезд измеряются в единицах массы Солнца, которая составляет $2 \cdot 10^{30}$ кг. Массы почти всех звезд находятся в пределах от 0,1 до 50 масс Солнца.

Размеры звезд определяются как прямыми методами, с помощью оптических интерферометров, так и путем теоретических расчетов. Оказалось, что размеры большинства наблюдаемых звезд составляют сотни тысяч и миллионы километров. Диаметр Солнца равен 1392000км. Также встречаются и маленькие звезды – белые карлики и совсем крошечные нейтронные звезды диаметром 10-20км. Звездами с размерами во много раз больше, чем у Солнца, являются гигантами (Арктур, Антарес, Бательгейзе). Но особенно велики очень редко встречающиеся звезды – красные сверхгиганты. Если бы некоторые из таких звезд оказались на месте Солнца, орбиты Марса, а то и Юпитера очутились бы внутри них.

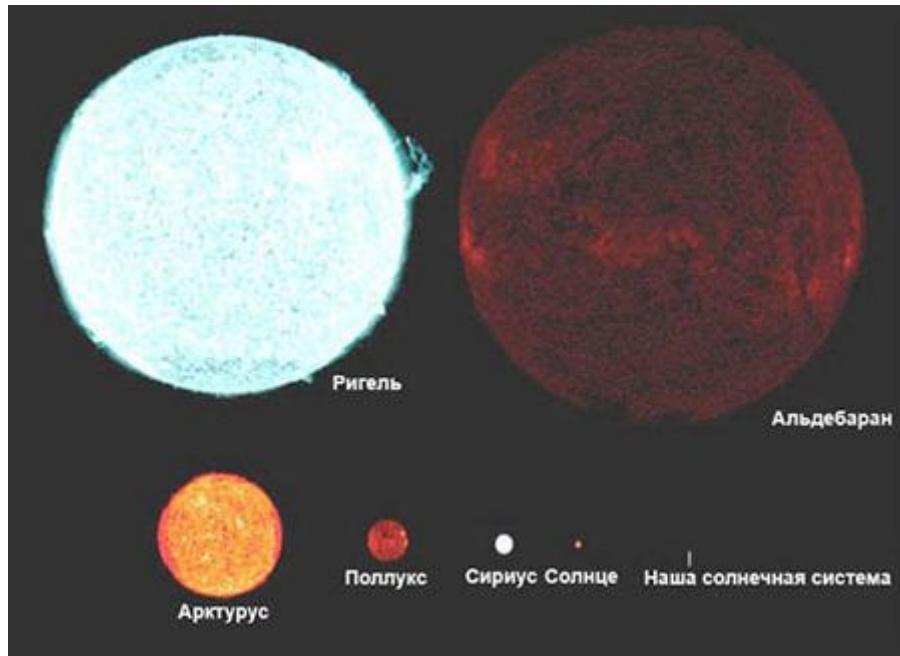


Рисунок 4 – Сравнительные размеры звезд

Таким образом, по размерам звезды отличаются друг от друга значительно больше, чем по массе. По этой причине, чем меньше звезда, тем выше плотность ее вещества, и наоборот. Вещество звезд-гигантов и сверхгигантов может иметь плотность меньшую, чем воздух. Средняя плотность солнечного вещества в 1,4 раза больше плотности воды. Значительно плотнее Солнца белые карлики. 1 см³ вещества звезды Сириус имеет массу более 50 кг, а некоторые белые карлики еще в десятки раз плотнее. Но рекорд по плотности держат нейтронные звезды – их плотность такая же, как у атомных ядер- 10 г/см³. Такая плотность вещества может получиться, если весь земной шар сжать до размера в полкилометра.

Тема 5 «Солнце и звезды»

Лекция 3

1. Переменные и нестационарные звезды
2. Цефеиды – маяки Вселенной
3. Эволюция звезд различной массы

Вопрос 1: Переменные и нестационарные звезды

Двойная звезда, или двойная система, — система из двух гравитационно связанных звёзд, обращающихся по замкнутым орбитам вокруг общего центра масс. Двойные звёзды — весьма распространённые объекты. Примерно половина всех звёзд нашей Галактики принадлежит к двойным системам.

Наряду с исследованиями двойных звезд важную роль в развитии представлений о физической природе звезд сыграли исследования переменных звезд.

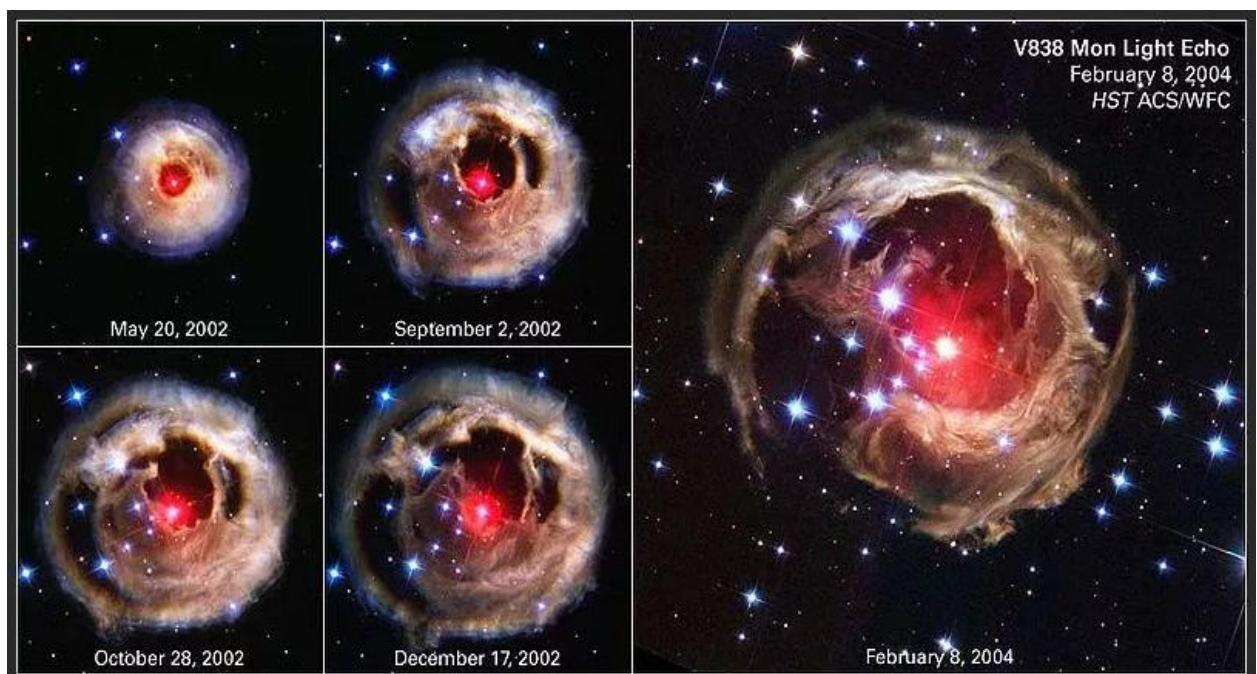


Рисунок 1 – Переменная звезда V838 Единорога

В настоящее время известно несколько десятков тысяч переменных звезд различных типов. Светимость некоторых меняется строго периодически, у других периодичность часто нарушается или не соблюдается.

Нестационарные звёзды - звёзды, у которых отмечается большое нарушение равновесия внешних слоев. Оно проявляется в виде переменности блеска.

Вопрос 2: Цефеиды – маяки Вселенной

Цефеиды — это особый класс регулярных переменных звезд. Наиболее известной их представительницей является Полярная звезда (период изменения светимости 4 дня), которая по сегодняшний день служит заблудившимся путникам ориентиром, показывая в северном полушарии точное направление на север.



Рисунок 2 – Полярная звезда

Переменные звезды получили свое название благодаря тому, что их излучение субъективно воспринимается, как переменное – эти звезды, словно лампочки новогодней гирлянды, мигают нам из далеких глубин галактик. Их мигание вызвано рядом физических процессов, которые происходят внутри этих небесных тел. В астрономическом сообществе они широко известны, как природа переменности цефеид.

Мигание или пульсация цефеид вызвана рядом естественных физических процессов, которые до конца еще не выяснены астрономами.

Суть этих процессов сводится к тому, что в верхних слоях звезд нарушены процессы газового давления и тяготения, из-за чего радиус звезды периодически сжимается, что наблюдателем воспринимается не иначе, как пульсация.

Сжатие радиуса звезды прямым образом влияет на температуру ее поверхности. Так, уменьшение радиуса цефеиды на 15% способно вызвать увеличение температуры звезды более чем на 1000 градусов по Кельвину.

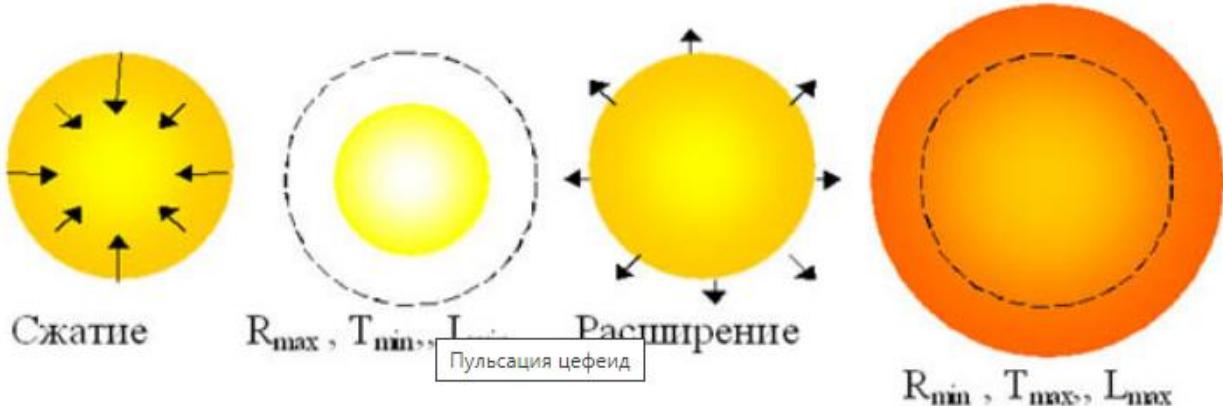


Рисунок 3 – Пульсация Цефеид

Вопрос 3: Эволюция звезд различной массы

Звездная эволюция – последовательность изменений, которым звезда подвергается в течение ее жизни.

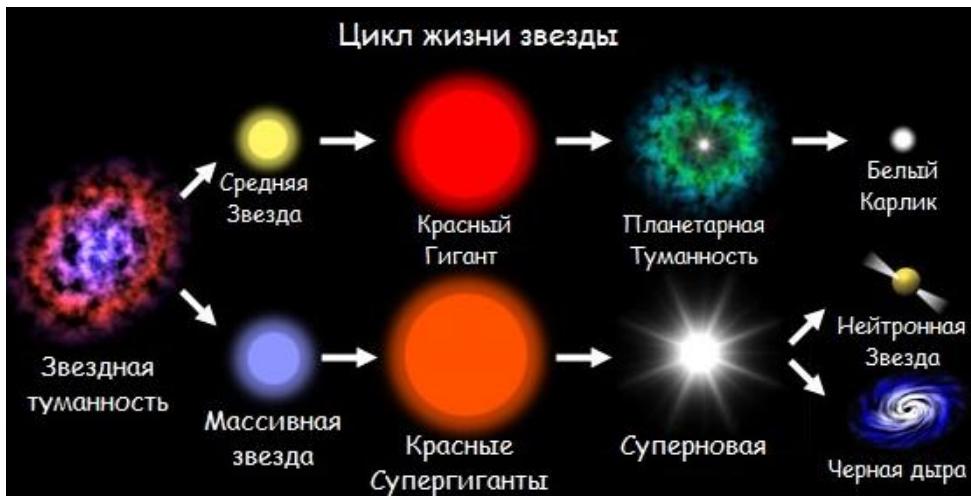


Рисунок 2 – Цикл жизни звезд

Звездная туманность. Из-за неоднородности гравитационного поля в звездном облаке могут возникать возмущения, приводящие к локальным концентрациям массы. В ходе протекания данного процесса неоднородности молекулярного облака будут сжиматься под действием собственного тяготения и постепенно принимать форму шара.

При сжатии энергия гравитации переходит в тепло, и температура объекта возрастает. Когда температура в центре достигнет 15-20 миллионов К, начинаются термоядерные реакции и сжатие прекращается. Объект становится полноценной звездой.

Первая стадия жизни звезды - подобна солнечной – в ней доминируют реакции водородного цикла. Когда весь водород превращается в гелий, образуется гелиевое ядро, а термоядерное горение водорода продолжается на периферии ядра. Данная стадия продолжается 10 миллиардов лет.

Вторая стадия – повторное сжатие. Без давления, возникавшего в ходе термоядерных реакций и уравновешивавшего внутреннюю гравитацию, звезда снова начинает сжиматься. Температура и давление растут до уровня в 100 миллионов К. при данной температуре происходит превращение гелия в более тяжелые элементы (гелий – в углерод, углерод – в кислород, кислород – в кремний, и наконец – кремний в железо).

Третий этап - возобновившееся на новом уровне термоядерное «горение» вещества становится причиной чудовищного расширения звезды. Звезда «распухает», становясь очень «рыхлой», и её размер увеличивается приблизительно в 100 раз. Звезда становится красным гигантом, а фаза горения гелия продолжается около нескольких миллионов лет.

То, что происходит далее также зависит от массы звезды

У звезд средней величины реакция термоядерного сжигания гелия может приводить к взрывному сбросу внешних слоев звезды с образованием из них планетарной туманности. Ядро звезды, в котором прекращаются термоядерные реакции, остывая, превращается в гелиевый белый карлик, как

правило, имеющий массу до 0,5—0,6 Солнечных масс и диаметр порядка диаметра Земли.

Для массивных и сверх массивных звезд (с массой от пяти Солнечных масс и более). Происходящие в их ядре процессы по мере нарастания гравитационного сжатия приводят к взрыву **сверхновой звезды** с выделением огромной энергии. Взрыв сопровождается выбросом значительной массы вещества звезды в межзвездное пространство. Это вещество в дальнейшем участвует в образовании новых звёзд, планет или спутников. Именно благодаря сверхновым Вселенная в целом и каждая галактика в частности, химически эволюционирует. Оставшееся после взрыва ядро звезды может закончить свою эволюцию как нейтронная звезда (пульсар), либо как чёрная дыра.

Чёрные дыры - массивные космические объекты. Увидеть их почти невозможно, поскольку они не отражают свет, даже наоборот, поглощают его в прямом смысле слова. Их сила притяжения настолько велика, что даже лучи света не могут устоять, и они попадают под влияние дыры.

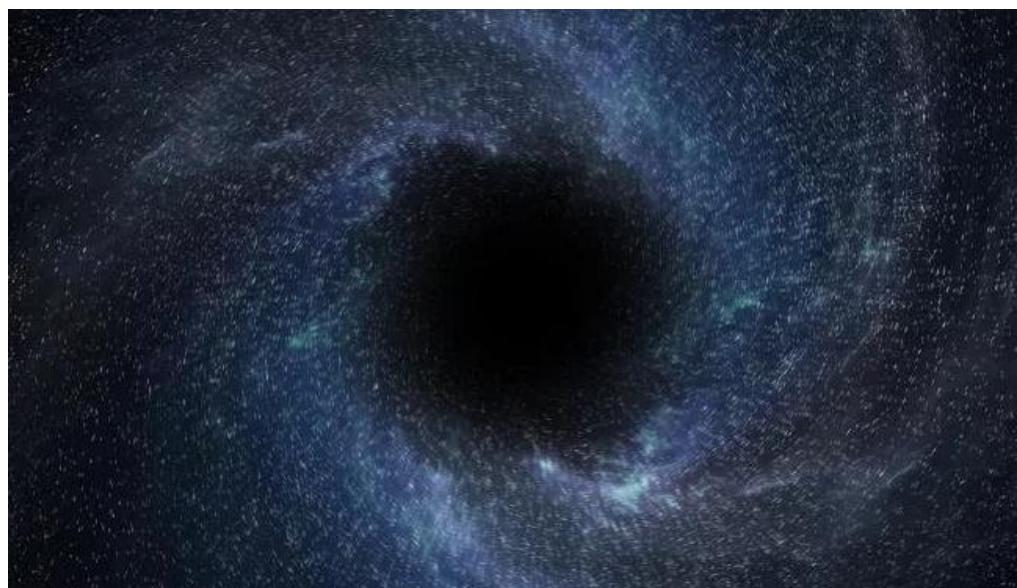


Рисунок 3 – Черная дыра

Тема 6 «Строение и эволюция Вселенной»

Лекция 1

1. Галактика. Ее размеры и структура. Два типа населения Галактики
2. Межзвездная среда: газ и пыль. Ядро Галактики
3. Области звездообразования. Вращение Галактики. Проблема «скрытой» массы

Вопрос 1: Галактика. Ее размеры и структура. Два типа населения Галактики

Галактика — это совокупность всех звёзд, звёздной пыли, газов, космических лучей, тёмной материи. Галактики находятся во Вселенной. Наша галактика — Млечный путь. Мы называем её нашей, потому что планета Земля находится именно там.



Рисунок 1 - Галактика Млечный путь

Галактики, в свою очередь, состоят из систем. В галактике Млечный путь размещена Солнечная система.

Солнечная система состоит из 8 планет (Земля — одна из них), которые вращаются вокруг Солнца. Помимо планет и Солнца, она включает в себя ещё и спутники и различные малые тела (кометы, космическую пыль, метеорные тела).

Во Вселенной много миллиардов галактик. Посмотрев на небо, мы можем увидеть только четыре из них: Млечный путь, Туманность Андромеды, Большое Магелланово облако и Малое Магелланово облако.

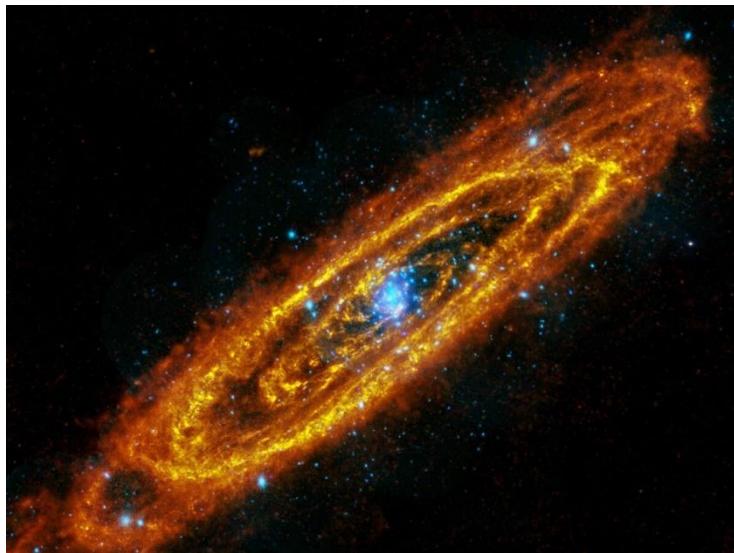


Рисунок 2 - Туманность Андромеды

Млечный путь — **спиральная галактика**. В этой галактике находится Солнце, наша планета Земля и другие планеты. Они врачаются вокруг Солнца и образуют Солнечную систему. Помимо Солнечной системы, в галактике есть более **200 миллионов звёзд, межзвёздных пыли и газа**. Строение Млечного пути сравнивают с диском.

Галактика состоит из **гало** сферической формы (а это тёмная материя, звёзды и газ вместе). В центре находится **чёрная дыра**. Она растянулась на **100 000 световых лет** (диаметр).

Звездное население галактик можно разделить на два типа. В **звездное население I типа** входят звезды - горячие гиганты и сверхгиганты, долгопериодические цефеиды, новые и сверхновые звезды, рассеянные звездные скопления, водородные облака, пылевые туманности. Звездное население I типа располагается близ главных плоскостей спиральных галактик.

В **звездное население II типа** входят звезды-субкарлики, красные карлики, красные гиганты, короткопериодические цефеиды, шаровые звездные скопления. Эти объекты образуют ядра спиральных галактик.

Вопрос 2: Межзвездная среда: газ и пыль. Ядро Галактики

Межзвёздная среда - вещество и поля, заполняющие межзвёздное пространство внутри галактик. Состав: межзвёздный газ, пыль (1 % от массы газа), межзвёздные магнитные поля, космические лучи, а также тёмная материя. Вся межзвёздная среда пронизывается магнитными полями, космическими лучами и электромагнитным излучением.

Межзвёздный газ – основной компонент межзвёздной среды. Межзвёздный газ прозрачен. Полная масса межзвёздного газа в Галактике превышает 10 миллиардов масс Солнца или несколько процентов суммарной массы всех звёзд нашей Галактики. Средняя концентрация атомов межзвёздного газа составляет менее 1 атома в см^3 . Основная его масса заключена вблизи плоскости Галактики. Плотность газа в среднем составляет

около 10^{-21} кг/м³. Химический состав примерно такой же, как и у большинства звёзд: он состоит из водорода и гелия (90 % и 10 % по числу атомов, соответственно) с небольшой примесью более тяжёлых элементов (O, C, N, Ne, Si и др.).

Межзвёздная пыль — твёрдые микроскопические частицы, наряду с межзвёздным газом заполняющие пространство между звёзд. В настоящее время считается, что пылинки имеют тугоплавкое ядро, окружённое органическим веществом или ледяной оболочкой. Химический состав ядра определяется тем, в атмосфере каких звёзд они сконденсировались. Например в случае углеродных звёзд, они будут состоять из графита и карбида кремния.

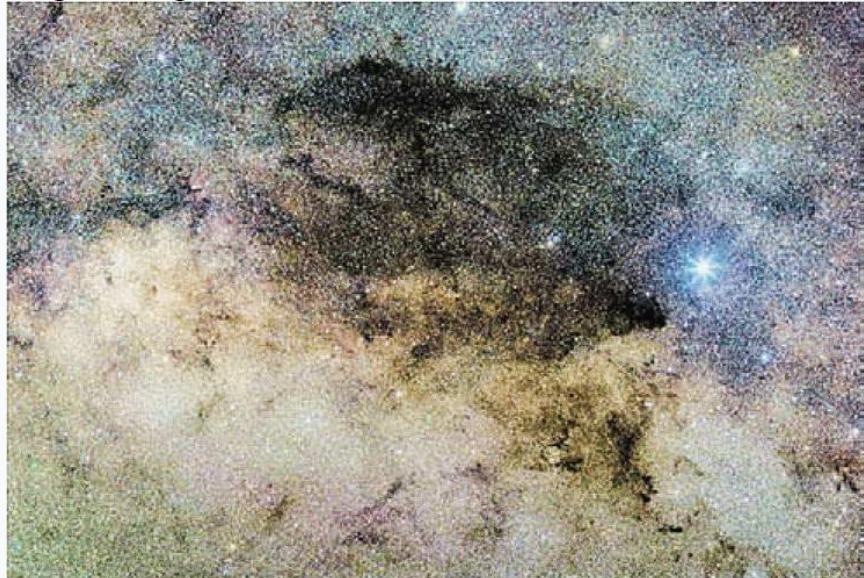


Рисунок 3 - Межзвездная пыль

Типичный размер частиц межзвездной пыли от 0,01 до 0,2 мкм, полная масса пыли составляет порядка 1 % от полной массы газа. Свет звёзд нагревает межзвёздную пыль до нескольких десятков Кельвинов, благодаря чему межзвёздная пыль является источником длинноволнового инфракрасного излучения.

Вопрос 3: Области звездообразования. Вращение Галактики. Проблема «скрытой» массы

Звездообразование — крупномасштабный процесс в Галактике, при котором из межзвездного газа массово начинаются формироваться звезды.

В общем виде процесс звездообразования можно разделить на несколько этапов: формирование крупных газовых комплексов, появление в них гравитационно-связанных молекулярных облаков, гравитационное сжатие наиболее плотных их частей до возникновения звезд, нагрев газа излучением молодых звезд и вспышки новых и сверхновых, уход газа.

Галактики врачаются вокруг собственной оси, центра, в котором чаще всего находится сверх массивная черная дыра. Такая дыра, вероятнее всего, находится и в центре нашего Млечного пути - астрономы называют ее "Стрелец-А". Галактики при этом не врачаются вокруг какого-то центра

Вселенной или точки Большого взрыва, как почему-то считают некоторые люди.



Рисунок 3 - Черная дыра в центре Млечного пути

Скрытая масса — общее название совокупности астрономических объектов, недоступных прямым наблюдениям современными средствами астрономии (то есть не испускающих излучения, достаточного для наблюдений интенсивности и не поглощающего их), но наблюдаемых косвенно по гравитационным эффектам, оказываемым на видимые объекты. Учёные считают, что количество тёмной материи как минимум в 5 раз больше количества видимой.

Тема 6 «Строение и эволюция Вселенной»

Лекция 2

1. Разнообразие мира галактик. Квазары.
2. Скопления и сверхскопления галактик. Основы современной космологии
3. «Красное смещение» и закон Хаббла

Вопрос 1: Разнообразие мира галактик. Квазары.

В астрономии выделяют следующие виды галактик:

- спиральные;
- эллиптические;
- линзовидные;
- неправильные.

Сpirальные галактики имеют форму плоского диска, центр которого очень яркий. Это и есть ядро. Более того, характеризуются такие галактики наличием спиральных рукавов.

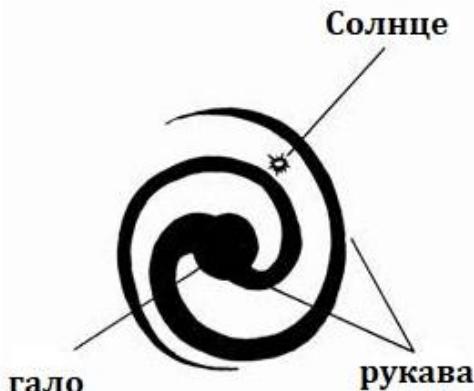


Рисунок 1 - Схема спиральной галактики

Эллиптические галактики могут иметь форму от круглой до продолговато-ovalьной.

Интересно, что у них нет яркого ядра. И к удивлению, в их составе практически отсутствует межзвёздный газ. В результате, новые звёзды не образуются. Зато в таких галактиках большое количество старых красных звёзд.



Рисунок 2 - Эллиптические галактики

Линзовидные галактики промежуточный тип галактик, который, ко всему прочему, имеет большое ядро и диск. Причём рукава отсутствуют. Вдобавок, в состав входят красные гигантские звёзды, такие же как в эллиптических галактиках. Поэтому в них по аналогии отсутствует межзвёздный газ. Но форма диска и движение линзовидных галактик схоже со спиральными.



Рисунок 3 - Линзовидная галактика

У неправильных галактик отсутствует какая-либо конкретная форма.



Рисунок 4 - Неправильная галактика

Квазар — класс астрономических объектов, являющихся одними из самых ярких в видимой Вселенной. Английский термин quasar образован от слов quasi-stellar («квазизвёздный» или «похожий на звезду») и radiosource («радиоисточник») и дословно означает «похожий на звезду радиоисточник».

По современным представлениям, квазары представляют собой активные ядра галактик на начальном этапе развития, в которых сверхмассивная чёрная дыра поглощает окружающее вещество, формируя аккреционный диск. Он и является источником излучения, исключительно мощного (иногда в десятки и сотни раз превышающего суммарную мощность всех звёзд таких галактик).



Рисунок 5 - Квазары

Вопрос 2: Скопления и сверхскопления галактик. Основы современной космологии

Сверхскопление галактик — многочисленные
группы галактик и скоплений галактик в составе крупномасштабной
структуре Вселенной.

Галактики в нашей Вселенной не распределены равномерно — большинство из них объединены в группы и скопления, содержащие от десятков до нескольких тысяч галактик. Эти скопления и дополнительные изолированные галактики в свою очередь образуют ещё большие структуры, называемые сверхскоплениями, включающими от двух до двадцати галактических скоплений, которые расположены либо в галактических нитях, либо в узлах пересечения нитей. Размеры сверхскоплений достигают сотен миллионов световых лет.



Рисунок 6 - Скопление галактик

Вопрос 3: «Красное смещение» и закон Хаббла

Космологическое (метагалактическое) красное смещение — наблюдаемое для всех далёких источников (галактики, квазары) понижение частот излучения, объясняемое как динамическое удаление этих источников друг от друга и, в частности, от нашей Галактики, то есть как нестационарность (расширение) Метагалактики.

Закон Хаббла (закон всеобщего разбегания галактик) — космологический закон, описывающий расширение Вселенной. В статьях и научной литературе в зависимости от её специализации и даты публикаций он формулируется по-разному.

Классическое определение, опубликованное в основополагающей статье Хаббла:

$$v = H_0 r,$$

где v — скорость галактики, r — расстояние до неё, а H_0 — коэффициент пропорциональности, сегодня называемый [постоянной Хаббла](#).

Постоянная Хаббла равна $H_0=70,1$ (км/с)/Мпк.

Тема 6 «Строение и эволюция Вселенной»

Лекция 3

1. Нестационарная Вселенная А.А.Фридмана. Большой взрыв
2. Реликтовое излучение. Ускорение расширения Вселенной
3. «Темная энергия» и антитяготение. Темная материя

Вопрос 1: Нестационарная Вселенная А.А.Фридмана.

Большой взрыв

Вселенная Фридмана — одна из космологических моделей, удовлетворяющих полевым уравнениям общей теории относительности (ОТО), первая из нестационарных моделей Вселенной. Получена Александром Фридманом в 1922.



Рисунок 1 – Фридман А.А.

Модель Фридмана описывает однородную изотропную в общем случае нестационарную Вселенную с веществом, обладающим положительной, нулевой или отрицательной постоянной кривизной. Эта работа учёного стала первым основным теоретическим развитием ОТО после работ Эйнштейна 1915—1917 гг.

Из общей теории относительности следовало, что гравитационное поле искривляет пространство и это искривление можно обнаружить по отклонению положения далёких звёзд, лучи света которых проходят рядом с Солнцем.

Если плотность материи во Вселенной меньше критической, то кривизна пространства отрицательная, а если больше этого значения, то кривизна положительная. И Вселенная должна либо расширяться, либо сжиматься.

При массе этого вещества равной положительной единице вселенная до какого-то определённого момента будет расширяться после чего сузится до чрезвычайно малых размеров и произойдёт новый большой взрыв.

При массе веществе равной нулю вселенной до определенной поры будет расширяться пока не остановится силой гравитации.

При массе вещества равно минус единице вселенная будет расширяться бесконечно в итоге всё вещество будет рассеянное или "съедено" черными дырами.

Само вещество называется чёрная (темная) материя.

Сегодня большинство астрономов и космологов пришли к общему согласию относительно того, что Вселенная, которую мы знаем, появилась в результате гигантского взрыва, породившего не только основную часть материи, но явившегося источником основных физических законов, согласно которым существует тот космос, который нас окружает. Все это называется теорией Большого взрыва.

Основы теории Большого взрыва относительно просты. Если кратко, согласно ей вся существовавшая и существующая сейчас во Вселенной материя появилась в одно и то же время — около 13,8 миллиарда лет назад. В тот момент времени вся материя существовала в виде очень компактного абстрактного шара (или точки) с бесконечной плотностью и температурой. Это состояние носило название сингулярности. Неожиданно сингулярность начала расширяться и породила ту Вселенную, которую мы знаем.

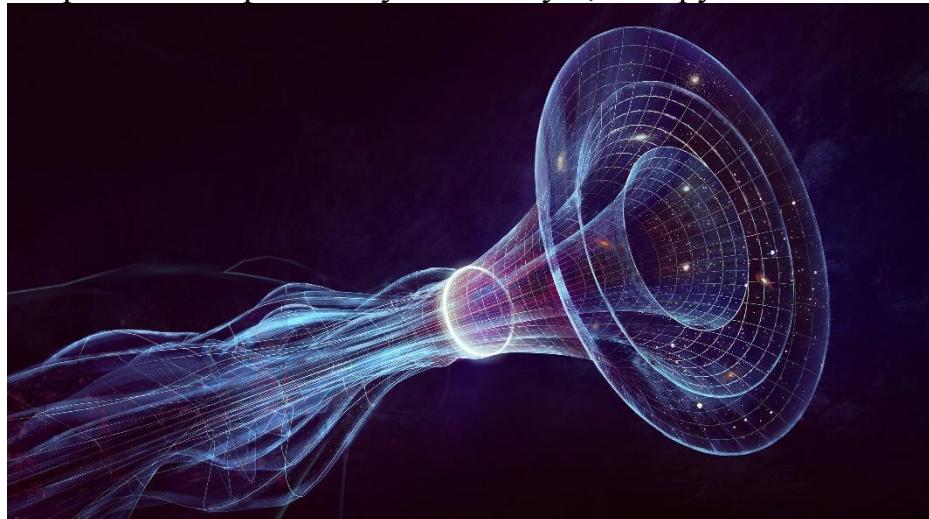


Рисунок 2 – Сингулярность

Стоит отметить, что **теория Большого Взрыва** является лишь **одной из многих предложенных гипотез** возникновения Вселенной (например, есть еще теория стационарной Вселенной), однако она получила самое широкое признание и популярность. Она не только объясняет источник всей известной материи, законов физики и большую структуру Вселенной, она также описывает причины расширения Вселенной и многие другие аспекты и феномены.

Вопрос 2: Реликтовое излучение. Ускорение расширения Вселенной

Реликтовое излучение — равномерно заполняющее Вселенную тепловое излучение, возникшее в эпоху первичной рекомбинации водорода (включает связывание электронов с протонами (ядрами водорода) с образованием нейтральных атомов водорода). Обладает высокой

степенью изотропности (одинаковость свойств пространства во всех направлениях) и спектром, свойственным для абсолютно чёрного тела с температурой $2,72548 \pm 0,00057$ К.

Ускорение расширения Вселенной — обнаруженное в конце 1990-х годов уменьшение блеска экстремально удалённых «стандартных свечей» (объектов, светимость которых известна), интерпретированное как ускорение расширения Вселенной. Расстояния до других галактик определяются измерением их красного смещения. По закону Хаббла, величина красного смещения света удалённых галактик прямо пропорциональна расстоянию до этих галактик. Соотношение между расстоянием и величиной красного смещения называется параметром Хаббла (или, не совсем точно, *постоянной Хаббла*).



Рисунок 3 – Расширение Вселенной

Вопрос 3: «Темная энергия» и антитяготение. Темная материя

Всемирное антитяготение — новый физический феномен, открытый в астрономических наблюдениях на расстояниях в 5-8 млрд световых лет. Антитяготение проявляется себя как космическое отталкивание, испытываемое далекими галактиками, причем отталкивание сильнее гравитационного притяжения галактик друг к другу. По этой причине общее космологическое расширение происходит с ускорением. Антитяготение создается не галактиками или какими-либо другими телами природы, а не известной ранее формой энергии/массы, получившей название темной энергии. На долю темной энергии приходится 70-80 % всей энергии/массы наблюдаемой Вселенной. На макроскопическом уровне темная энергия описывается как особого рода непрерывная среда, которая заполняет все пространство мира; эта среда обладает положительной плотностью и отрицательным давлением. Физическая природа темной энергии

и ее микроскопическая структура неизвестны — это одна из самых острых проблем фундаментальной науки наших дней.

Одно из самых интересных понятий в современной астрофизике это понятие темной материи.



Рисунок 4 – Темная материя

Темная материя - это материя во вселенной, которую мы не можем наблюдать, при этом можем судить о ее наличии, так как видим гравитационное влияние, которое она оказывает на наблюдаемую материю.

Тема 7 «Жизнь и разум во Вселенной»

Лекция 1

1. Проблема существования жизни вне Земли
2. Условия, необходимые для развития жизни
3. Поиски жизни на планетах Солнечной системы

Вопрос 1: Проблема существования жизни вне Земли

Важно понимать, что никаких доказательств существования жизни на других планетах у астрономов нет. Тем не менее наука упорно ведет поиск миров, которые могут оказаться обитаемы. Современных знаний достаточно, чтобы предположить, какие существа могут населять ту или иную пригодную для жизни планету.

Вопрос 2: Условия, необходимые для развития жизни

Астрономам при поиске обитаемых миров нужно ориентироваться на нашу планету. То есть искать надлежит очень плотное и вместе с тем небольшое космическое тело, укутанное кислородной атмосферой и достаточно богатое углеродом, который, как известно, является главным химическим элементом живой клетки.

В 1989 году к Юпитеру была запущена автоматическая межпланетная станция (АМС) «Галилео», которая представляла собой автономного робота, предназначенного для космических исследований в пределах Солнечной системы. Главной задачей «Галилео» было изучение Юпитера и его лун, но кроме того, аппарат выполнял на всем протяжении полета различные замеры и эксперименты, в частности, он приближался к некоторым астероидам, чтобы сфотографировать и обмерить их.

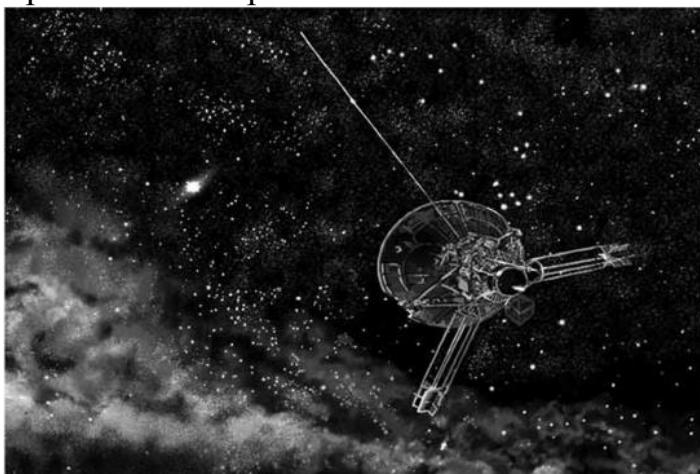


Рисунок 1 - Автоматическая межпланетная станция «Галилео»

Вопрос 3: Поиски жизни на планетах Солнечной системы

Человечество пока не добыло образцы с Юпитера, чтобы подтвердить наличие микроскопической жизни, но есть доказательства, что в таких условиях организмам не выжить. Юпитер - газовый гигант Солнечной

системы, представленный водородом и гелием. Практически нет воды и твердой поверхности. Организмам для выживания остается лишь закрепиться на верхних уровнях атмосферы, где давление слишком убийственное.

Допустим, что жизнь на Юпитере приспособилась к этому и давлению, которое в тысячу раз превосходит земное. Но как быть с температурой возле ядра в 10000°C? В некоторых участках настолько раскаленные условия, то водород переходит в жидкое металлическое состояние. Так что к Юпитеру мы пока не питаем особых надежд. А вот жизнь на спутниках Юпитера обладает большими шансами. Европа могла бы стать рассадником жизни, потому что наделена огромными запасами водяного льда. Некоторые выступают корочкой для жидкого океана. В 2020-х гг. будет возможность отправить аппарат к лунам, чтобы проверить наличие жизни.

О возможности существования жизни на Марсе люди размышляли веками из-за близости планеты и её сходства с Землёй. Поиск признаков жизни начался в XIX веке и продолжается по настоящее время.

С 1960-х годов телескопические наблюдения дополнили запуски автоматических межпланетных станций для изучения планеты, вначале с пролётной траектории, а затем с орбиты искусственного спутника. С 1971 года проводятся исследования автоматическими марсианскими станциями непосредственно на поверхности, сначала неподвижными, а затем марсоходами.

Ранние научные работы, посвященные поиску жизни на Марсе, отталкивались от феноменологии и были на грани фантастики, современные научные исследования сосредоточены на поиске химических следов жизни в почве и горных породах планеты, а также поиске биосигнатур в атмосфере планеты.



Рисунок 2 – Жизнь на Марсе

Вопрос о существовании в настоящее время или же в прошлом жизни на Марсе остаётся открытым. Кроме того, существуют дебаты о морально-этической стороне колонизации Марса.

Тема 7 «Жизнь и разум во Вселенной»

Лекция 2

1. Сложные органические соединения в космосе
2. Современные возможности космонавтики и радиоастрономии для связи с другими цивилизациями.
3. Планетные системы у других звезд. Человечество заявляет о своем существовании.

Вопрос 1: Сложные органические соединения в космосе

Результаты исследования показали, что сложные органические соединения могут являться не только источником жизни, но и могут производиться естественным путем звездами.

Ученые предполагают, что субстанция, которая находится во вселенной, содержит смесь различных сложных компонентов: кольцеобразные ароматические и цепеобразные алифатические соединения. Эти компоненты настолько сложные, что их структуру можно сравнить со структурой угля или нефти.

На данный момент считается, что сложные вещества могли появиться только при наличии живых организмов. Однако, по мнению ученых в космическом пространстве такие сложные компоненты могли появиться в процессе синтезирования и без участия живых организмов.

Вероятно, что звезды не только самостоятельно производят эти сложные компоненты, но и выбрасывают их в окружающее межзвездное пространство.



Рисунок 1 – Органические вещества в космосе

Вопрос 2: Современные возможности космонавтики и радиоастрономии для связи с другими цивилизациями.

Темпы развития радиоастрономии ограничиваются не только размерами телескопов, но и уровнем технологий обработки и передачи информации. К счастью, интенсивный рост производственных возможностей современной вычислительной техники позволяет преодолеть эту проблему. Так, уже в ближайшем будущем будет построен колossalный радиоинтерферометр SKA.

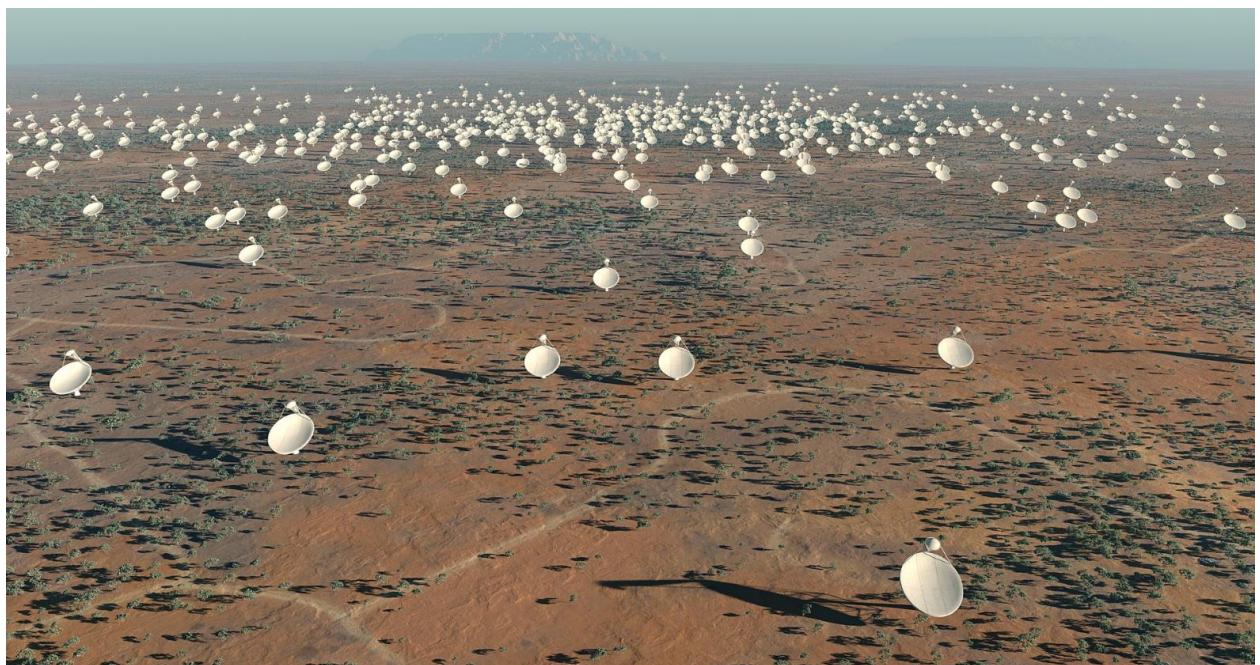


Рисунок 2 – предполагаемый внешний вид радиоинтерферометра SKA

Собирающая поверхность этого телескопа превысит квадратный километр. Это будет достигнуто за счет того, что антенны этого телескопа разнесены на расстояние около 3000 км. Часть антенн будет размещена в ЮАР, часть в Австралии, часть в Новой Зеландии. SKA будет иметь чувствительность в 50 раз выше, чем у других ныне работающих телескопов. Сверхдлинные линии связи этого телескопа должны иметь пропускную способность выше, чем весь современный интернет-трафик, а для обработки информации потребуется суперкомпьютер. В июле 2016 года австралийская часть СКА была введена в строй и в первый сеанс работы открыла тысячи неизвестных галактик.

К сожалению, на Земле количество мест, пригодных для радиоастрономии, сильно ограничено. Причиной этому служат природные условия, радиоизлучение, создаваемое человеком и размеры нашей планеты. Радиотелескопы на земле можно расположить по разным континентам – но не более. В связи с этим целесообразно создать космические аппараты, которые будут помогать земным радиотелескопам. В 2011 году был запущен космический телескоп «РадиоАстрон», разработанный НПО им. Лавочкина. Данная система состоит из космического радиотелескопа и системы

наземных телескопов – база у системы сравнима с расстоянием до Луны – около 340 тыс. км. Это позволило достичь наибольшего углового разрешения за историю астрономии. Создания еще большего интерферометра возможно, к примеру, с помощью использования двух телескопов, размещенных в точках Лагранжа L4-L5 системы Земля-Солнце. Это позволит создать интерферометр с плечом в миллионы километров.

Создание полноценной обсерватории на Луне решит проблему дальнейшего роста телескопов. В отличие от космических телескопов лунная обсерватория может быть обслуживаемой, следовательно, долговечной; на Луне нет помех от деятельности человека; нет атмосферы. Создание связной системы телескопов на Земле и Луне позволит значительно расширить современные возможности астрономии.

Задачи, которые стоят перед радиоастрономией – создание системы космических телескопов или создание лунной обсерватории – это те задачи, которые человечество может решить уже сейчас, но для этого необходимо большое количество специалистов, ресурсов. Космическая гонка второй половины двадцатого века подарила человечеству огромное количество технологий. Благодаря стремлению оказаться первыми в космосе был сделан значительный технологический рывок – появились спутниковая связь, интернет, системы навигации и многие другие технологии. Именно дальнейшее покорение космоса может дать человечеству решение многих проблем XXI века.

Вопрос 3: Планетные системы у других звезд. Человечество заявляет о своем существовании.

Поскольку люди давно подозревали, что звёзды – это далёкие солнца, то они подозревали и о том, что у других звёзд могут быть планеты. С какого-то времени их стали называть «экзопланеты», то есть планеты, вращающиеся не вокруг Солнца, а вокруг другой звезды. Очень простое, понятное определение. Но обнаружить экзопланеты очень трудно. Они маленькие, сами они светят слабо, находятся рядом с яркой звездой, и увидеть их непросто. Экзопланеты начали открывать разными способами разные группы исследователей. Только в 90-е годы XX века, 25 лет назад, была надёжно открыта первая экзопланета. Сейчас число надёжно открытых экзопланет – на уровне 5000.

Удивительно, что первая надёжно открытая планета была открыта в 1992 году у нейтронной звезды – радиопульсара. Первая надёжная планета вокруг нормальной звезды (51 Пегаса b) была открыта в 1995 году Мишелем Майором и Дидье Кело. Но и до этого находили подобные объекты. Одна группа обнаружила в 1988 году объект, который казался планетой, и спустя 15 лет это удалось подтвердить. Это действительно планета, но «надёжной» она стала всего лишь 14 лет назад. В 1989 году открыли очень надёжный объект, но про него мы до сих пор не знаем – планета это или так называемый бурый карлик. В звёздах идут термоядерные реакции горения нормального водорода, его много, в планетах никакие термоядерные реакции

не идут, а в бурых карликах идёт горениедейтерия (изотопа водорода), его мало, но, тем не менее, возникают такие «недозвёзды», которые называют бурыми карликами.



Рисунок 3 - Экзопланета

Открытие экзопланет – замечательный пример того, как было прорублено новое окно во Вселенную, появился новый тип объектов – открылась «бездна, экзопланет полна». Они очень необычные, они часто не похожи на планеты Солнечной системы, они явно имели другую историю формирования, имеют другой химический состав, и всё это очень интересно. Поэтому экзопланетная астрофизика сейчас одна из самых бурно развивающихся областей астрономии.

Список используемых источников

1. Астрономия : учебник для проф. образоват. организаций / [Е.В.Алексеева, П.М.Скворцов, Т.С.Фещенко, Л.А.Шестакова], под ред. Т.С. Фещенко. — М. : Издательский центр «Академия», 2018.
2. Воронцов-Вельяминов Б.А. Астрономия. Базовый уровень. 11 класс : учебник для общеобразоват. организаций / Б.А.Воронцов-Вельяминов, Е.К.Страут. — М. :Дрофа, 2017.
3. Левитан Е.П. Астрономия. Базовый уровень. 11 класс. : учебник для общеобразоват. организаций / Е.П.Левитан. — М. : Просвещение, 2018.
4. Чаругин В.М. Астрономия. Учебник для 10—11 классов / В.М.Чаругин. — М. : Просвещение, 2018.

Утверждено

методическим советом КАТК – филиала МГТУ ГА

протокол № ____ от «____» _____ 2021 г.

Заместитель директора по УМР

_____ /Н.Н. Карнаущенко/

Методист _____ /Е.Г. Бочкарёва/

Рассмотрено и рекомендовано к работе

Цикловой комиссией ОГиСЭД

протокол № ____ от «____» _____ 2021 г.

Председатель ЦК _____ /Т.А. Курносова/

