**ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**ФИЛИАЛ ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ "ТРУБЧЕВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ТЕХНИКУМ" в г. Севск**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**

**по ОУДБ.08 АСТРОНОМИЯ**

**ДЛЯ ПРОФЕССИИ СПО: 35.01.13 ТРАКТОРИСТ-МАШИНИСТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Севск,2023 г.**

**Комплект лекций по ОУДБ.08 Астрономия дляпрофессии СПО 35.01.13 Тракторист-машинист сельскохозяйственного производства**

**Разработчик: Лобунова Г.А.- преподаватель филиала ГБПОУ "ТПТ"**

**Введение**

**Предмет и задачи астрономии**

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

Астрономия изучает Солнце и звезды, планеты и их спутники, кометы и метеорные тела, туманности, звездные системы и материю, заполняющую пространство между звездами и планетами, в каком бы состоянии эта материя ни находилась.

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

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

1. Изучение видимых, а затем и действительных положений, и движений небесных тел в пространстве, определение их размеров и формы.
2. Изучение физического строения небесных тел, т.е. исследование химического состава и физических условий (плотности, температуры и т.п.) на поверхности и в недрах небесных тел.
3. Решение проблем происхождения и развития, т.е. возможной дальнейшей судьбы отдельных небесных тел и их систем.

Вопросы первой задачи решаются путем длительных наблюдений, начатых еще в глубокой древности, а также на основе законов механики, известных уже около 300 лет. Поэтому в этой области астрономии мы располагаем наиболее богатой информацией, особенно для небесных тел, сравнительно близких к Земле.

О физическом строении небесных тел мы знаем гораздо меньше. Решение некоторых вопросов, принадлежащих второй задаче, впервые стало возможным немногим более ста лет назад, а основных проблем — лишь в последние годы.

Третья задача сложнее двух предыдущих. Для решения ее проблем на- копленного наблюдательного материала пока еще далеко не достаточно, и наши знания в этой области астрономии ограничиваются только общими соображениями и рядом более или менее правдоподобных гипотез.

# Подразделение астрономии

Современная астрономия подразделяется на ряд отдельных разделов, которые тесно связаны между собой, и такое разделение астрономии, в известном смысле, условно.

Главнейшими разделами астрономии являются:

1. ***Астрометрия*** – изучает положение небесных тел и вращение Земли, опираясь на теоретические и практические методы измерений углов на небе, для чего организуются позиционные наблюдения небесных светил. Важнейшие цели астрометрии: - установление систем небесных координат, - получение параметров, характеризующих наиболее полно закономерности вращения Земли.
2. ***Небесная механика*** исследует движение космических тел под действием сил тяготения (в пространстве и времени). Опираясь на данные астрометрии, законы классической механики и математические методы исследования, небесная механика определяет траектории и характеристики движения космических тел и их систем, служит теоретической основой космонавтики.
3. ***Астрофизика*** изучает основные физические характеристики и свойства космических объектов (движение, строение, состав и т.д.), космических процессов и космических явлений, подразделяясь на многочисленные разделы: теоретическая астрофизика; практическая астрофизика; физика планет и их спутников (планетология и планетографии); физика Солнца; физика звезд; внегалактическая астрофизика и т. д.
4. ***Космогония*** изучает происхождение и развитие космических объектов и их систем (в частности Солнечной системы).
5. ***Космология*** исследует происхождение, основные физические харак- теристики, свойства и эволюцию Вселенной. Теоретической основой ее являются современные физические теории и данные астрофизики и внегалактической астрономии.

**Раздел 1. История развития астрономии**

**Тема1.1. История развития астрономии**

Тема 1.1.1 Астрономия в древности

Астрономия является одной из древнейших наук. Первые записи астрономических наблюдений, подлинность которых несомненна, 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, наступают вскоре после того, как перед восходом Солнца на востоке появляется 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 солнечные и лунные затмения.

Астрономия возникла из практических потребностей человека. Кочевым племенам первобытного общества нужно было ориентироваться при своих странствиях, и они научились это делать по Солнцу, Луне и звездам. Первобытный земледелец должен был при полевых работах учитывать наступление различных сезонов года, и он заметил, что смена времен года связана с полуденной высотой Солнца, с появлением на ночном небе определенных звезд. Дальнейшее развитие человеческого общества вызвало потребность в измерении времени и в летоисчислении (составлении календарей).

Все это могли дать и давали наблюдения над движением небесных светил, которые велись в начале без всяких инструментов, были не очень точными, но вполне удовлетворяли практические нужды того времени. Из таких наблюдений и возникла наука о небесных телах – астрономия.

С развитием человеческого общества перед астрономией выдвигались все новые и новые задачи, для решения которых нужны были более совершенные способы наблюдений и более точные методы расчетов. Постепенно стали создаваться простейшие астрономические инструменты и разрабатываться математические методы обработки наблюдений.

В Древней Греции астрономия была уже одной из наиболее развитых наук. Для объяснения видимых движений планет греческие астрономы, крупнейший из них Гиппарх (II в. до н.э.), создали геометрическую теорию эпициклов, которая легла в основу геоцентрической системы мира Птолемея (II в. до н.э.). Будучи принципиально неверной, система Птолемея, тем не менее, позволяла вычислять приближенные положения планет на небе и потому удовлетворяла, до известной степени, практическим запросам человека в течение нескольких веков.

Системой мира Птолемея завершается этап развития древнегреческой астрономии.

В средние века наибольшего развития астрономия достигла в странах Средней Азии и Кавказа, в трудах выдающихся астрономов того времени – Аль-Баттани (850–929 гг.), Бируни (973–1048 гг.), Улугбека (1394–1449) и др.

Правитель Самарканда Улугбек, будучи просвещенным государственным деятелем  и крупным астрономом, привлекая в Самарканд ученых, выстроил для них грандиозную обсерваторию. Таких крупных обсерваторий не было нигде ни до Улугбека, ни долгое время после него. Самым замечательным из трудов самаркандских астрономов были "Звездные таблицы" – каталог, содержащий точные положения на небе 1018 звезд. Он долго оставался самым полным и самым точным: европейские астрономы переиздавали его еще спустя два века. Не меньшей точностью отличались и таблицы движений планет.

В период возникновения и становления капитализма, пришедшего на смену феодальному обществу, в Европе началось дальнейшее развитие астрономии. Особенно быстро она развивалась в эпоху великих географических открытий (XV–XVI вв.).

Развитие производительных сил и требование практики, с одной стороны, и накопленный наблюдательный материал – с другой, подготовили почву для революции в астрономии, которую и произвел польский ученый Николай Коперник (1473–1543), разработавший свою гелиоцентрическую систему мира, опубликованную за год до его смерти.

Учение Коперника явилось началом нового этапа в развитии астрономии. Кеплером в 1609–1618 гг. были открыты законы движения планет, а в 1687 г. Ньютон опубликовал закон всемирного тяготения.

Новая астрономия получила возможность изучать не только видимые, но и действительные движения небесных тел. Ее многочисленные и блестящие успехи в этой области увенчались в середине XIX в. открытием планеты Нептун, а в наше время – расчетом орбит искусственных небесных тел.

Следующий, очень важный этап в развитии астрономии начался сравнительно недавно – с середины XIX в., когда возник спектральный анализ и в астрономии стала применяться фотография. Эти методы дали возможность астрономам начать изучение физической природы небесных тел и значительно расширить границы исследуемого пространства. Возникла астрофизика, получившая особенно большое развитие в XX в. В 40-х годах XX в. стала развиваться радиоастрономия, а в 1957 г. было положено начало качественно новым методам исследований, основанным на использовании искусственных небесных тел, что в дальнейшем привело к возникновению фактически нового раздела астрофизики – рентгеновской астрономии.

Запуск искусственного спутника Земли (1957 г., СССР), космических станций (1958 г., СССР), первые полеты человека в космос (1961 г., СССР), первая высадка людей на Луну (1969 г., США) – эпохальные события для всего человечества. За ними последовала доставка на Землю лунного грунта, посадка спускаемых аппаратов на поверхность Венеры и Марса, посылка автоматических межпланетных станций к более далеким планетам Солнечной системы. Исследование Вселенной продолжается.

**Астрономия в Древнем Вавилоне**

Вавилонская культура – одна из древнейших культур на земном шаре – восходит своими корнями к IV тысячелетию до н. э. Древнейшими очагами этой культуры были города Шумера и Аккада, а также Элама, издавна связанного с Двуречьем. Вавилонская культура оказала большое влияние на развитие древних народов Передней Азии и античного мира. Одним из наиболее значительных достижений шумерийского народа было изобретение письменности, появившейся в середине IV тысячелетия до н.э. Именно письменность позволила установить связь не только между современниками, но даже между людьми различных поколений, а также передать потомству важнейшие достижения культуры.

Развитие хозяйственной жизни, главным образом земледелия, приводило к необходимости установления календарных систем, которые возникли уже в шумерийскую эпоху. Для создания календаря надо было иметь некоторые знания в области астрономии. Древнейшие обсерватории устраивались обычно на верхней площадке храмовых башен (зиккуратов), развалины которых были найдены в Уре, Уруке и Ниппуре. Вавилонские жрецы умели отличать звезды от планет, которым были даны особые названия. Сохранились перечни звезд, которые были распределены по отдельным созвездиям. Была установлена эклиптика (годичный путь Солнца по небесной сфере), которую разделили на 12 частей и соответственно на 12 зодиакальных созвездий, многие названия которых (Близнецы, Рак, Скорпион, Лев, Весы и т. д.) сохранились до наших дней. В различных документах регистрировали наблюдения над планетами, звездами, кометами, метеорами, солнечными и лунными затмениями.

О значительном развитии астрономии говорят данные, фиксирующие моменты восхода, захода и кульминации различных звезд, а также умение вычислять промежутки времени, их разделяющие.

В VIII–VI вв. вавилонские жрецы и астрономы накопили большое количество знаний, имели представление о процессии (предварения равноденствий) и даже предсказывали затмения.

Некоторые наблюдения и знания в области астрономии позволили построить особый календарь, отчасти основанный на лунных фазах. Основными календарными единицами счета времени были сутки, лунный месяц и год. Сутки делились на три стража ночи и три стража дня. Одновременно с этим сутки делились на 12 часов, а час – на 30 минут, что соответствует шестеричной системе счисления, лежавшей в основе вавилонской математики, астрономии и календаря. Очевидно, и в календаре отразилось стремление разделить сутки, год и круг на 12 больших и 360 малых частей.

Начало каждого лунного месяца и его продолжительность определялись каждый раз специальными астрономическими наблюдениями, так как начало каждого месяца должно было совпадать с новолунием. Различие между календарным и тропическим годом исправлялось при помощи вставочного месяца, что устанавливалось распоряжением государственной власти.

**Астрономия в Древнем Египте**

Египетскую астрономию создала необходимость вычислять периоды разлива Нила. Год исчислялся по звезде Сириус, утреннее появление которой после временной невидимости совпадало с ежегодным наступлением половодья. Большим достижением древних египтян было составление довольно точного календаря. Год состоял из 3 сезонов, каждый сезон – из 4 месяцев, каждый месяц – из 30 дней (трех декад по 10 дней). К последнему месяцу прибавляли 5 добавочных дней, что позволяло совмещать календарный и астрономический год (365 дней). Начало года совпадало с подъемом воды в Ниле, то есть с 19 июля, днем восхода самой яркой звезды – Сириуса. Сутки делили на 24 часа, хотя величина часа была не одинаковой, как сейчас, а колебалась, в зависимости от времени года (летом дневные часы были длинными, ночные – короткими, зимой – наоборот). Египтяне хорошо изучили видимое простым глазом звездное небо, они различали неподвижные звезды и блуждающие планеты. Звезды были объединены в созвездия и получили имена тех животных, контуры которых, по мнению жрецов, они напоминали («бык», «скорпион», «крокодил» и др.).

Постоянные наблюдения над небесными светилами дали возможность установить своеобразную карту звездного неба. Такие звездные карты сохранились на потолках храмов и гробниц. В гробнице архитектора и вельможи времени XVIII династии Сенмута изображена интересная астрономическая карта. В центральной ее части можно различить созвездия Большой и Малой Медведицы и известной египтянам Полярной Звезды. В южной части неба изображены Орион и Сириус (Сотис) в виде символических фигур, как обычно изображали созвездия и звезды египетские художники.

Замечательные звездные карты и таблицы расположения звезд сохранились и на потолках царских гробниц XIX и XX династий. При помощи таких таблиц расположения звезд, пользуясь пассажным, визирным инструментом, два египетских наблюдателя, сидящие в направлении меридиана, определяли время ночью. Днем для определения времени пользовались солнечными и водяными часами (позднейшая клепсидра). Древними картами расположения звезд пользовались и позднее, в греко-римскую эпоху; такие карты сохранились в храмах этого времени в Эдфу и Дендера.

К периоду Нового царства относится изложение догадки о том, что соответствующие созвездия находятся на небе и днем; они невидимы только потому, что тогда на небе находится Солнце.

**Астрономия в Древней Греции**

Астрономические знания, накопленные в Египте и Вавилоне заимствовали древние греки. В VI в. до н. э. греческий философ Гераклит высказал мысль, что Вселенная всегда была, есть и будет, что в ней нет ничего неизменного – все движется, изменяется, развивается. В конце VI в. до н. э. Пифагор впервые высказал предположение, что Земля имеет форму шара. Позднее, в IV в. до н. э. Аристотель при помощи остроумных соображений доказал шарообразность Земли. Он утверждал, что лунные затмения происходят, когда Луна попадает в тень, отбрасываемую Землей. На диске Луны мы видим край земной тени всегда круглым. И сама Луна имеет выпуклую, скорее всего, шарообразную форму.

В то же время Аристотель считал Землю центром Вселенной, вокруг которой обращаются все небесные тела. Вселенная, по мнению Аристотеля, имеет конечные размеры – ее как бы замыкает сфера звезд. Своим авторитетом, который и в древности, и в средние века считался непререкаемым, Аристотель закрепил на много веков ложное мнение, что Земля – неподвижный центр Вселенной. И все-таки, не все ученые поддерживали точку зрения Аристотеля по этому вопросу.

Живший в III в. до н. э. Аристарх Самосский полагал, что Земля обращается вокруг Солнца. Расстояние от Земли до Солнца он определил в 600 диаметров Земли (в 20 раз меньше действительного). Однако это расстояние Аристарх считал ничтожным по сравнению с расстоянием от Земли до звезд.

Эти гениальные мысли Аристарха, через много веков подтвержденные открытием Коперника, не были поняты современниками. Аристарха обвинили в безбожии и осудили на изгнание, а его правильные догадки были забыты.

В конце IV в. до н. э. после походов и завоеваний Александра Македонского греческая культура проникла во все страны Ближнего Востока. Возникший в Египте город Александрия стал крупнейшим культурным центром.

В Александрийской академии, объединившей ученых того времени, в течение нескольких веков велись астрономические наблюдения уже при помощи угломерных инструментов. В III в. до н. э. александрийский ученый Эратосфен впервые определил размеры земного шара. Вот как о это сделал. Было известно, что в день летнего солнцестояния в полдень Солнце освещает дно глубоких колодцев в г. Сиена (теперь Асуан), т.е. бывает в зените. В Александрии же в этот день Солнце не доходит до зенита. Эратосфен измерил, насколько полуденное Солнце в Александрии отклонено от зенита, и получил величину, равную 7°12ў, что составляет 1/50 окружности (рис. 1). Это ему удалось сделать при помощи прибора, называемого скафисом. Скафис (рис. 2) представляет собой чашу в форме полушария. В центре ее отвесно укреплялась игла. Тень от иглы падала на внутреннюю поверхность скафиса. Для измерения отклонения Солнца от зенита (в градусах) на внутренней поверхности скафиса проводились окружности, помеченные числами. Если, например, тень доходила до окружности, помеченной числом 40, Солнце стояло на 40° ниже зенита. Построив чертеж, Эратосфен правильно заключил, что Александрия отстоит от Сиены на 1/50 окружности Земли. Чтобы узнать окружность Земли, оставалось измерить расстояние от Александрии до Сиены и умножить его на 50. Это расстояние было определено по числу дней, которые тратили караваны верблюдов на переход между городами.

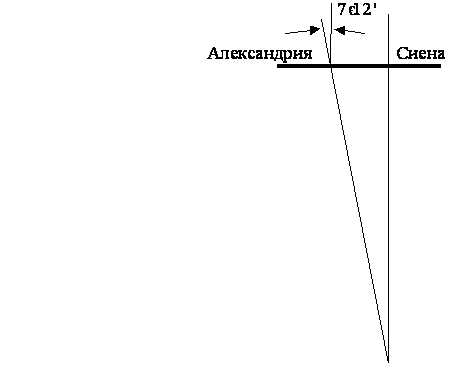


Рис.1. Схема направления солнечных лучей: в Сиене они падают вертикально, в Александрии – под углом 7°12”.

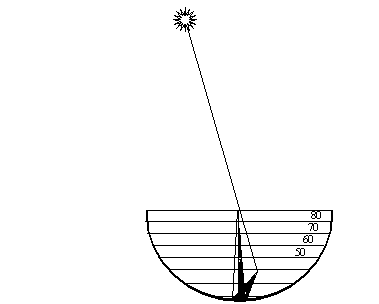


Рис. 2. Скафис – древний прибор для определения высоты Солнца над горизонтом (в разрезе).

Размеры земли, определенные Эратосфеном (средний радиус Земли у него получился равным 6290 км – в переводе на современные единицы измерения) близки к тем, которые определены точными приборами в наше время.

Во II в. до н. э. великий александрийский астроном Гиппарх, используя уже накопленные наблюдения, составил каталог более, чем 1000 звезд с довольно точным определением их положения на небе. Гиппарх разделил звезды на группы и к каждой из них отнес звезды примерно одинакового блеска. Звезды с наибольшим блеском он назвал звездами первой величины, звезды с несколько меньшим блеском – звездами второй величины и т.д. Гиппарх правильно определил размеры Луны и ее расстояние от Земли. Он вывел продолжительность года с очень малой ошибкой – только на 6 минут. Позднее, в I в. до н. э., александрийские астрономы участвовали в реформе календаря, предпринятой Юлием Цезарем. Этой реформой был введен календарь, действовавший в Западной Европе до XVI – XVII вв., а в нашей стране – до 1917 года.

Гиппарх и другие астрономы его времени много внимания уделял наблюдениям за движением планет.  Эти движения представлялись им крайне запутанными. В самом деле, направление движения планет по небу как будто периодически меняется – планеты как бы описывают в небе петли. Эта кажущаяся сложность в движении планет вызывается движением Земли вокруг Солнца – ведь мы наблюдаем планеты с Земли, которая сама движется. И когда Земля «догоняет» другую планету, то кажется, что планета как бы останавливается, а потом движется назад. Но древние астрономы, считавшие Землю неподвижной, думали, что планеты действительно совершают такие сложные движения вокруг Земли.

Во II в. до н. э. александрийский астроном Птолемей выдвинул свою систему мира, позднее названной геоцентрической: неподвижная Земля в ней была расположена в центре Вселенной. Вокруг Земли, по Птолемею, движутся (в порядке удаленности от Земли) Луна, Меркурий, Венера, Солнце, Марс, Юпитер, Сатурн, звезды (рис.3). Но если движение Луны, Солнца, звезд правильное, круговое, то движение планет гораздо сложнее. Каждая из планет, по мнению Птолемея, движется не вокруг Земли, а вокруг некоторой точки. Точка эта, в свою очередь, движется по кругу, в центре которого находится Земля. Круг, описываемый планетой вокруг точки, Птолемей назвал эпициклом, а круг, по которому движется точка относительно Земли – деферентом.

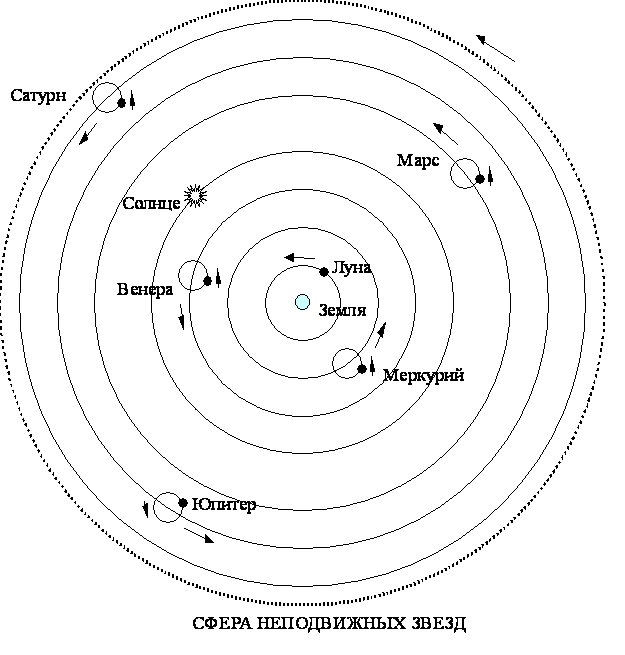
Система мира Аристотеля-Птолемея казалась правдоподобной. Она давала возможность заранее вычислять движение планет на будущее время – это было необходимо для ориентировки в пути во время путешествий и для календаря. Геоцентрическую систему признавали почти полторы тысячи лет!

Рис. 3. Система мира по Птолемею.

**Астрономия в Древней Индии**

 Наиболее ранние сведения о естественнонаучных знаниях индийцев относятся к эпохе Индской цивилизации, датирующейся III тысячелетием до н.э. До нас дошли краткие записи, сделанные на печатях и амулетах и значительно реже на орудиях и оружии. Как правило, крупные города Индии располагались или на берегу океана, или вдоль побережья больших судоходных рек. Для ориентации при передвижении судов в океане требовалось изучать небесные тела и созвездия. Другим побудительным мотивом развития астрономии была потребность измерять интервалы времени.

Вследствие общности черт древнеиндийской цивилизации с древнейшими культурами Вавилона и Египта и наличия между ними контактов, хотя и не регулярных, можно полагать, что ряд астрономических явлений, известных в Вавилоне и Египте, был также известен в Индии.

Сведения по астрономии можно найти в имеющей религиозно-философское направление ведической литературе, относящейся ко II–I тысячелетию до н.э. Там содержатся, в частности, сведения о солнечных затмениях, интеркаляциях с помощью тринадцатого месяца, список накшатр – лунных стоянок; наконец, космогонические гимны, посвященные богине Земли, прославление Солнца, олицетворение времени как начальной мощи, также имеют определенное отношение к астрономии.

В ведическую эпоху Вселенная считалась разделенной на три различные части – региона: Земля, небесный свод и небо. Каждый регион в свою очередь также делился на три части. Солнце во время своего прохождения через Вселенную освещает все эти регионы и их составляющие. Эти идеи неоднократно выражались в гимнах и строфах «Ригведы» – самой ранней по времени составления.

В ведической литературе встречается упоминание о месяце – одной из ранних естественных единиц времени, промежутке между последовательными полнолуниями или новолуниями. Месяц делился на две части, две естественные половины: светлая половина – шукла – от полнолуния до новолуния, и темная половина – кришна – от полнолуния до новолуния. Первоначально лунный синодический месяц определялся в 30 дней, затем он был более точно вычислен в 29,5 дней. Звездный месяц был больше 27, но меньше 28 дней, что нашло свое дальнейшее выражение в системе накшатр – 27 или 28 лунных стоянок.

Сведения о планетах упоминаются в тех разделах ведической литературы, которые посвящены астрологии. Семь адитья, упомянутые в «Ригведе», можно трактовать как Солнце, Луну и пять известных в древности планет – Марс, Меркурий, Юпитер, Венера, Сатурн.

Звезды уже давно использовались для ориентировки в пространстве и во времени. Тщательные наблюдения показали, что расположение звезд в один и тот же час ночи со временем года постепенно изменяется. Постепенно то же самое расположение звезд наступает раньше; самые западные звезды исчезают в вечерних сумраках, а на рассвете на восточном горизонте появляются новые звезды, восходя все раньше с каждым последующим месяцем. Это утреннее появление и вечернее исчезновение, определяемое годичным движением Солнца по эклиптике, повторяется каждый год в одну и ту же дату. поэтому было очень удобно использовать звездные явления для фиксирования дат солнечного года.

В отличие от вавилонских и древнекитайских астрономов, ученые Индии практически не интересовались изучением звезд как таковых и не составляли звездных каталогов. Их интерес к звездам в основном сосредотачивался на тех созвездиях, которые лежали н эклиптике или вблизи нее. Выбором подходящих звезд и созвездий они смогли получить звездную систему для обозначения пути Солнца и Луны. Эта система среди индийцев получила название «системы накшатры», среди китайцев – «системы сю», среди арабов – «системы маназилей».

Самые ранние сведения о накшатрах встречаются в «Ригведе», где термин «накшатра» употребляется как для обозначения звезд, так и для обозначения лунных стоянок. Лунные стоянки представляли собой небольшие группы звезд, удаленные друг от друга примерно на 13°, так что Луна при своем движении по небесной сфере каждую следующую ночь оказывалась в следующей группе.

Полный список накшатр впервые появился в «Черной Яджурведе» и «Атхарваведе», которые были составлены позднее «Ригведы». Древнеиндийские системы накшатр соответствуют лунным стоянкам, приведенным в современных звездных каталогах.

Так, 1-я накшатра «Ашвини» соответствует звездам b и g созвездия Овен; 2-я, «Бхарани» – части созвездия Овен; 3-я, «Криттика» – созвездию Плеяды; 4-я, «Рохини» – части созвездия Телец; 5-я, «Мригаширша» – части созвездия Орион и т.д.

В ведической литературе приводится следущее деление дня: 1 сутки состоят из 30 мухурта, мухурта в свою очередь делится на кшипру, этархи, идани; каждая единица меньше предыдущей в 15 раз.

Таким образом, 1 мухурта = 48 минутам, 1 кшипра = 3,2 минуты; 1 этархи = 12,8 секунды, 1 идани = 0,85 секунды.

Продолжительность года чаще всего составляла 360 дней, которые делили на 12 месяцев. Поскольку это на несколько дней меньше истинного года, к одному или нескольким месяцам прибавляли 5-6 дней или через несколько лет добавляли тринадцатый, так называемый интеркаляционный месяц.

Следующие сведения по индийской астрономии относятся к первым векам нашей эры. Сохранились несколько трактатов, а также сочинение «Ариабхатийа» крупнейшего индийского математика и астронома Ариабхаты I , родившегося в 476 г. В своем сочинении Ариабхата высказал гениальную догадку: ежедневное вращение небес – только кажущееся вследствие вращения Земли вокруг своей оси. Это было чрезвычайно смелой гипотезой, которая не была принята последующими индийскими астрономами.

**Астрономия в Древнем Китае**

Древнейший период развития китайской цивилизации относится ко времени царств Шан и Чжоу. Потребности повседневной жизни, развитие земледелия, ремесла побуждали древних китайцев изучать явления природы и накапливать первичные научные знания. Подобные знания, в частности, математические и астрономические, уже существовали в период Шан (Инь). Об этом свидетельствуют как литературные памятники, так и надписи на костях. Предания, вошедшие в «Шу цзин», рассказывают о том, что уже в древнейшие времена было известно деление года на четыре сезона. Путем постоянных наблюдений китайские астрономы установили, что картина звездного неба, если ее наблюдать изо дня в день в одно и то же время суток, меняется. Они подметили закономерность в появлении на небесном своде определенных звезд и созвездий и временем наступления того или иного сельскохозяйственного сезона года.

Установив эту закономерность, они в дальнейшем уже могли сказать земледельцу, что тот или иной сельскохозяйственный сезон начинается тогда, когда на горизонте появится определенная звезда или созвездие. Такие выдающиеся ориентировочные светила (по-китайски называемые «чэн») наблюдались астрономами древности в вечернее время суток сразу же после захода Солнца или в утреннее, перед самым восходом его.

Нужно отметить, что если египтяне для своей календарной системы пользовались гелиактическим [1] восходом Сириуса (a Большого Пса) [2], халдейские жрецы – гелиактическим восходом Капеллы (a Возничего), то у древних китайцев мы можем проследить смену нескольких «чэн»: звезды «Дахо» (Антарес, a Скорпиона); созвездия «Цан» (Орион); созвездия «Бэй доу» – «Северный ковш» (Большая Медведица). Эти «чэн», как явствует из китайских источников, употреблялись во времена, предшествующие Чжоуской эпохе, т.е. ранее XII в. до н.э. В известных комментариях к книге «Чуньцю», составленных в III в. до н.э., есть такая фраза: «Дахо является великим ориентировочным светилом; Цан является великим ориентировочным светилом, и «самое северное» [Большая Медведица] тоже является великим ориентировочным светилом».

С древних времен в Китае год делился на четыре сезона. Очень важным было наблюдение акронического восхода «Огненной звезды» (Антарес). Ее восход происходил около момента весеннего равноденствия. За ее появлением на небесном своде следили астрономы и извещали жителей о наступлении весны.

Существует легенда, что император Яо приказал своим ученым составить календарь, которым могли бы пользоваться все жители страны. Для сбора сведений и производства необходимых астрономических наблюдений за Солнцем, Луной, пятью планетами и звездами в разных местах государства он послал четырех своих высших чиновников, ведавших при дворе астрономическими работами, братьев Си и братьев Хэ, в четырех направлениях: на север, юг, восток и запад. В книге «Шуцзин» глава «Яодянь» («Устав владыки Яо») в записи, описывающий период времени между 2109 и 2068 гг. до н.э. говорится: «владыка Яо приказывает своим астрономам Си и Хо поехать на окраины страны на восток, юг, запад и север для определения по звездному небу четырех времен года, а именно весеннего и осеннего равноденствий и зимнего и летнего солнцестояний. Далее Яо указывает, что продолжительность года равна 366 дням и дает распоряжение пользоваться методом «вставочной тринадцатой Луны» для «правильности календаря».

Календарь, связанный с сезонами, определяемыми по движению Солнца, являлся солнечным календарем, он был удобен для земледельца. Продолжительность тропического года китайцы знали уже в глубокой древности. В «Яодянь» говорится: «широко известно, что три сотни дней и шесть декад и шесть дней составляют полный год».

Вместе с тем в Китае, да, очевидно, не только в Китае, а почти у всех народов на известной стадии развития, с незапамятных времен находился в употреблении календарь, связанный со счетом дней по фазам Луны. Древнекитайские астрономы установили, что период от новолуния до следующего новолуния (синодический месяц) равняется примерно двадцати девяти с половиной дням.

Трудность сочетания солнечного и лунного календарей состоит в том, что продолжительность тропического года и синодического месяца несоизмеримы. Поэтому для их сочетания применялся вставной месяц. В «Яодянь» сказано: «четыре времени года сочетаются вставным месяцем».

В книге «Кайюаньчжандан» [3] и в книге «Ханьшу» – летописи династии Хань (206 г до н.э. – 220 г н.э.) имеется упоминание о шести календарях, составленных во времена полулегендарных императоров: Хуан-ди (2696–2597 гг. до н.э.), Чжуан-сюй (2518–2435 гг. до н.э.), в эпоху Ся (2205–1766 гг. до н.э.), а также во времена династий Инь (1766–1050 гг. до н.э.), Чжоу (1050–247 гг. до н.э.) и государства Лу (VII в. до н.э.)

Таким образом, можно сказать, что календарь в Китае зародился в самые древнейшие времена, вероятно, во II–III тысячелетиях до н.э.

В 104 г. до н. э. в Китае была созвана обширная конференция астрономов, посвященная вопросу улучшения действовавшей в то время календарной системы «Чжуань-сюй ли. После оживленной дискуссии на конференции была принята официальная календарная система «Тайчу ли», названная так в честь императора Тай-чу.

Следует сказать, что если календари эпох Инь и Чжоу давали только сведения о том, какой день следует считать началом года, как распределяются дни по месяцам, каким образом вставляется добавочный месяц или день, то календарь «Тайчу ли» помимо указанных сведений содержал данные о продолжительности года и отдельных сельскохозяйственных сезонов, о моментах новолуния и полнолуния, о продолжительности каждого месяца в году, о моментах затмений Луны, сведения о пяти планетах.

Были вычислены и моменты затмений Солнца, но так как люди в древности боялись этого явления, то данные о затмении Солнца в текст календаря, который получил широкое распространение, не были включены. В календаре были указаны также «удачные дни», когда небесные тела, по мнению астрономов, расположены благоприятно для свершения или начала тех или иных дел.

Календарь «Тайчу ли» был первой официальной календарной системой, принятой китайским правительством.

**Вопросы для самоконтроля .**

1.Что такое Астрономия

2. Астрономия в древности

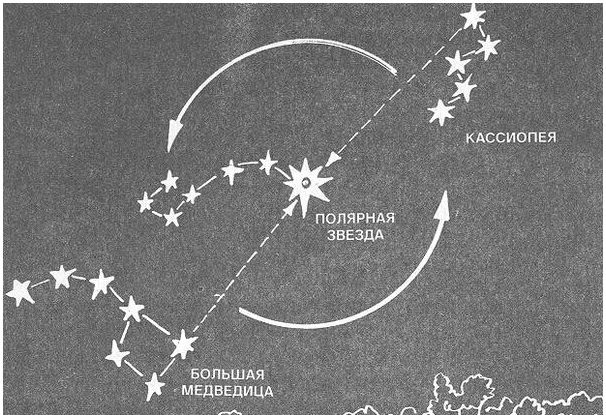
**Тема 1.1.2.Звезное небо.**

Астрономия является одной из древнейших наук. Предметом изучения астрономии является огромное количество объектов, от метеорных песчинок, которые сгорают в атмосфере Земли до необъятных просторов Вселенной. В зависимости от изучаемой области астрономии, её разделяют на отдельные части. Одним из разделов в курсе общей астрономии является Сферическая астрономия или как её ещё называют Астрометрия. Она изучает положение и вращение Земли, движение небесных объектов, путём измерения углов на небе, для чего необходимы длительные наблюдения небесных тел. Главными целями Сферической астрономии является:

*- Установление систем небесных координат;*

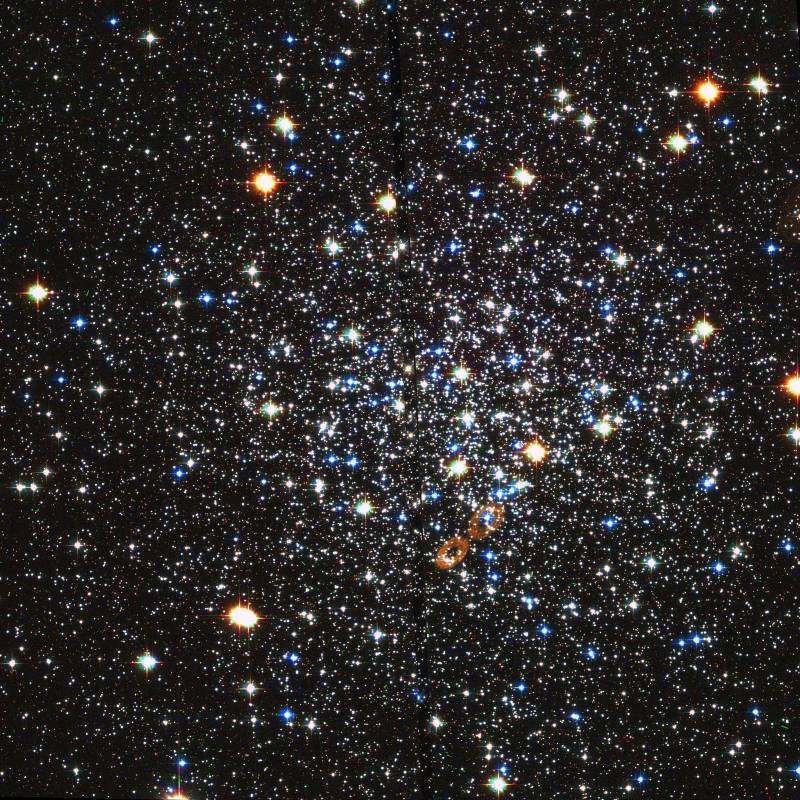
*- Получение параметров, характеризующих наиболее полно закономерности вращения Земли.*

[*Сферическая астрономи*](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%8F)*я,* разрабатывает математические методы определения видимых положений и движений небесных тел с помощью различных систем координат, а также теорию закономерных изменений координат светил со временем.

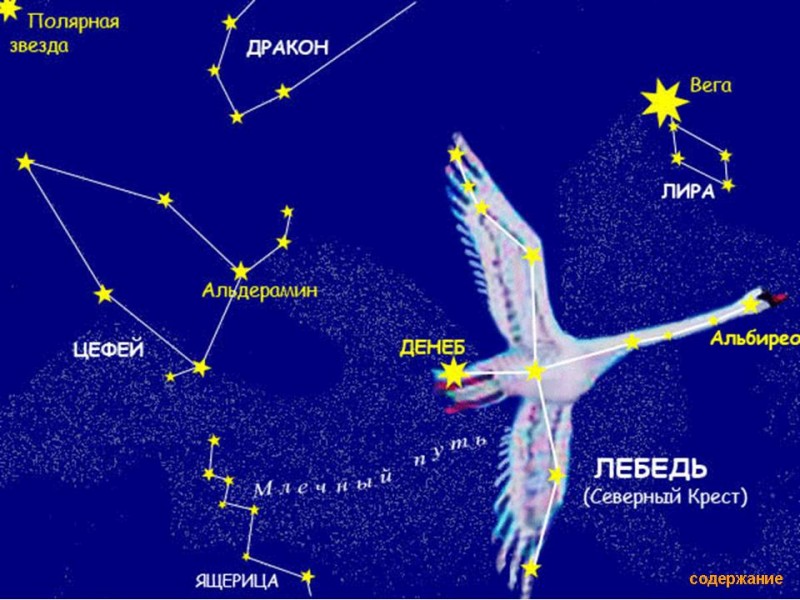


       Главными элементами Сферической астрономии ещё с древности считаются:

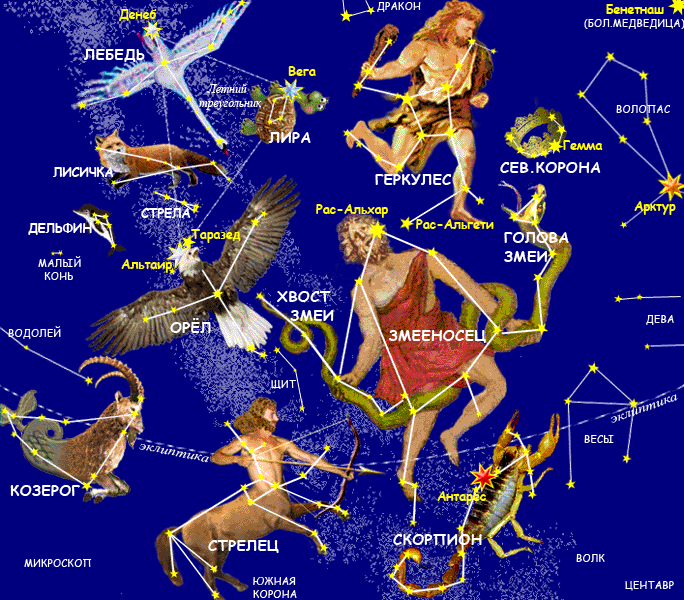
*Звёзды*и их расположение на небе*.* Невооружённым глазом в ночном небе в одном полушарии, мы можем увидеть *3000 звёзд*, а в обоих полушариях *6000 звёзд*.



*Созвездия* – звёзды, объединённые в одну группу, для удобства ориентира в небе и навигации на Земле. Зачастую, имеющие свои названия из слагаемых легенд за умозаключительную схожесть с мифическими персонажами. Все небо разделено на *88 созвездии*, которые можно найти по характерному для них расположению звезд. Созвездия находят, мысленно соединяя их ярчайшие звезды прямыми линиями в некую фигуру. В каждом созвездии яркие звезды издавна обозначали греческими буквами, самую яркую α (альфа), далее β (бета), γ и т.д. по алфавиту в порядке убывания яркости звезд. Например, Полярная - это α Малой Медведицы. Зная α Большой Медведицы, можно без особого труда отыскать Малую Медведицу. Если зрительно провести прямую линию от β к α Большой Медведицы, они укажут на полярную звезду. Самые яркие звезды северного полушария: α созвездия Лиры – звезда Вега, α Волопаса – Арктур, а в южном полушарии и на всем небе α Большого Пса – Сириус. К наиболее ярким звездам *летнего периода* относят: *белые звезды*: *Вега* в созвездии *Лиры*, *Альтаир* в созвездии *Орла* и *Денеб* в созвездии *Лебедь*, видны летом и осенью – так называемый летний треугольник.



*Зодиакальные созвездия* – созвездия, которые находятся на линии годичного движения Солнца – эта линия называется *эклиптика*. В каждом из них, Солнце находится около месяца. Сегодня принято считать, что зодиакальных созвездий *12*, но на самом деле Солнце в своём движении пересекает *13 созвездий*. *13* созвездие называется *Змееносец* и находится между созвездиями *Скорпион* и *Стрелец*, но для удобства оно было убрано из числа зодиакальных.



       Все звезды кажутся одинаково далёкими от нас, но истинное расстояние до них различно, и определить его можно только путем очень точных измерений и расчетов. Из-за осевого вращения Земли, звезды нам кажутся перемещающимися по небу, но при внимательном наблюдении можно заметить, что Полярная звезда почти не меняет своего положения относительно горизонта. Другие же звезды описывают в течении суток полный круг с центром вблизи Полярной. Это можно легко проверить, проведем небольшой опыт. Необходимо закрепить на штативе фотоаппарат, навести его на полярную звезду, и поставить длительную выдержку. В результате, мы получим фото, на котором увидим концентрические дуги – следы путей звезд. Общий центр этих дуг – точка, которая остается неподвижной при суточном движении звезд, условно называется *северным полюсом мира*. Диаметрально противоположная ему точка называется *южным полюсом мира*. Вращение звёзд происходит с Востока на Запад.

**1.1.2.ЛЕТОИСЧИСЛЕНИЕ И ЕГО ТОЧНОСТЬ**

В результате наблюдений за изменением положения Солнца над горизонтом в течение многих месяцев возникла третья мера времени – год.

Год – промежуток времени, в течение которого Солнце [Земля] делает один полный оборот вокруг Земли [Солнца] относительно какого-либо ориентира (точки).

Звездный год – сидерический (звездный) период обращения Земли вокруг Солнца, равный 365,256320... средних солнечных суток.

Аномалистический год – промежуток времени между двумя последовательными прохождениями Земли через избранную точку своей орбиты (обычно, перигелий), равен 365,259641... средних солнечных суток.

Тропический год – промежуток времени между двумя последовательными прохождениями среднего Солнца через точку весеннего равноденствия, равный 365,2422... средних солнечных суток или 365d 05h 48m 46,1s.

Всемирное время определяется как местное среднее солнечное время на нулевом (Гринвичском) меридиане.

Поверхность Земли разбита на 24 участка, ограниченных меридианами – часовые пояса. Нулевой часовой пояс расположен симметрично относительно нулевого (гринвичского) меридиана. Нумерация поясов дается от 0 до 23 с запада на восток. Реальные границы поясов совмещены с административными границами районов, областей или государств. Центральные меридианы часовых поясов отстоят друг от друга ровно на 15° (1 час), поэтому при переходе из одного часового пояса в другой время изменяется на целое число часов, а число минут и секунд не изменяется. Новые календарные сутки (и Новый год) начинаются на линии перемены даты (демаркационной линии), проходящей в основном по меридиану 180° восточной долготы вблизи северо-восточной границы Российской Федерации. Западнее линии перемены дат число месяца всегда на единицу больше, нежели к востоку от нее.

При пересечении этой линии **с запада на восток** календарное число уменьшается на единицу, а при пересечении линии с востока на запад календарное число увеличивается на единицу, что исключает ошибку в счете времени при кругосветных путешествиях и перемещениях людей из Восточного в Западное полушария Земли.

Поясное время определяется по формуле:

TП = T0 + n , где Т0 – всемирное время; n – номер часового пояса.

Декретное время – поясное время, измененное на целое число часов правительственным распоряжением. Все государства Европейского Союза живут по среднеевропейскому времени I часового пояса. Для России равно TД = TП + 1.

Московское время – декретное время второго часового пояса (плюс 1

час): Tм = T0 + 3 (часа).

Летнее время – декретное поясное время, изменяемое дополнительно на плюс 1 час по правительственному распоряжению на период летнего времени с целью экономии энергоресурсов.

**Тема 1.1.3.Оптическая астрономия**

Оптическая астрономия - самый старый раздел астрономии, изучающий различными физическими методами эл.-магн. излучение небесных объектов в диапазоне длин волн от 0,3 до 10 мкм (оптич. окно [прозрачности земной атмосферы](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%CF%F0%EE%E7%F0%E0%F7%ED%EE%F1%F2%FC%20%E7%E5%EC%ED%EE%E9%20%E0%F2%EC%EE%F1%F4%E5%F0%FB)). При работе оптич. телескопов вне атмосферы (на ИСЗ) их волновой диапазон несколько расширяется за счёт участков ИК- и УФ-диапазонов, примыкающих к оптич. диапазону.

Осн. масса вещества Вселенной, излучающего в оптич. диапазоне, сосредоточена в звёздах. Эл.-магн. излучение [звёзд](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%C7%E2%E5%E7%E4%FB) и [межзвёздного газа](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%CC%E5%E6%E7%E2%E5%E7%E4%ED%FB%E9%20%E3%E0%E7) генерируется гл. обр. за счёт энергии теплового движения ионов и электронов и наз. [тепловым излучением](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%D2%E5%EF%EB%EE%E2%EE%E5%20%E8%E7%EB%F3%F7%E5%ED%E8%E5). Различают неск. типов энергетич. переходов частиц, порождающих тепловое излучение: 1) свободно-свободные переходы электрона в электрич. поле иона; электрон, испустивший (поглотивший) фотон, остаётся свободным; спектр излучения в этом случае непрерывный, он характерен для сильно ионизованного газа при высокой темп-ре; 2) свободно-связанные переходы при рекомбинации свободного электрона с ионом; они дают непрерывный спектр излучения с длиной волны короче предела [спектральной серии](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%D1%EF%E5%EA%F2%F0%E0%EB%FC%ED%FB%E5%20%F1%E5%F0%E8%E8); 3) связанно-связанные переходы электрона в атоме с одного [уровня энергии](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%D3%F0%EE%E2%ED%E8%20%FD%ED%E5%F0%E3%E8%E8) на другой с испусканием или поглощением фотона, они порождают излучение или поглощение в [спектральных линиях](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%D1%EF%E5%EA%F2%F0%E0%EB%FC%ED%FB%E5%20%EB%E8%ED%E8%E8). Наличие спектр. линий в оптич. излучении небесных объектов даёт обширную информацию об их физ. характеристиках: темп-ре, хим. составе, плотности, скорости движения вещества и др.

Излучение нек-рых объектов в оптич. диапазоне носит нетепловой характер (см. [Нетепловое излучение](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%CD%E5%F2%E5%EF%EB%EE%E2%EE%E5%20%E8%E7%EB%F3%F7%E5%ED%E8%E5)). Это прежде всего [синхротронное излучение](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%D1%E8%ED%F5%F0%EE%F2%F0%EE%ED%ED%EE%E5%20%E8%E7%EB%F3%F7%E5%ED%E8%E5), характерное для [квазаров](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%CA%E2%E0%E7%E0%F0%FB), активных [ядер галактик](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%DF%E4%F0%E0%20%E3%E0%EB%E0%EA%F2%E8%EA), пульсаров и туманностей, образовавшихся в результате взрыва [сверхновых звёзд](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%D1%E2%E5%F0%F5%ED%EE%E2%FB%E5%20%E7%E2%E5%E7%E4%FB).

Приборы и инструменты О. а. непрерывно совершенствуются. [Проницающая сила](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%CF%F0%EE%ED%E8%F6%E0%FE%F9%E0%FF%20%F1%E8%EB%E0%20%F2%E5%EB%E5%F1%EA%EE%EF%E0) оптич. телескопов благодаря развитию традиционных и применению новых методов возросла за последние 25 лет в десятки и сотни раз. Методы повышения эффективности оптич. части телескопов рассмотрены в ст. [Оптический телескоп](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%CE%EF%F2%E8%F7%E5%F1%EA%E8%E9%20%F2%E5%EB%E5%F1%EA%EE%EF). Ниже будут рассмотрены различные методы регистрации оптич. излучения и аппаратура, помещаемая в фокус телескопа при исследованиях различных космических объектов.

Традиционно методы О. а. делятся на фотометрические и спектральные, хотя зачастую они пересекаются и взаимно дополняют друг друга в зависимости от конкретно решаемой задачи. Особый раздел О. а. составляют интерферометрические методы получения высокого углового разрешения. Эффективность методов О. а. определяется в значительной степени совершенством приёмника излучения, стоящего на выходе фотометрического, спектрального или интерференционного прибора.

**Фотометрические методы**

Астрономич. фотометрия занимается измерением потока излучения от небесных объектов для определения их осн. физ. характеристик. Потоком излучения *dF* наз. количество лучистой энергии, падающей в ед. времени по нормам на площадку *dS*:  
$dF(\lambda)=I(\lambda)\;d \omega\;d\lambda$ , (1)  
где $I(\lambda)$ - уд. интенсивность излучения звезды, $d\omega$ - телесный угол, под к-рым видна со звезды площадка $dS= r^2 d\omega$, $d\lambda$ - интервал длин волн. Поток излучения, приходящийся на ед. площади поверхности, наз. освещённостью поверхности:  
$dH(\lambda)={dF(\lambda)\over {dS}}={I(\lambda)\over{r^2}}\;d\lambda$ . (2)  
В практич. астрономии освещённость называют [блеском](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%C1%EB%E5%F1%EA) звезды (небесного светила) и измеряют не в эрг/см2 или Дж/м2, а в спец. относительных ед. - [звёздных величинах](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%C7%E2%E5%E7%E4%ED%FB%E5%20%E2%E5%EB%E8%F7%E8%ED%FB) *m*:  
$m=a-2,5\lg H(\lambda)$ , (3)  
где *а* - коэфф., определяющий начало (нуль-пункт) шкалы системы звёздных величин.

В спектрах реальных звёзд распределение энергии отклоняется от [закона излучения Планка](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%CF%EB%E0%ED%EA%E0%20%E7%E0%EA%EE%ED%20%E8%E7%EB%F3%F7%E5%ED%E8%FF). Эти отклонения связаны в основном с наличием в спектрах линий и полос поглощения, с потемнением к краю диска звезды и с др. причинами. Однако в первом приближении, измеряя блеск звезды на двух разных длинах волн, из ф-лы Планка можно определить темп-ру поверхности звезды. В этом состояло исторически первое достижение астрофотометрии. Совр. фотометрич. измерения, осуществляемые на разных длинах волн, позволяют определять многие физ. характеристики звёзд: темп-ру, массу, ускорение силы тяжести, аномалии хим. состава, скорость вращения звезды вокруг оси и др.

Фотографическая фотометрия (ФФ)  
существует уже более ста лет - со времени применения в астрономии первых фотоэмульсий. Измерение количества зарегистрированной фотопластинкой энергии производится по плотности почернения проявленной эмульсии. Фотопластинка обладает преимуществом перед всеми существующими и даже проектируемыми фотоэлектрич. приёмниками в том случае, когда требуется одновременно изучить огромное количество изображений звёзд, но погрешность измерения блеска звезды фотопластинкой ~ 10% от потока, или ~0,1*m*, что примерно на порядок ниже точности, достигаемой в электрофотометрии. Рекордная звёздная величина небесных объектов, зарегистрированных на фотопластинках при предельно длинных экспозициях на крупных телескопах, достигает 25*m*. Высокая проницающая способность ФФ при относительно низкой точности делает её незаменимой при решении поисковых и обзорных задач, а также различного рода задач звёздной статистики, когда одновременно требуется измерить потоки от сотен и тысяч звёзд в одинаковых условиях.

Измерения потока излучения от небесных объектов ведётся в стандартных интервалах длин волн *U, В, V, R, I* и др. (см. [Астрофотометрия](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%C0%F1%F2%F0%EE%F4%EE%F2%EE%EC%E5%F2%F0%E8%FF)). Ими пользуются как в фотографич., так и в фотоэлектрич. фотометрии.

Выбранный для исследований спектр. диапазон в ФФ реализуется сочетанием фотоэмульсии определённой спектр. чувствительности с цветным стеклянным фильтром. Напр., полоса *U* реализуется сочетанием несенсибилизированной эмульсии с фильтром УФС-6.

Осн. принцип ФФ состоит в том, что при одинаковых условиях свет равной интенсивности и одинакового спектр. состава вызывает одинаковый фотографич. эффект - степень почернения проявленной фотоэмульсии. Почернение оценивается по пропусканию света полученным фотографич. изображением. Пропускание зависит не только от яркости фиксируемого оптич. изображения, но и от распределения интенсивности в нём, к-рое определяется прежде всего диаметром изображения звезды. Размер изображения зависит от астроклиматич. условий во время экспозиции (см. [Астроклимат](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%C0%F1%F2%F0%EE%EA%EB%E8%EC%E0%F2)), точности наведения телескопа на объект, аберраций (погрешностей) оптич. системы телескопа, рассеяния света в эмульсии и от ряда др. причин. В первом приближении диаметр фокального изображения звезды *d* явл. ф-цией интенсивности падающего света *I* и они связаны полуэмпирич. ф-лой Росса:  
*d = А + B*lg*I* , (4)  
где *A* и *B* - пост. величины для данной фотопластинки. Если на фотопластинке имеются изображения звёзд, для к-рых интенсивности (и блеск) уже определены фотоэлектрич. методом, то, сравнивая диаметры их изображений с диаметрами изображений исследуемых звёзд, можно определить блеск последних.

В ФФ на крупных телескопах применяется т.н. кассета Ричи. Это устройство позволяет скомпенсировать ошибки слежения за звездой в течение длит. экспозиции, а также дрожание изображения звезды, возникающее из-за атмосферных помех.

Измерение потока излучения от исследуемого объекта по пропусканию света астронегативом - процесс трудоёмкий и кропотливый. Существует неск. вариантов быстродействующих и высокоточных автоматич. микрофотометров, сочленённых с ЭВМ, для измерения астронегативов. Такие системы позволяют за неск. часов извлечь практически всю фотометрич. информацию, содержащуюся в астронегативе размером 30 см$\times$30 см.

Фотоэлектрическая фотометрия.

|  |
| --- |
| http://images.astronet.ru/pubd/2003/04/21/0001189236/f458.gif |
| **Рис. 1. Оптическая схема фотоэлектрического фотометра: О - окулярный подсмотр для визуального совмещения звезды с диафрагмой фотометра, Ф - сменные цветные фильтры, Д - круглая сменная диафрагма, ЛФ - линза Фабри для фокусировки изображения на фотокатод ФЭУ.** |

С появлением высококачественных фотоэлектрич. умножителей (ФЭУ) электрофотометрия звёзд стала самым точным методом определения потоков излучения от небесных объектов. Погрешность измерений потока электрофотометром обычно составляет 0,01*m*, а с применением дифференциальной методики в хороших астроклиматич. условиях снижается до 0,005-0,003*m*. Столь высокая точность достигается благодаря тому, что совр. ФЭУ в режиме счёта фотонов явл. практически идеальным линейным приёмником с большим динамич. диапазоном (~ 106, т.е. ФЭУ может измерять потоки излучения, различающиеся в миллион раз), с квантовым выходом фотокатода 10-80%, с малыми ($\approx$1-10 имп/с) темновыми шумами (т.е. низким уровнем шумов при неосвещённом фотокатоде ФЭУ).

На рис. 1 показаны осн. узлы оптич. схемы электрофотометра. Диафрагма необходима для выделения исследуемого объекта. Для измерения потоков излучения звёзд употребляется круглая диафрагма с диаметром, примерно в 5 раз превышающим диаметр изображения звезды. При меньших размерах диафрагмы смещение изображения звезды от центра из-за атмосферного дрожания или ошибок гидирования будет приводить к изменению потока от звезды и, следовательно, к ошибкам фотометрирования. При больших размерах диафрагмы поток от видимой части неба будет соизмерим с потоком от звезды, а для слабых звезд он будет больше потока от звезды, что также снижает точность фотометрирования. При исследованиях протяжённых объектов (галактик, туманностей и т.п.) иногда используют диафрагму в виде узкой щели, к-рая служит для сканирования исследуемого объекта.

Анализ спектрального распределения энергии в объекте производится при помощи сменных фильтров Ф. Спектральная полоса пропускания выделяется подбором стеклянных (широкополосных) или интерференционных (узкололосных) фильтров с учётом спектральной чувствительности фотокатода ФЭУ (см. [Светофильтры](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%D1%E2%E5%F2%EE%F4%E8%EB%FC%F2%F0%FB)).

Многоканальные фотометры применяют для снижения погрешностей, обусловленных изменением прозрачности атмосферы, и для сокращения общего времени исследования объекта. Различают два типа многоканальных фотометров. Первый тип - многоцветные фотометры, в к-рых после диафрагмы Д стоит светоделительная плоскопараллельная пластинка, делящая, поток от звезды в нужной пропорции как по интенсивности, так и по цвету. Часть отражённого света делится ещё раз второй светоделит. пластинкой. Так получают три световых пучка от звезды, дающих при прохождении через стеклянные фильтры три полосы: *U, В, V*. Измерения производят одновременно тремя ФЭУ.

Второй тип - двухлучевые фотометры, они представляют собой фактически два независимых прибора, установленных в фокальной плоскости телескопа. Один фотометр измеряет поток от исследуемой звезды, другой одновременно - поток от опорной звезды. Двухлучевой фотометр почти полностью исключает ошибки за счёт изменения прозрачности атмосферы во время экспозиции, а его проницающая сила соответствует одноканальному варианту.

Электрофотометрия из всех методов О. а. (благодаря малому количеству элементов управления) лучше всего поддастся автоматизации. С усилителя ФЭУ информация о величине измеряемого потока поступает в ЭВМ, где проходит первичную обработку. ЭВМ управляет сменой фильтров, диафрагм, вводит эталонный источник света и т.п.

**Спектральные методы**

Спектроскопия даёт более обширную информацию о физ. состоянии объекта, чем фотометрия, но сам эксперимент при этом более трудоёмок, а достигнутая проницающая сила ниже.

Осн. характеристиками астроспектроскопии явл. разрешающая способность и световая эффективность *Е*. Спектральной разрешающей способностью наз. миним. разность длин волн $\Delta\lambda$, при к-рой две детали в спектре регистрируются раздельно (критерий Рэлея). Разрешение *R* астрономич. фотоэмульсий составляет 0,015-0,020 мм, фотоэлектрич. приёмники изображения имеют обычно ещё худшее разрешение (до 0,05 мм). За исключением Солнца, все астрономич. объекты обладают столь малой яркостью, что для регистрации их спектров приходится применять светосильные камеры. Поэтому в астрономии при ночных наблюдениях разрешение определяется в основном разрешением приёмника *R* и выражается ф-лой:  
$\Delta\lambda = R K$ (5)  
где *K* - обратная линейная дисперсия (спектральный интервал, приходящийся на 1 мм изображения спектра, \AA/мм).

Световая эффективность характеризует потери потока излучения от звезды, происходящие в оптич. системе прибора. Значение *Е* обратно пропорционально времени экспозиции, необходимому для регистрации непрерывного спектра данной звезды, и пропорционально предельной звёздной величине, достижимой с помощью данного спектрального прибора.

Бесщелевая спектроскопия  
низкой дисперсии служит для классификации и предварит, изучения небесных объектов. В простейшем случае для этой цели применяют объективную призму (или дифракц. решётку), к-рую помещают перед объективом широкоугольного телескопа (напр., камеры Шмидта). Изображение точечного источника при этом растягивается в спектр (см. [Спектральные приборы](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%D1%EF%E5%EA%F2%F0%E0%EB%FC%ED%FB%E5%20%EF%F0%E8%E1%EE%F0%FB)). Величина *K* в этом случае составляет для звёзд 200-300 \AA/мм, а для более слабых объектов (галактик, квазаров) - 1000-2000 \AA/мм. Метод бесщелевой спектроскопии позволяет за одну экспозицию получить спектры всех достаточно ярких объектов в пределах поля зрения. Для увеличения проницающей силы бесщелевые спектры получают в прямом фокусе крупных оптических телескопов. Так, в прямом фокусе 3,6-метрового телескопа обсерватории Мауна-Кеа на Гавайских островах установлен трёхлинзовый корректор, последняя линза к-рого слегка клиновидна и снабжена прозрачной дифракционной решёткой, позволяющей получать спектрограммы с дисперсией 1000-2000 \AA/мм. За часовую экспозицию на пластинках Kodak IIIaJ был получен спектр квазара (21,2*m*) с дисперсией 1000 \AA/мм.

Если линейный размер изображения звезды больше разрешения фотоэмульсии, что практически всегда справедливо для крупных телескопов, то спектральное разрешение равно:  
$\Delta\lambda = F\beta K$ (6)  
где *F* - фокусное расстояние телескопа в мм, $\beta$ - угловой размер изображения звезды в радианах.

Световая эффективность определяется ф-лой:  
$E={D^2 \Delta\lambda \over {F\beta \omega}}={D^2 K \over {\omega}}$ (7)  
где *D* - диаметр телескопа, $\omega$ - высота спектра поперёк дисперсии (для увеличения фотометрич. точности спектр поперёк дисперсии делают шире, перемещая звезду во время экспозиции на величину, в неск. раз превышающую разрешение фотоприёмника). Если расширение спектра не производится, то $\omega=F \beta$.

Осн. недостаток бесщелевой спектроскопии - малое спектральное разрешение.

Щелевая спектроскопия.

|  |
| --- |
| http://images.astronet.ru/pubd/2003/04/21/0001189236/f460.gif |
| **Рис. 2. Оптическая схема спектрографа: Щ - входная щель; O1 - объектив коллиматора, делающий световой пучок параллельным; ДЭ - диспергирующий элемент (призма или дифракционная решетка), разлагающий свет в спектр; О2 - объектив камеры, фокусирующий свет на приёмник изображения ПИ.** |

В щелевом спектрографе (рис. 2) изображение звезды строится объективом телескопа на узкой щели. Свет, прошедший через щель, попадает на объектив коллиматора, дающего параллельный пучок света, и разлагается в спектр диспергирующим элементом (призмой или дифракц. решёткой). Затем при помощи объектива спектр фокусируется на приёмник изображения. Если сузить щель настолько, что её изображение на фотопластинке будет равно разрешению эмульсии, то можно достигнуть предела разрешения спектрографа, потеряв при этом часть света от объекта. Поэтому получение спектрограмм с высоким спектральным разрешением возможно только для относительно ярких объектов при хорошем качестве изображения.

Световая эффективность спектрографа при условии, что уже достигнут предел разрешения, зависит прежде всего от соотношения размеров изображения звезды $\beta$ и ширины входной щели спектрографа *h*. Практический интерес представляют три случая.

1) Весь свет от звезды, собираемый телескопом, проходит через щель спектрографа. Этот случай эквивалентен бесщелевой спектроскопии, и световая эффективность определяется по ф-ле (7).

2) Ширина щели меньше диаметра изображения, построенного телескопом ($h < \beta$), а размер изображения, в свою очередь, меньше требуемого расширения спектра ($\omega > \beta$). Такой случай часто встречается в спектроскопии ср. дисперсии, когда, не желая терять спектральное разрешение, вынужденно идут на потерю световой эффективности и на увеличение времени экспозиции. В этом случае  
$E=K_1 D/\beta$ , (8)  
где К1 - постоянная для данного спектрографа величина, зависящая от его конструктивных особенностей.

3) Ширина щели $h \ll \beta$, и нет необходимости принудительно увеличивать высоту спектра, т.к. изображение звезды поперёк дисперсии много больше разрешения эмульсии. Этот случай практически осуществляется при больших дисперсиях, когда необходимо получить высокое спектральное разрешение. Световая эффективность в этом случае равна:  
$E=K_2/\beta^2$ , (9)  
где К2 - постоянная спектрографа.

Из приведённых ф-л следует, что световая эффективность спектрографа определяется прежде всего качеством изображения, даваемого системой "атмосфера-телескоп" на входной щели спектрографа. Обычно для данного инструмента эта величина уже определена астроклиматом места установки инструмента и качеством оптики телескопа, поэтому единственный путь повышения световой эффективности состоит в увеличении светосилы камеры. Оптич. система "телескоп-спектрограф" эквивалентна телескопу с диаметром *D* и со светосилой, равной светосиле камеры спектрографа. Для достижения оптимальной световой эффективности (случай 1) разрешение приёмника изображения должно быть согласовано с размером изображения, даваемого оптич. системой телескопа. Для согласованного спектрографа светосила камеры  
$(d/f)_{кам} \ge D\beta /R$ . (10)

При *R* = 0,02 мм и $\beta = 1,5 рад на телескопе с *D* = 6 м должен стоять спектрограф со светосилой камеры $(d/f)_{кам} \ge 2,1$.

Для получения высокого спектрального разрешения эффективно используются интерферометры Фабри-Перо, к-рые в сочетании с кудэ-спектрографом [случай 3, ф-ла (9)] позволяют примерно в 30-40 раз расширить входную щель без ухудшения спектрального разрешения или в 30-40 раз улучшить спектральное разрешение, не уменьшая размера входной щели. спектрографа. Спектрометр такого типа работает в узком спектральном интервале, соизмеримом с шириной исследуемой линии, он находит широкое применение в задачах изучения межзвёздных линий поглощения и в магнитометрии небесных объектов.

**Интерференционные методы**

|  |
| --- |
| http://images.astronet.ru/pubd/2003/04/21/0001189236/f461.gif |
| **Рис. 3. Различные схемы звёздных интерферометров (L - база интерферометра, определяющая разрешение инструмента, равное $\lambda$/L): a - интерферометр Майкельсона, где M1, M2, М3, M4 - плоские зеркала, сводящие свет от звезды в фокус телескопа; б - интерферометр интенсивностей, где P1 и Р2 - фотоэлектрические приёмники излучения, F1 и F2 - электронные усилители и Х - коррелометр; в - интерферометр Лабейри с двумя отдельно стоящими телескопами Т1 и Т2, имеющими общий фокус кудэ, свет в к-рый попадает при помощи зеркал M1, M2, М3, M4.** |

В 20-х гг. 20 в. на 2,5-метровом телескопе обсерватории Маунт-Вилсон (США) начались первые наблюдения звёзд на интерферометре Майкельсона с базой 6 м (рис. 3,а). Оптич. пути в плечах этого интерферометра надо было выравнивать с точностью 0,001 мм, откуда очевидны те трудности, с к-рыми столкнулись наблюдатели. На этом варианте прибора удалось измерить диаметры неск. ярчайших звёзд (см. [Интерферометрия](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%C8%ED%F2%E5%F0%F4%E5%F0%EE%EC%E5%F2%F0%E8%FF)). В 1960 г. Р. Хенбери-Браун и Р. Твисс (Австралия) предложили идею интерферометра интенсивностей (рис. 3,б), в к-ром свет от звезды, собранный двумя большими зеркалами, регистрируется фотоэлектрич. приёмниками (P1, P2). После усиления (в F1, F2) сигналы поступают в электронный коррелометр (X), определяющий пространственную когерентность принятого света. По степени когерентности пучков света (степени постоянства разности фаз световых колебаний) вычисляют диаметр звезды.

В 1970 г. А. Лабейри (Франция) предложил метод [спекл-интерферометрии](http://www.astronet.ru/db/FK86/search.html?where=gl&words=%D1%EF%E5%EA%EB-%E8%ED%F2%E5%F0%F4%E5%F0%EE%EC%E5%F2%F0%E8%FF) для измерения видимых диаметров звёзд. По своей простоте и оригинальности этот метод представляет собой один из самых значит, вкладов оптики в астрономию. Эта методика широко применяется на многих крупных телескопах с диаметром зеркала 4-6 м. Разрешение в этом случае теоретически ограничено лишь дифракцией света на апертуре телескопа и составляет $\sim \lambda /D$.

В спекл-интерферометрии можно использовать два отдельно стоящих кудэ-телескопа T1 и T2, разнесённых на расстояние L, к-рым определяется разрешение интерферометра (рис. 3,в). При существующей технике возможно, по-видимому, достигнуть разрешения ~10-4 секунды дуги.

**Приёмники изображения**

Точность измерения потока излучения, спектральное и угловое разрешение, проницающая сила всех перечисленных методов в значит. степени определяются совершенством приёмников изображения. Оптич. приёмники можно разделить на два класса. К первому можно отнести те из них, в к-рых накопление фотонов происходит непосредственно в детекторе, это - фотографич. эмульсия, диодные матрицы с электронным сканированием типа приборов с зарядовой связью (ПЗС) и передающие трубки телевизионных камер со сканированием электронным лучом. Ко второму относятся все остальные приёмники. Они имеют фотокатод, к-рый даёт промежуточное электронное изображение. Затем электроны ускоряются до значит, энергий, обеспечивающих регистрацию сигнала. К этому классу относятся широко применяемый электронно-оптич. преобразователь (ЭОП) и др. фотоэлектрич. приёмники изображения.

В последние годы новейшие приёмники изображения в О. а. всё больше используются в сочетании с вычислит. техникой к электронными методами обработки информации. Эта тенденция характерна как для совр. фотоэлектрич. систем телескопов с их сложной техникой регистрации и обработки информации в реальном времени (когда обработка сигнала ведётся одновременно с его регистрацией), так и для различных измерит. машин, служащих для обработки фотографич. и электроно-графич. снимков.

Совр. фотоэлектрич. приёмники изображения достигли практически предела чувствительности, обусловленного квантовой природой света. К лучшим приемникам такого типа относится система счёта фотонов в изображении (СФИ). В СФИ изображение с экрана 4-каскадного ЭОПа перебрасывается оптич. объективом на вход телевизионного приёмника. При этом регистрируется каждый фотоэлектрон, вылетевший из фотокатода первого каскада ЭОПа. Импульсы от каждого фотоэлектрона поступают в блок обработки сигнала, а затем в ЭВМ. Блок обработки сигнала позволяет: определить геометрич. центр каждой вспышки и исключить повторный счёт одной и той же вспышки; устранить шумовые импульсы с малой амплитудой, а также сильные импульсы от ионной обратной связи в ЭОПе; закодировать положение центрированных фотонных импульсов и ввести эти данные в соответствующую ячейку памяти ЭВМ.

Благодаря разделению функции приема и накопления информации система СФИ даёт следующие преимущества: информационная ёмкость неограниченна, т.к. она не зависит от приёмника, а определяется объёмом памяти ЭВМ; отсутствует порог со стороны малых потоков, поэтому можно регистрировать предельно слабые объекты; линейность реакции и стабильность системы позволяют осуществлять точную фотометрич. калибровку и учёт фона; можно фотометрировать быстро меняющиеся во времени объекты; число элементов изображения в системе равно 106.

Перспектива развития техники регистрации изображения связана не только с разработкой более эффективных приёмников света, но и с применением новых цифровых систем обработки и анализа данных.

Прогресс фотографич. методов регистрации в ближайшее время будет связан как с улучшением характеристик фотоэмульсии (чувствительности и др.), так и с применением автоматич. обработки огромного количества информации, фиксируемой астрономич. фотопластинкой.

**Тема 1.1.4 Изучение околоземного пространства**

***Околоземное космическое пространство*** ( ОКП) представляет собой внешнюю газовую оболочку, которая окружает планету. Оно играет роль в сложнейших солнечно-земных взаимосвязях, определяющих условия жизни на Земле.

***Околоземное космическое пространство*** содержит радиационный пояс, представляющий собой гигантскую магнитную ловушку, которая захватывает выбрасываемые Солнцем электроны и протоны, и они совершают внутри пояса колебательные и вращательные движения вдоль и вокруг магнитных силовых линий. Во внутренней части преобладают электроны с энергией десятки и сотни электронвольт, а во внешней - протоны с энергией в сотни тысяч электронвольт. Во время солнечных возмущений потоки частиц ( солнечный ветер) приводят к увеличению поглощения и искажению траекторий распространения радиоволн.

В***околоземном космическом пространстве*** на расстоя нии около 36 тыс. км от поверхности Земли существует не только магнитное, но и электрическое поле.

В***околоземном космическом пространстве*** наблюдаются достаточно сильные потоки заряженных частиц ( главным образом, протонов и электронов), локализованные в радиационных поясах Земли. За пределами магнитосферы Земли ( на удалениях более 60000 - 100000 км), а также в области высоких широт ( более 60) на элементы и аппаратуру КА могут воздействовать квазистационарные потоки солнечного ветра ( протоны, электроны и альфа-частицы с энергией в несколько килоэлектронвольт) и потоки галактических космических лучей ( протоны и альфа-частицы очень высокой энергии с плотностью 2 - 5 частиц / ( см2 - с), а также потоки протонов, электронов и альфа-частиц в широком энергетическом диапазоне, возникающие в случайные моменты времени при крупных солнечных вспышках.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Анализ экологической обстановки***околоземного космического пространства*** позволяет сделать вывод, что вероятность поражения КА фрагментами космического мусора очень велика.

Основным источником загрязнения***околоземного космического пространства*** ( ОКП) являются запуски космических ракет и полеты кораблей многоразового использования, сопровождающиеся выбросом продукции сгорания топлива двигателей; электромагнитные излучения радиопередающих систем.

Среда распространения радиоволн представляет***собой околоземное и космическое пространство***. Околоземное пространство ( до высоты 1000 км) называют атмосферой. Атмосфера решающим образом влияет на условия распространения радиоволн.

В результате вывода в***околоземное и космическое пространство объектов*** со случайными орбитами и общего засорения этого пространства космическими объектами возникает загрязнение космоса. Наблюдались случаи разрушения ядерных реакторов, находящихся на орбитах, что приводит к радиоактивному загрязнению космоса.

Магнитосфера Земли - область***околоземного космического пространства***, где физические процессы управляются в основном геомагнитным полем.

Серьезную опасность представляет состояние***околоземного космического пространства*** и прежде всего той его части, которую образует верхняя атмосфера. Запуск ракет, ликвидация орбитальных космических аппаратов с образованием космического мусора, электромагнитное загрязнение, проникновение загрязняющих веществ из приземной атмосферы нарушают естественные свойства ближнего космоса. Антропогенное воздействие на данное пространство вследствие его интенсивного освоения достигло критического уровня, при котором газовая оболочка Земли утрачивает способность защищать все живое от губительной радиации. Известная проблема озонового слоя является частью проблемы охраны ближнего космоса.

Магнитосфера Земли - область***околоземного космического пространства***, где физические процессы управляются в основном геомагнитным полем.

**Тема 1.1.5 Астрономия дальнего космоса.**

се космическое пространство за пределами Солнечной системы относится к дальнему космосу

Исследование дальнего космоса – это важнейшее направление фундаментальных наук в области изучения небесных тел, процессов их формирования и эволюции в Солнечной системе и вселенной в целом. Результаты этих исследований позволяют делать важные выводы о прошлом, настоящем и будущем Земли.Основной особенностью радиолиний дальней космической связи является необходимостью осуществлять радиосвязь на гигантских расстояниях – сотен и тысяч миллионов километров.

К сожалению, использование автоматических межзвездных станций для изучения таких далеких от Земли объектов пока невозможно, поэтому большую часть информации о них мы можем получить только на основании наблюдений с помощью наземных и космических телескопов. Современные наземные телескопы:

**РАТАН-600** (от ***р****адио****а****строномический****т****елескоп****А****кадемии****н****аук*) — крупнейший в мире радиотелескоп с рефлекторным зеркалом диаметром около 600 метров. Принадлежит Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук. Основными преимуществами телескопа являются высокая чувствительность по яркостной температуре и многочастотность.

Радиотелескоп расположен в Карачаево-Черкесии, недалеко от станицы Зеленчукская, на высоте 970 метров над уровнем моря. В 4,5 км южнее расположен полноповоротный радиотелескоп РТФ-32 радиоастрономической обсерватории «Зеленчукская» (ИПА РАН).

**Ареси́бо**[1] — радиотелескоп, астрономическая обсерватория, расположенная в Пуэрто-Рико, в 15 км от города Аресибо, на высоте 497 м над уровнем моря. Телескоп используется для исследований в области радиоастрономии, физики атмосферы и радиолокационных наблюдений объектов Солнечной системы.

Исследования проводятся Корнеллским университетом в кооперации с Национальным научным фондом США, код обсерватории «251». Обсерватория является также **Национальным центром астрономии и ионосферы США** (англ. *National Astronomy and Ionosphere Center, NAIC*).

Радиотелескоп, установленный в Аресибо, входит в число крупнейших в мире (из использующих одну апертуру); в сентябре 2016 года был запущен[2] аналогичный, большего размера (диаметром 500 м) телескоп FAST в Китае.

**Atacama Large Millimeter Array** (ALMA; «Атакамская большая [антенная] решётка миллиметрового диапазона») — комплекс радиотелескопов, расположенный в чилийской пустыне Атакама, который наблюдает электромагнитное излучение с миллиметровой и субмиллиметровой длиной волны. Комплекс построен на высоте 5000 м на плато Чайнантор, недалеко от обсерватории плато Чайнантор и Atacama Pathfinder Experiment. Это место было выбрано из-за его большой высоты и низкой влажности, что имеют решающее значение для снижения шума и уменьшения затухания сигнала из-за атмосферы Земли. ALMA начал научные наблюдения во второй половине 2011 года, и первые изображения были опубликованы в прессе 3 октября 2011 года. Комплекс был полностью готов к работе с марта 2013 года.

**Телескоп Кека - самый большой оптический телескоп**

В каждом из помещений высотой с 8-этажный дом находится зеркало диаметром 10 метров, которое поможет человечеству увидеть Вселенную. Каждое зеркало является самым большим в мире оптическим телескопом - телескопом Кека . Эти зеркала объединены в систему, которая имеет разрешающую силу, соответствующую силе одного телескопа с диаметром зеркала 90 метров. Это означает, что телескоп Кека может различить два источника, находящихся на расстоянии только нескольких угловых миллисекунд . Телескоп Кека начал работать в 1992 году . Уникальность телескопа Кека-I определялась способностью собирать огромноe количество света . Это позволило астрономам изучать слабые далекие объекты не только нашей Галактики , но и всей Вселенной . Строительство телескопа Кека-II было завершено в начале этого года. Оба телескопа Кека расположены на вершине спящего вулкана Мауна Кеа на Гавайских островах ( США ).2 **Современные космические телескопы**:

**Космический телескоп «Хаббл»** (**КТХ**; англ. *Hubble Space Telescope*, *HST*; код обсерватории «250») — автоматическая обсерватория на орбите вокруг Земли, названная в честь Эдвина Хаббла. Телескоп «Хаббл» — совместный проект НАСА и Европейского космического агентства[2][4][8] и входит в число Больших обсерваторий НАСА.

Размещение телескопа в космосе даёт возможность регистрировать электромагнитное излучение в диапазонах, в которых земная атмосфера непрозрачна; в первую очередь — в инфракрасном диапазоне. Благодаря отсутствию влияния атмосферы разрешающая способность телескопа в 7—10 раз больше, чем у аналогичного телескопа, расположенного на Земле[10].

**«Ра̀диоастро́н»** (англ. *RadioAstron*) — международный[2] космический проект с ведущим российским участием по проведению фундаментальных астрофизических исследований в радиодиапазоне электромагнитного спектра с помощью космического радиотелескопа (КРТ), смонтированного на российском космическом аппарате (КА) «Спектр-Р», в составе наземных сетей РСДБ. Координатор проекта — Астрокосмический центр ФИАН. Проект позволяет получить самое высокое угловое разрешение за всю историю астрономии — 7 микросекунд дуги при базе 340 000 км.

Первый из четырёх аппаратов серии «Спектр» (второй — «Спектр-РГ», третий — «Спектр-УФ» и четвёртый — «Спектр-М»).

**Космический телескоп имени Джеймса Уэбба** (англ. *James Webb Space Telescope, JWST*) — орбитальная инфракрасная обсерватория, которая предположительно заменит космический телескоп «Хаббл».

Первоначально назывался «Космический телескоп нового поколения» (англ. *Next-generation space telescope, NGST*). В 2002 году переименован в честь второго руководителя НАСА Джеймса Уэбба (1906—1992), возглавлявшего агентство в 1961—1968 годах, во время реализации программы Аполлон.

«Джеймс Уэбб» будет обладать составным зеркалом 6,5 метров в диаметре с площадью собирающей поверхности 25 м², скрытым от инфракрасного излучения со стороны Солнца и Земли тепловым экраном. Телескоп будет размещён на гало-орбите в точке Лагранжа L2 системы Солнце — Земля.

Проект представляет собой результат международного сотрудничества 17 стран, во главе которых стоит NASA, со значительным вкладом Европейского и Канадского космических агентств.

Текущие планы предусматривают, что телескоп будет запущен с помощью ракеты «Ариан-5» в марте 2021 года. В этом случае первые научные исследования начнутся осенью 2021 года. Срок работы телескопа составит не менее пяти лет; запаса хладагента хватит примерно на 10 лет работы.

**Вопросы для самоконтроля .**

1 Что относится к дальнему космосу?

2 Для чего необходимы исследования дальнего космоса?

3 Какие методы имеются для исследования дальнего космоса?

4 Перечислите основные наземные телескопы?

5 Перечислите основные космические телескопы?

6.Что такое звездное небо

**Радел 2 .Устройство Солнечной системы.**

**Тема 2.1 Устройство Солнечной системы.**

**Общая характеристика Солнечной системы**

Солнечная планетная система, в которой мы живем, – это изолирован- ный островок в безбрежном пространстве Галактики. Расстояние от Солнца до самых далеких планет во много тысяч раз меньше, чем до самых близких звезд. И хотя некоторые объекты Солнечной системы (например, отдельные кометы) удаляются от Солнца на значительные расстояния, основная доля вещества этой системы сосредоточена в нескольких крупных планетах, об- ращающихся вокруг Солнца.

С древности в Солнечной системе было известно пять планет: Мерку- рий, Венера. Марс, Юпитер и Сатурн, видимые невооруженным глазом. В начале XVII в. астрономы окончательно доказали, что Земля – равноправный представитель планет, и их «стало» шесть. В 1781 г. случайно был открыт Уран, а в 1846 г. был теоретически предсказан и сразу же обнаружен на небе Нептун – восьмая и, по-видимому, последняя крупная планета Солнечной системы. Но в те же годы были открыты малые планеты – астероиды, в ос- новном «обитающие» между орбитами Марса и Юпитера. Однако обнару- жить что-либо за орбитой Нептуна долго не удавалось.

Однако настойчивые поиски новых планет принесли успех: в 1930 г. за орбитой Нептуна была открыта небольшая планета Плутон. И хотя своим ма- лым размером и сильно вытянутой и наклоненной орбитой Плутон выделялся среди других планет, его все же «записали» в это семейство, поскольку он был заметно крупнее любого из астероидов. До конца XX в. принято было считать, что в Солнечной системе девять планет. Но последнее десятилетие принесло нам открытие множества объектов за орбитой Нептуна, причем не- которые из них похожи на Плутон, а иные даже превосходят его размерами. Поэтому в 2006 г. астрономы уточнили классификацию: 8 крупнейших тел – от Меркурия до Нептуна – считаются классическими планетами, а Плутон стал прототипом нового класса объектов – карликовых планет.

Солнце и находящиеся в поле его притяжения небесные тела образуют только одну из бесчисленных вращающихся систем Вселенной. Солнечная система состоит из центральной звезды – Солнца, восьми планет и их спут- ников, множества астероидов (более 100 000), огромного числа комет (по не- которым данным, их более 100 млрд.), бесчисленного количества мелких ме- теорных тел, межпланетной пыли и газа.

Пространство, занимаемое Солнечной системой, пронизано различного рода потоками энергии, исходящими из Вселенной, из межпланетной среды, но главным образом – от Солнца, а также различными физическими полями, свойственными космическим телам, – гравитационным, магнитным, тепло- вым, электрическим и другими.

Единство Солнечной системы основано на взаимодействии этих потоков и взаимосвязанных движений космических тел.

Движение тел вокруг Солнца обеспечивается двумя силами: центробеж- ной, возникающей при вращении тела, и центростремительной силой или тя- готением. Солнце своим притяжением и центробежная сила удерживают планеты и другие космические объекты на их приблизительно круговых ор- битах. В свою очередь, каждая планета и всякое другое космическое тело притягивают Солнце и все другие тела с силой, зависящей от их массы и уда- ленности от светила. Сила притяжения прямо пропорциональна массам тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между взаимодействующими телами.

На рисунке 48 изображены планеты Солнечной системы в их последова- тельном удалении от светила. Ближайшие к Солнцу 4 планеты принято назы- вать планетами земной группы, а следующие 4 массивных газовых тела на- зывают планетами-гигантами. Карликовые планеты в основном населяют об- ласть за орбитой Нептуна – пояс Койпера. Точно определить границу Сол- нечной системы невозможно, но многие исследователи проводят ее на рас- стоянии 100 тыс. астрономических единиц (1 а. е. – среднее расстояние от Земли до Солнца) от Солнца.

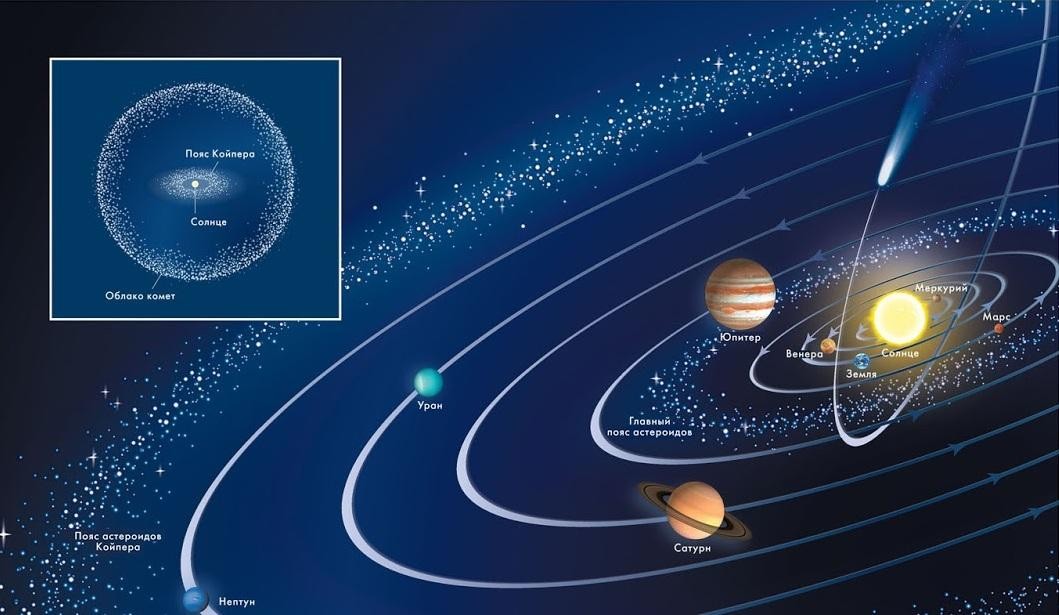


Рисунок 48

Планеты – холодные шарообразные небесные тела, обращающиеся вокруг звезды и светящиеся отраженным от их поверхности светом этой звезды.

Спутники – планеты меньших размеров, обращающиеся вокруг крупных планет.

Орбита – замкнутая кривая, описываемая планетой или другим телом при движении вокруг Солнца, или спутником при его движении вокруг планеты.

Эксцентриситет орбиты – мера отклонения формы орбиты от окружности, выражающаяся отношением разности наибольшего и наименьшего рас- стояний планеты или другого тела от Солнца к сумме этих расстояний. На- пример, наибольшее расстояние Земли от Солнца равно 152 млн. км, наи- меньшее –147 млн. км, при этом эксцентриситет орбиты Земли составляет:

(152–147) : (152+147) = 0,017;

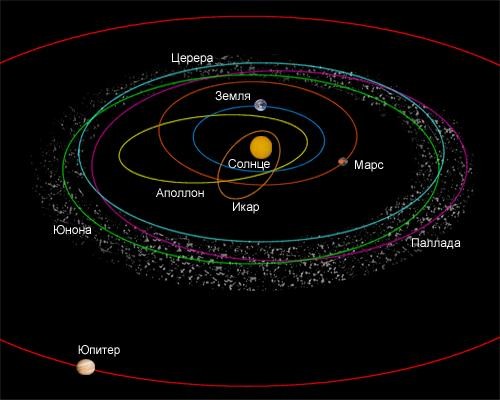
это очень незначительное отклонение формы орбиты Земли от правильного круга.

Эклиптика – это плоскость, совпадающая с плоскостью орбиты Земли, или видимый (кажущийся нам с Земли) путь Солнца по небосклону.

Наиболее характерными чертами Солнечной системы являются:

1. Почти все крупные тела Солнечной системы – планеты и астероиды, а также кометы – вращаются вокруг Солнца в одном направлении – против часовой стрелки, если смотреть со стороны Северного полюса мира, находящегося в бесконечности на северном продолжении оси вращения Земли.
2. Все планеты (кроме Венеры и Урана) и большинство спутников (кроме некоторых спутников Юпитера и Сатурна) вращаются вокруг своих осей в том же направлении.
3. Плоскости орбит планет близки к плоскости видимого с Земли годового движения Солнца – эклиптике, отклоняясь от нее всего на несколько градусов. Орбитальная плоскость Земли совпадает с эклиптикой. Только Меркурий имеет наклоненную орбиту 7° по отношению к орбите Земли. Но это объясняется тем, что Меркурий формировался как спутник Венеры и лишь потом стал самостоятельной планетой.

Планеты обладают различной скоростью движения по своим орбитам, в чем наблюдается определенная закономерность: чем ближе планета находит- ся к Солнцу, тем орбитальная скорость у нее больше. Меркурий, ближайшая к Солнцу планета, движется по орбите со скоростью 47,9 км/с; Сатурн со скоростью – 9,6 км/с, а бывшая планета Плутон, самое удаленное от Солнца

тела, – со скоростью 4,7 км/с. Время облета планетой свети- ла, т. е. продолжительность ее года, зависит от длины пути (орбиты) и скорости движения. Меркурий совершает свой полный облет вокруг Солнца за 88 земных суток, а Плутон – за 247 земных лет.

Малые планеты, или асте- роиды, имеют диаметр от 1 до 1000 км. Их общая масса, несмотря на огромное число, не превышает 1/100 массы Земли.

Орбиты большинства астероидов расположены между орбитами Марса и Юпитера, образуя пояс астероидов

Орбиты некоторых из них сильно вытянуты. Так, астероид Гидальго удаляется от Солнца за пределы орбиты Сатурна, а Икар заходит внутрь орбиты Меркурия. Некоторые астероиды могут сближаться с Землей. Например, в 1976 г. Икар приблизился к Земле на расстояние всего 7 млн. км. Хотя есть сообщения, что некоторые небольшие астероиды заходили внутрь орбиты Луны, столкновение Земли с астероидом настолько маловероятно, что происходит раз в несколько сотен миллионов лет. В настоящее время неизвестно ни одного астероида, столкновение с которым может произойти в сколько-нибудь обозримое время.

Кроме известного с начала XIX в. пояса астероидов между Марсом и Юпитером, на краю Солнечной системы за орбитой Нептуна находится еще один пояс астероидов – пояс Койпера. Обнаружение этих астероидов чрезвычайно сложная задача. Они очень далеки от Солнца и очень слабы. Тем не менее, уже открыто более 100 объектов пояса Койпера По мнению многих исследователей, Плутон является одним из самым большим представителем этого семейства астероидов.



Еще дальше, в пределах 100 000 а. е., расположено Облако Орта (которое иногда называют банком комет. Сами будущие кометы представляют собой глыбы «грязного», т. е. с включениями твердых частиц, водяного, водородного и углеводородного снега. Это остатки того материала, из которого образовались планеты. Время от времени в результате столкновений между собой или под действием возмущении со стороны ближайших звезд глыбы изменяют свое движение и попадают в центральные области Солнечной системы. Если этим телам придется «встретиться» с Нептуном, Ураном, Сатурном или Юпитером, они могут быть выброшены в область внутренних планет. Так возникают кометы.

Орбиты комет отличаются разнообразием. Как правило, они очень сильно вытянуты (иногда практически неотличимы от параболических). Не исключено, что эти кометы покидают Солнечную систему. В то же время не обнаружено ни одной кометы, орбита которой была бы гиперболической, т. е. такой, которая заведомо пришла бы к нам из другой планетной системы. Встречаются также кометы, орбиты которых близки к круговым (например, комета Швассмана – Вахмана движется между орбитами Марса и Юпитера). Среди комет встречаются объекты, движущиеся по орбите в направлении, обратном движению планет (в том числе известная комета Галлея).

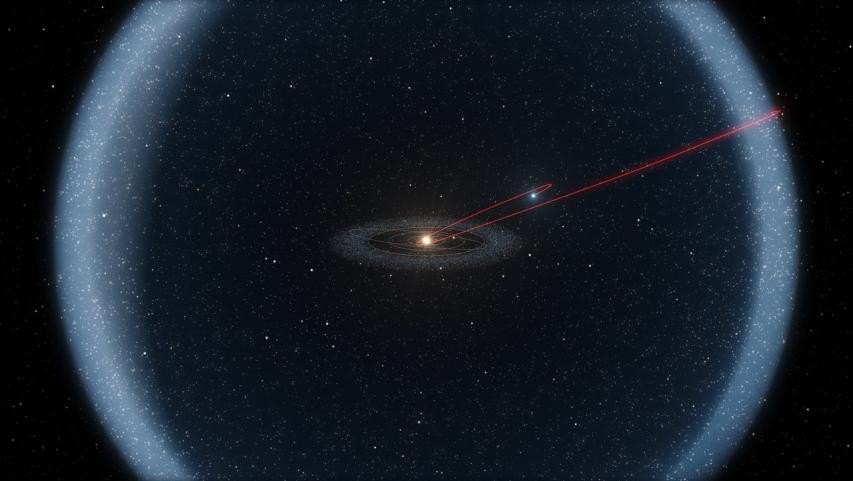


Рисунок 51

Метеорные тела (размером от долей миллиметра до километра в диаметре) и межпланетная пыль (частички, размер которых не превышает сотни микрометров) заполняют практически все пространство Солнечной системы. Метеорные тела и пыль образуются при распаде комет, при столкновениях астероидов между собой, а также между кометами и мелкими телами. Мелкие метеорные тела и пылинки недолговечны. Световое давление и солнечный ветер оказывают на них тормозящее действие, и они медленно падают на Солнце. На расстоянии в несколько радиусов Солнца метеорные тела нагре- ваются до тысячи кельвин и испаряются. Для больших метеоритов этот процесс практически незаметен. Для пылинки размером в доли миллиметра он продолжается столетия, а частички размером в несколько микрометров просто «выметаются» давлением света из пределов Солнечной системы.

**Происхождение Солнечной системы**

Один из важных вопросов, связанных с изучением нашей планетной системы – проблема ее происхождения. Решение данной проблемы имеет естественнонаучное, мировоззренческое и философское значение. На протяжении веков и даже тысячелетий ученые пытались выяснить прошлое, настоящее и будущее Вселенной, в том числе и Солнечной системы. Однако возможности планетной космологии и по сей день остаются весьма ограниченными – для эксперимента в лабораторных условиях доступны пока лишь метеориты и образцы лунных пород. Ограничены и возможности сравнительно го метода исследований: строение и закономерности других планетных систем пока еще недостаточно изучены.

**Гипотезы о происхождении солнечной системы**

К настоящему времени известны многие гипотезы о происхождении Солнечной системы, в том числе предложенные независимо немецким философом И. Кантом и французским математиком и физиком П. Лапласом. Точка зрения И. Канта заключалась в эволюционном развитии холодной пылевой туманности, в ходе которого сначала возникло центральное массивное тело – Солнце, а потом родились и планеты. П. Лаплас считал первоначальную туманность газовой и очень горячей, находящейся в состоянии быстрого вра- щения. Сжимаясь под действием силы всемирного тяготения, туманность вследствие закона сохранения момента импульса вращалась все быстрее и быстрее. Под действием больших центробежных сил, возникающих при бы- стром вращении в экваториальном поясе, от него последовательно отделялись кольца, превращаясь в результате охлаждения и конденсации в планеты. Таким образом, согласно теории П. Лапласа, планеты образовались раньше Солнца. Несмотря на такое различие между двумя рассматриваемыми гипотезами, обе они исходят от одной идеи – Солнечная система возникла в результате закономерного развития туманности. И поэтому такую идею иногда называют гипотезой Канта–Лапласа. Однако от этой идеи пришлось отказаться из-за множества математических противоречий, и на смену ей пришло несколько «приливных теорий».

Наиболее знаменитая теория была выдвинута Д. Джинсом. Согласно Джинсу, планетное вещество было «вырвано» из Солнца под воздействием близко проходившей звезды, а затем распалось на отдельные части, образуя планеты. При этом наиболее крупные планеты (Сатурн и Юпитер) находятся в центре планетной системы, где некогда находилась утолщенная часть сигарообразной туманности.

Если бы дела действительно обстояли таким образом, то планетные системы были бы чрезвычайно редким явлением, так как звезды отделены друг от друга колоссальными расстояниями, и вполне возможно, что наша планетная система могла бы претендовать на роль единственной в Галактике. Но математики снова бросились в атаку, и, в конце концов, приливная теория присоединилась к газообразным кольцам Лапласа в мусорной корзине науки.

**Современная теория происхождения солнечной системы**

Наиболее проработанный в настоящее время сценарий рождения Солнечной системы следующий: существовало протопланетное облако межвездного вещества массой 105 солнечных масс, плотность которого порядка 106 молекул в 1 см3, температура 20 – 100 К. Во время взрыва сверхновой звезды (см. рис.) под действием ударной волны межзвездное вещество начало сжиматься, температура стала увеличиваться и за несколько миллионов лет достигла (1,0 – 1,5)107 К. За счет сжатия протопланетное вещество превратилось в линзовидный диск с новой звездой (Солнце), в которой шли термоядерные реакции (примерно 4,7 млрд. лет назад).

Рисунок 52

Возникший около Солнца диск сначала состоял на 98% из водорода и гелия. Остальные элементы конденсировались в пылевые частицы. Беспорядочное движение газа в диске быстро прекратилось: оно сменилось спокойным движением облака вокруг Солнца, в результате чего линза превратилась в тонкий диск, который распался на гигантские кольца, окружающие Солнце (см. рис. 52). Пылевые частицы сконцентрировались в центральной плоскости, образовав слой повышенной плотности. Когда плотность слоя достигла некоторого критического значения, его собственное тяготение стало «сопер- ничать» с тяготением Солнца. Слой пыли оказался неустойчивым и распался на отдельные пылевые сгустки – планетеземали. Сталкиваясь друг с другом, некоторые сгустки росли, а другие – разрушались.



Рисунок 53

Наиболее крупные из них приобретали почти круговые орбиты и в своем росте начали обгонять другие тела, став зародышами будущих планет. Как более массивные тела, новообразования присоединяли к себе оставшееся вещество газопылевого облака. В итоге сформировалось восемь больших пла-нет (см. рис. 54).



Рисунок 54

Весь процесс формирования Солнечной системы представлен на рис. 55

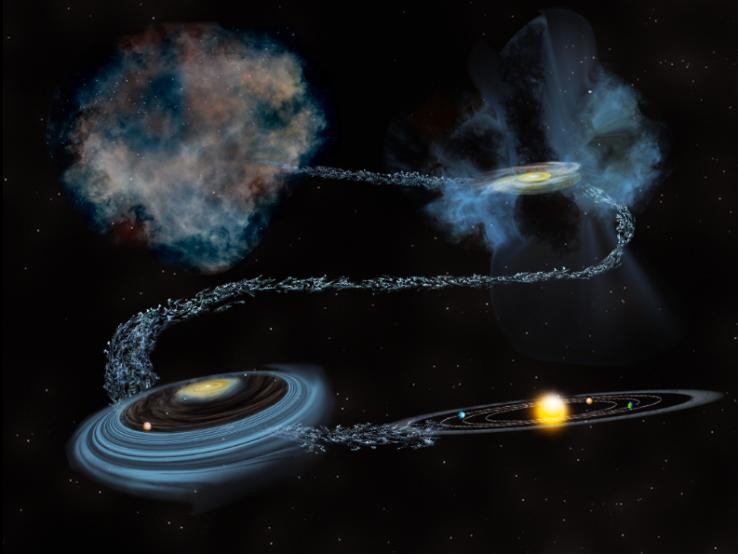


Рисунок 55

С учетом физических характеристик все планеты делятся на две группы. Одна из них состоит из сравнительно небольших планет земной группы – Меркурия, Венеры, Земли и Марса. Их вещество отличается относительно высокой плотностью: в среднем около 5,5 г/см3, что в 5,5 раза превосходит плотность воды. Другую группу составляют планеты-гиганты: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Эти планеты обладают огромными массами. Так, масса Урана равна 15 земным массам, а Юпитера – 318. Состоят планеты-гиганты главным образом из водорода и гелия, а средняя плотность их вещества близка к плотности воды. Судя по всему, у этих планет нет твердой поверхности, подобной поверхности планет земной группы.

В процессе образования планет их деление на две группы обусловливается тем, что в далеких от Солнца частях облака температура была низкой и на пылинках намерзал лед, а также углекислый газ, метан, аммиак, определившие состав Урана и Нептуна. В составе самых массивных планет – Юпитера и Сатурна, кроме того, оказалось значительное количество газов. В области планет земной группы температура была значительно выше, и все летучие вещества (в том числе метан и аммиак) остались в газообразном состоянии, и, следовательно, в состав планет не вошли. Планеты этой группы сформировались в основном из силикатов и металлов.

Гипотеза образования планет путем объединения твердых тел и частиц выдвинута выдающимся советским ученым академиком О. Ю. Шмидтом. Она заменила представления о конденсации планет из газовых сгустков и объяснила разделение планет по физической природе на две группы. Впоследствии эта гипотеза была подтверждена физико-химическими исследованиями состава и структуры метеоритов.

**Вопросы для самоконтроля .**

1. Происхождение солнечной системы .
2. Современное происхождение солнечной системы

**Раздел 3.Строение и эволюция Вселенной.**

**Тема 3.1 . Строение и эволюция Вселенной**

Все эти данные удалось получить только с помощью уникального, сложного оборудования позволяющего расширить границы Вселенной. До сих пор человечество совершенствует его, изобретая все более гениальные приборы, но еще на заре цивилизации, когда пытливый человеческий ум обратился к заоблачным высотам, великие философы мыслили свое представление о Вселенной, как о чем-то бесконечном.

(Стихии мыслились сначала как полуматериальные, полубожественные, одухотворенные субстанции. Представление чисто материальной основе всего сущего в древнегреческой основе достигли своей вершины в учении атомистов Левкиппа и Демокрита (V-IV в.в. до н.э.) о Вселенной, состоящей из бескачественных атомов и пустоты.)

Древнегреческим философам принадлежит ряд гениальных догадок об устройстве Вселенной. Анаксимандр высказал идею изолированности Земли, в пространстве. Эйлалай первым описал пифагорейскую систему мира, где Земля, как и Солнце, обращались вокруг некоего «гигантского огня». Шарообразность Земли утверждал другой пифагореец, Парменид (VI-V в.в. до н.э.). Гераклит Понтийский (V-IV в до н.э.) утверждал так же ее вращение вокруг своей оси и донес до греков еще более древнюю идею египтян о том, что само солнце может служить центром вращение некоторых планет (Венера, Меркурий).

Французский философ и ученый, физик, математик, физиолог Рене Декарт (1596-1650) создал теорию об эволюционной вихревой модели Вселенной на основе гелиоцентрализма. В своей модели он рассматривал небесные тела и их системы в их развитии. Для XVII в.в. его идея была необыкновенно смелой. По Декарту, все небесные тела образовывались в результате вихревых движений, происходивших в однородной в начале, мировой материи. Совершенно одинаковые материальные частицы, находясь в непрерывном движении и взаимодействии, меняли свою форму и размеры, что привело к наблюдаемому нами богатому разнообразию природы.

Солнечная система согласно Декарту, представляет собой один из таких вихрей мировой материи. Планеты не имеют собственного движения – они движутся, увлекаемые мировым вихрем. Декарт внес и новую идею для объяснения тяжести: он считал, что в вихрях, возникающих вокруг планет частицы давят друг на друга и тем вызывают явление тяжести (например на Земле). Таким образом, Декарт первым стал рассматривать тяжесть не как врожденное, а как производное качество тел.

Великий немецкий ученый, философ Иммануил Кант (1724-1804) создал первую универсальную концепцию эволюционирующей Вселенной. Он представлял Вселенную бесконечной в особом смысле. Он обосновал возможности и значительную вероятность возникновения такой Вселенной исключительно под действием механических сил притяжения и отталкивания ,и попытался выяснить дальнейшую судьбу этой Вселенной на всех ее масштабных уровнях – начиная с планетной системных и кончая миром туманности.

Эйнштейн совершил радикальную научную революцию, введя свою теорию относительности. Это было сравнительно просто, как и всё гениальное. Ему не пришлось предварительно открыть новые явления, установить количественные закономерности. Он лишь дал принципиально новое объяснение.

Эйнштейн раскрыл более глубокий смысл установленных зависимостей, эффектов уже связанных в некую физико-математическую систему (в виде постулатов Пуанкаре). Заменив в данном случае теорию абсолютности пространства и времени идей их относительности «Пуанкаре», которую теперь уже не связывали с идеей абсолютного в пространстве, абсолютной системы отсчета. Такой переворот снимал основное противоречие, создававшее кризисную ситуацию, в теоретическом осмыслении действия. Более того, открылся путь для дальнейшего проникновения в свойства и законы окружающего мира, настолько глубоко, что сам Эйнштейн не сразу осознал степень революционности своей идеи.

В статье от 30.06.1905 г., заложившей основы специальной теории относительности Эйнштейн, обобщая принципы относительности Галилея, провозгласил равноправие всех инерциальных систем отсчета не только в механических, но также электромагнитных явлений.

Специальная или частная теория относительности Эйнштейна явилась результатом обобщения механики Галилея и электродинамики Максвелла, Лоренца. Она описывает законы всех физических процессов при скоростях движения близких к скорости света.

Впервые принципиально новые космогологические следствия общей теории относительности раскрыл выдающийся советский математик и физик – теоретик Александр Фридман (1888-1925 гг.). Выступив в 1922-24 гг. он раскритиковал выводы Эйнштейна о том, что Вселенная конечна и имеет форму четырехмерного цилиндра. Эйнштейн сделал свой вывод исходя из предположения о стационарности Вселенной, но Фридман показал необоснованность его исходного постулата.

Фридман привел две модели Вселенной. Вскоре эти модели нашли удивительно точное подтверждение в непосредственных наблюдениях движений далёких галактик в эффекте «красного смещения» в их спектрах.

Этим Фридман доказал, что вещество во Вселенной не может находиться в покое. Своими выводами Фридман теоретически способствовал открытию необходимости глобальной эволюции Вселенной.

**Тема 3.1.1Наша Галактика**

Первым ученым, который предположил, что Млечный Путь состоит из отдаленных звезд, был Демокрит. Основываясь на результатах своих подсчетов, Вильям Гершель в 18 столетии сделал попытку определить размеры Галактики. Он доказал, что наша звездная система имеет конечные размеры и создает своего рода толстый диск: в плоскости Млечного Пути она тянется на расстояние не больше 850 единиц, а в перпендикулярном направлении – 200 единиц, если за единицу принять расстояние до Сириуса. По современной шкале расстояний это отвечает 7300x1700 световых лет.

Эта оценка в целом отображает структуру Млечного Пути, хотя она не совсем точная. Дело в том, что кроме звезд, в состав диска галактики входят численные газопылевые облака, которые ослабляют свет отдаленных звезд. Исследователи Галактики не знали о поглощающем веществе и считали, что они видят все звезды. Реальные размеры Галактики были установлены только в 20 столетии. Оказалось, что она является более плоским образованием, чем предполагали раньше. На вид Галактика напоминает зерно чечевицы с утолщением посредине.

Так, в 40-х годах 20 столетия, наблюдая галактику М31, более известную как туманность Андромеды, немецкий астроном Вальтер Бааде отметил, что плоский линзообразный диск этой огромной галактики погружен в более разряженное звездное облако сферической формы – гало. Поскольку туманность Андромеды очень похожа на нашу галактику, Бааде предположил, что подобную структуру имеет и Млечный Путь. Звезды галактического диска были названы населением I типа, а звезды гало – населением II типа.

Наша Галактика – спиральная система массой от 2۰1011до 8,5۰1011– 11,5۰1011М○, радиусом около 1,5۰104– 2۰104 пк и светимостью 2۰1010 - 4۰1010 L○. Галактика состоит из 150-200 млрд звезд и бесчисленным количеством других космических объектов: более 6000 галактических молекулярных облаков, которые содержат в себе до 50% межзвездного газа, туманностей, планетных тел и других систем, нейтронных звезд, белых и коричневых карликов, черных дыр, космической пыли и газа. Диск галактики пронизан великомасштабным магнитным полем, что удерживает частицы космических лучей и вынуждает их двигаться вдоль магнитных линий по винтообразным траекториям. 85-95 % массы Галактики сосредоточено в звездах, 5-15 % - в межзвездном диффузном газе. Массовая часть тяжелых элементов в химическом составе Галактики составляет 2 %. Возраст Галактики 14,4  1,3 млрд лет. Большая часть звезд Галактики образовалась более 9 млрд лет тому назад.

Основная часть звезд, которые составляют Галактику, наблюдаются с Земли как серебристо-белая полоса, пересекающая все небо, - Млечный Путь, в котором сливается свет миллиардов звезд.

Мы наблюдаем свою Галактику изнутри, что затрудняет определение ее формы, структуры и некоторых физических характеристик. Телескопическим наблюдениям доступно только 109, т.е. до 1% всех звезд Галактики.

Ядро галактики наблюдается в созвездии Стрельца (α = 17h38m, δ = - 300), занимая часть созвездия Щита, Скорпиона и Змееносца. Ядро полностью скрыто за мощными газопылевыми облаками общей массой 3۰108М○ в 700 пк от центра Галактики, которые поглощают видимое, но пропускают радио- и инфракрасное излучение. При их отсутствии ядро Галактики было бы самым ярким после Солнца и Луны небесным светилом.

В центре ядра наблюдается уплотнение – керн. Всего в 400 световых годах от центра, в недрах газопылевой туманности Стрелец А прячется черная дыра массой около 4,6۰106 М○. В самом центре области, размерами менее 1 пк, предположительно очень густое скопление голубых сверхгигантов (до 50000 звезд).

Наша Галактика имеет перемычку – бар, с концов которой в 4000 пк от центра Галактики начинают закручиваться 3 спиральные рукава. Вблизи одного из них – рукава Ориона - находится Солнечная система. Период обращения Солнечной системы около центра Галактики составляет 195-220 млн лет.

***Галактики***

Галактики – пространственно отделенные, гравитационно-связанные системы космических тел, основными структурными элементами которых является от 106до 1023 звезд, которые содержат в себе до 95 % видимого галактического вещества, разные виды туманностей, планетные тела и космические объекты. Масса галактик от 1026 до 1043 кг, размерами от 103, возраст – более 1,3 ۰1010лет.

Мир галактик очень разнообразен. Но уже в 1925 г. Хаббл осуществил первую и очень удачную попытку классифицировать галактики по внешнему виду, разделив их на три типа: эллиптические Е, спиральные S и неправильные Ir.

Эллиптические галактики имеют вид кругов или эллипсов, яркость которых плавно уменьшается от центра к краю. Их делят на 8 подтипов от Е0 (круговой объект) до Е7(объект существенно сплющен)

Спиральные галактики состоят из ядра и нескольких спиральных рукавов или ветвей. В обычных спиральных галактиках (тип S) ветви выходят непосредственно из ядра.

В спиральных галактиках с перемычкой (тип SВ) ядро пересекается вдоль диаметра поперечной полосой из звезд – перемычкой или баром, от концов которой начинаются спиральные рукава. В зависимости от степени развития рукавов галактики S и SВ делятся на подклассы Sа, Sb, и Sс. У галактик подкласса Sа спиралей почти не видно, тогда как у галактик подкласса Sс почти все вещество сосредоточено в спиральных рукавах.

Промежуточными между галактиками Е и S являются линзовидные галактики, яркость которых от центра к краю изменяется скачками.

К неправильным галактикам относятся галактики, не имеющие четко выраженного ядра и симметричной структуры.

Наша Галактика - пересеченная спиральная галактика класса SВа.

Ближайшая к нам спиральная галактика в северном полушарии неба – Туманность Андромеды. В южном полушарии наблюдаются две неправильные галактики – Большое Магелланово Облако и Малое Магелланово Облако.

Примерно 25 % изученных галактик – эллиптические, 50 % - спиральные, 20 % - линзовидные галактики и лишь 5 % - неправильные.

В отдельные группы галактик выделяются:

- взаимодействующие галактики, связанные между собой «перемычками», «хвостами» и «гамма-формами», которые состоят из звезд;

- компактные галактики, которые не превышают по своим размерам 3000 св. лет, и изолированные в пространстве звездные системы, которые имеют значительно меньшие размеры;

- активные галактики – имеют особенно яркие ядра, из которых вырывается светящийся газ, движущийся с огромной скоростью – тысячи километров в секунду.

В особый класс космических объектов следует выделить квазары – квазизвездные радиоисточники.

Расстояние до галактик определяют несколькими способами на основе наблюдений тех объектов, которые находятся в них:

*а) звезд цефеид на основе соотношения «период перемены блеска – светимость цефеид»*

*б) звезд ярких голубых и красных гигантов и сверхгигантов – по фотометрической формуле*



*где  – видимая звездная величина звезды, М – абсолютная звездная величина;*

*в) вспышек новых и сверхновых.*

Расстояние до далеких галактик определяется по закону Хаббла

 =  =  , где Н = 75 км/(с۰Мпк) – постоянная Хаббла

Благодаря работам Нобелевских лауреатов С. Перлмуттера, А. Райсса и Б. Шмидта (2011), наблюдавших за вспышками сверхновых звезд и очень удаленных галактиках, стало ясно, что Вселенная расширяется с ускорением, т.е. кроме всемирного тяготения, существует всемирное антитяготение – отталкивание одних галактик от других. Эта сила, природа которой пока не ясна, проявляет себя на больших космологических расстояниях и связана, вероятно, со специфическими свойствами возможно существующей в межгалактическом пространстве темной невидимой материи, получившей название «темная энергия». Таким образом, можно предвидеть будущее Вселенной: ее расширение никогда не прекратится, а будет происходить все быстрее и быстрее.

***Распределение галактик в пространстве***

Проведя тщательное исследование галактик, Хаббл в 1934 г. предположил, что подобных объектов на всей небесной сфере насчитывается около 5 млн. Сейчас принято считать, что галактик величиной до 30mоколо 100 млрд.

Галактики очень редко бывают одиночными. Как правило, они расположены небольшими группами по несколько членов или входят в состав больших скоплений из сотен и тысяч галактик. Наша Галактика входит в состав так называемой Местной группы, которая содержит еще две большие спиральные галактики – Туманность Андромеды и галактику из созвездия Треугольника, а также более 20 карликовых и неправильных галактик, среди которых самые большие – Магеллановы облака.

Размеры скоплений галактик составляют несколько мегапарсек. В настоящее время известно сотни и тысячи звездных систем. Со многими скоплениями связаны мощные и протяженные источники рентгеновского излучения. Между скоплениями находится горячий газ очень малой плотности. В пространстве галактики распределены неравномерно. Области с повышенной плотностью чередуются с пустотами, в которых средняя плотность галактик значительно меньше.

В целом галактики и скопления галактик как бы располагаются на определенных поверхностях, напоминающих соты, охватывающие собой пустоты. Другими словами, распределение вещества во Вселенной имеет ячеистую структуру. А размеры пустот сравнимы с размерами сверхскоплений.

***Модели развития Вселенной***

Все представления о строении и возникновении Вселенной, которые были составлены к 20 –м годам XX в., можно считать теоретическими предположениями, так как информации полученной в результате наблюдений, было очень мало. И все же на основании этих данных вырисовывалась картина строения Вселенной. Возможны три варианта развития Вселенной: вселенная закрытая, открытая и пульсирующая. Все эти варианты объединяют одно утверждение: в какой-то момент времени (10 или 20 млрд лет тому назад) расстояние между соседними объектами Вселенной должно быть равно нулю. В этот момент, который называется Большим Взрывом, Вселенная представляла собой как бы точку с бесконечно большой плотностью (сингулярной). В этой точке все современные законы физики не применимы, а поэтому ее можно рассматривать как математический образ новой физической реальности. Теория Большого Взрыва говорит, что Вселенная возникла 18 млрд лет назад в результате большого взрыва. Все вещество в нашей современной Вселенной было сжато в первичное ядро – чрезвычайно горячую плотную точку, которая распалась вследствие сильного взрыва. Одновременно с излучением взрыв привел к выбрасыванию водорода, гелия и свободных электронов. Выброшенное в космос вещество расширялось и охлаждалось. Несколько млн лет спустя она сконденсировалась в галактики. Вселенная продолжала расширяться, и галактики продолжали отделяться друг от друга.

Следующая модель Вселенной – теория пульсирующей Вселенной - утверждает, что начало нашего мира положил Большой Взрыв, но расширение не будет продолжаться вечно. Гравитация его остановит. Согласно этой модели расширение будет замедляться до тех пор, пока не остановится, а затем Вселенная начнет сжиматься до точки. После этого произойдет новый Большой Взрыв.

Третья модель – теория стационарной Вселенной – утверждает, что мир не эволюционирует и не изменяется. Не было в прошлом начала, не будет в будущем конца.

Эволюционные теории предполагают, что Вселенная должна быть заполнена реликтовым излучением – слабым остатком излучения, которое сохранилось от Большого Взрыва. Первичное ядро, как бомба, которая взорвалась, во всех направлениях излучала мощные потоки коротких волн. Со временем это излучение должно было рассеяться, остыть и заполнить всю Вселенную. В наше время оно приходило бы на Землю в виде микроволн. Подобный микроволновый фон, который приходит со всех сторон, был зафиксирован в 1965 г., это открытие заставило засомневаться в правильности модели стационарной Вселенной. Наблюдения квазаров и определение плотности вещества во Вселенной дают дополнительные важные ключи для выбора первой эволюционной модели.

Если считать, что с момента Большого Взрыва до настоящего времени прошел один год, то можно составить календарь событий этого года:

1 января (0 ч 00мин00с) – Большой Взрыв

1 января (12.00) – образовались первые атомы

Март – образовались первые галактики

Апрель – образовалась наша Галактика

Июнь – процесс образования галактик завершился

Сентябрь – возникновение Солнца, солнечной системы

Октябрь – возникновение жизни

Ноябрь – микробиоты, возникновение фотосинтеза

Декабрь (1-5) – образование кислородной атмосферы

15 – первые многоклеточные

20 – возникновение бесхребетных

26 – первые динозавры

27 – первые млекопитающие

28 – первые птицы

29 – вымирание динозавров

30 – первые приматы

31 декабря (14 ч) – рамапитек

22ч30мин – первые люди

Новый год – 21 век.

**Вопросы для самоконтроля .**

1. Что такое Галактика .
2. Модели развития Вселенной
3. Происхождение Галактики .

**Тема 3.1.2Расстояния до звёзд**

Расстояния до ближайших звёзд впервые были измерены методом годичного параллакса (1835-1836, В.Я.Струве, Пулковская обсерватория близ Петербурга). Годичный параллакс - это половина угла, на который звезда смещается на фоне более далёких звёзд при взгляде с противоположных точек земной орбиты. Расстояния измеряются в парсеках ("параллакс-секундах"). 1 парсек - это расстояние, на котором объект имеет параллакс в 1 секунду дуги. В одном парсеке 3,26 светового года, или 206 265 астрономических единиц (расстояний от Земли до Солнца), или 31 триллион километров (3,1\*10 в тринадцатой степени). Ещё расстояние можно измерять в световых годах. 1 световой год - 0,307 парсека, или 63 271 а.е., или 9,5\*10 в двенадцатой степени километров. С Земли удаётся определить параллакс звёзд, расположенных не далее 100 парсеков. Спутник "Гиппарх" увеличил этот предел примерно до 1000 парсеков.

Удалённость далёких звёзд оценивается по расстоянию до аналогичных близких звёзд, изученных методом годичного параллакса. В этом смысле наиболее удобны объекты с определённой и хорошо известной светимостью. Поэтому большое значение имеет точное определение расстояния до цефеид, у которых светимость тесно связана с периодом их переменности (см. ниже). Известной светимостью обладают также сверхновые звёзды I типа. Кроме того, они издалека видны, а потому имеют большое значение для определения расстояния до других галактик, в которых они вспыхнули.

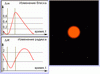
До ближайшей к Солнцу звезды - Проксимы Центавра - 4,2 светового года, или примерно 40 триллионов (т.е. 40 миллионов миллионов) километров [Купер, Хенбест, 1998]. Это в миллион раз больше, чем до Венеры - ближайшей планеты [Ю.Н.].

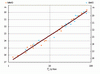
Сотни астрономов-специалистов и тысячи любителей исследуют переменные звезды. В последнем издании «Общего каталога переменных звезд», составленном Б. В. Кукаркиным, П. Н. Холоповым и их сотрудниками, насчитывается 20 436 объектов; 10000 других звезд нашей Галактики заподозрено в переменности, а за ее пределами известно более 5000 переменных. Тысячи звезд, даже довольно ярких, остаются малоизученными, и это едва ли не самая благодарная и полезная для науки сфера деятельности любителей астрономии. Одна только Американская ассоциация наблюдателей переменных звезд насчитывает свыше 2000 членов.

В XVIII веке наблюдателей переменных звезд было лишь двое — землевладелец из Йорка Пиготт и его друг, талантливый юноша Джон Гудрайк, а наблюдали они семь известных тогда переменных, три из которых открыли сами. В 1783 году Пиготт обнаружил изменяемость блеска эта Орла с периодом 7 дней, а в следующем году Гудрайк открыл переменность дельта Цефея и нашел, что ее блеск возвращается к прежнему состоянию каждые 5 дней 8 часов 37 минут. К началу нашего века было известно более 30 похожих звезд: блеск их изменялся в среднем на звездную величину с периодом от 2— 3 до 40 дней. Звезды этого класса назвали цефеидами. Их изучение дало наилучший способ определения больших расстояний.

В конце XIX века Гарвардская обсерватория (США) по инициативе Э. Пикеринга первой приступила к систематическому фотографированию звездного неба, открытию и исследованию по этим пластинкам переменных звезд. Отделение Гарвардской обсерватории в Перу среди других работ занималось изучением Магеллановых Облаков, сияющих на южном небе как изолированные кусочки Млечного Пути. В 1908 году Г. Ливитт опубликовала каталог 1777 переменных звезд, открытых ею в Малом Магелпановом Облаке. Для шестнадцати из них она смогла определить периоды изменения блеска. «Стоит отметить,— писала мисс Ливитт,— что более яркие переменные имеют больший период». Эти слова ознаменовали начало трудного пути, идя по которому люди научились понимать язык звезд.

Спустя четыре года Ливитт получипа уже периоды 25 звезд и сопоставила их на графике с блеском в максимуме и минимуме. Блеск оказался связанным с периодом линейной зависимостью, и она заключила: «Так как эти переменные звезды, вероятно, находятся на одинаковом расстоянии от Земли, их периоды, очевидно, связаны с количеством излучаемого ими света», то есть со светимостью. Так появилась знаменитая зависимость период — светимость. По-видимому, Ливитт понимала значение своего открытия. Ведь если известна светимость хотя бы одной звезды, то для любой другой звезды данного типа можно определить по периоду светимость и, сравнивая ее с видимым блеском,— расстояние. Но она ничего не сделала, чтобы расшифровать полученное ею сообщение из Магеллановых Облаков. Э. Герцшпрунг был первым, кто заставил работать зависимость период — светимость. Он понял, что переменные звезды, найденные Ливитт, и есть цефеиды, хорошо известные в окрестностях Солнца,— форма кривых блеска, амплитуды и периоды убедительно свидетельствовали об этом. Еще в 1907 году Герцшпрунг установил, что цефеиды — звезды высокой светимости, сверхгиганты. В 1913 году по тринадцати звездам с известным собственным движением он получил статистический параллакс цефеид и их среднюю светимость. Сравнивая видимые величины цефеид Малого Магелланова Облака с абсолютной величиной цефеид Галактики, Герцшпрунг впервые определил расстояние до Облака. К несчастью, опечатка в статье стала, видимо, причиной того, что его оценка не привлекла должного внимания: вместо 30 000 световых лет было напечатано 3000. Во всяком случае, расстояние до Облака действительно оказалось очень большим по сравнению с его размерами, и поэтому все цефеиды Магеллановых Облаков можно считать находящимися на одинаковом расстоянии от нас.

Зависимость среднего блеска цефеид в Магеллановых Облаках от периода переменности. Дальнейшая история зависимости период — светимость связана с именем Шелли. В 1918 году тридцатитрехлетний Шепли, сотрудник обсерватории Маунт Вилсон, предпринял новую калибровку зависимости период.—'светимость, выкинув две звезды из тринадцати цефеид Герцшпрунга, которые показались ему нетипичными. Далее он привлек переменные звезды в шаровых скоплениях. Они были двух видов: немногочисленные звезды с периодом 2—30 дней и десятки звезд типа RR Лиры с периодом в 0,3—0,7 дня. Наклон зависимости период — светимость, построенной для переменных звезд в каждом из трех шаровых скоплений, оказался очень близким к наклону, полученному Ливитт. Кривые блеска долгопериодических звезд в шаровых скоплениях были достаточно похожи на кривые блеска цефеид, (рис. справа ниже) и Шепли сделал ошибочный шаг, последствия которого больше тридцати пет мучили астрономов,— он решил, что светимость этих звезд такая же, как и у цефеид. Тем не менее Шепли впервые получил способ определения расстояния до шаровых скоплений, составляющих как бы костяк нашей Галактики. Используя эти расстояния, Шепли создал схему строения Галактики и нашел, что центр ее расположен в 10 кпс от нас, а не близ Солнца, как считали все предыдущие исследователи.

С помощью 100-дюймового рефлектора, вступившего в строй в 1918 году, Э. Хаббл к концу 1924 года обнаружил и исследовал в туманности Треугольника (М 33) 47 очень слабых переменных звезд и 36 таких же звезд в туманности Андромеды (М 31). Многие из них всеми своими характеристиками напоминали цефеиды. Хаббл определил их периоды и нашел, что амплитуда изменения блеска у этих звезд такая же, как и у галактических цефеид данного периода. Кривые блеска тоже ничем не отличались от кривых для цефеид Галактики и Магеллановых Облаков. Сомнений в том, что эти звезды в М 33 и М 31 — цефеиды, не могло быть. Примененная Хабблом зависимость период—светимость указывала, что расстояние М 33, например, составляет 285 клс. Даже при завышенных Шепли размерах Галактики туманность Треугольника оказывалась далеко за пределами Млечного Пути. Почти такое же расстояние Хаббл вскоре получил для М 31. Шепли был сражен его же собственным оружием—цефеидами, ведь он был убежден, что «спирали» находятся в пределах системы Млечного Пути, в нашей Галактике... Известие об открытии Хаббла уже проникло в газеты: «Э. Хаббл подтверждает предположение о том, что спирали являются звездными системами»,— писала «Нью-Йорк Тайме» 23 ноября 1924 года, но лишь уступая настояниям Рессела, Хаббл прислал статью об исследовании цефеид в М 33, М 31 и NGC 6822 на очередной съезд Американского астрономического общества в Вашингтоне. 1 января 1925 года Стеббинс прочел доклад Хаббла, и все поняли, что спор окончен навсегда.

Исследование цефеид в М 33 и М 31 позволило установить природу этих туманностей, а не просто означало разрешение их на звезды. Кстати, не Хаббл впервые разрешил их на звезды, как часто пишут, а еще Ричи с помощью 60-дюймового рефлектора, но Ричи не смог это доказать. На фотографии центра М 31, снятой им в 1910 году, можно отождествить десяток цефеид, открытых позднее Хабблом и Бааде. Если бы Ричи догадался получить серию пластинок и проблинковать их, он мог бы обнаружить и исследовать цефеиды в соседних галактиках еще в 1910 году. Правда, как Ричи вспоминал позднее, уже в 1919 году у него была подготовлена к печати статья, в которой доказывалось, что спирали—независимые галактики, но по некоторым причинам (вероятно, возражения руководства обсерватории Маунт Вилсон) она не увидела свет...

Благодаря исследованиям цефеид наше Солнце за какие-то десять лет переместилось из центра единственной всеобъемлющей системы Млечного Пути на окраину одного из бесчисленных островов в океане Вселенной. Это была подлинная революция в астрономии, по своему мировоззренческому значению уступающая только коперниканской. С середины 20-х годов размеры нашей Галактики, шкала расстояний во Вселенной и проблемы космологии оказались тесно связанными с нуль-пунктом зависимости период—светимость, то есть со значением светимости, принимаемым для цефеид данного периода. Начались бесчисленные попытки уточнения светимости цефеид. Большинство работ подтверждали нуль-пункт Шепли, но были косвенные основания для беспокойства. Светимость шаровых скоплений и Новых звезд туманности Андромеды оказывалась примерно на l"1^ меньше, чем в Галактике. Размеры Галактики существенно превосходили размеры туманности Андромеды — соседней звездной системы такого же типа. Бааде со 100-дюймовым рефлектором обсерватории Маунт Вилсон тщетно пытался уничтожить расхождение, улучшая шкалу звездных величин в туманности Андромеды. Расхождение исчезло бы, если бы цефеиды оказались на 1,5m ярче, чем по Шепли. Модуль расстояния туманности Андромеды стал бы тогда на I,5 больше.

Но эти и другие указания на необходимость увеличения светимости цефеид не привлекали внимания до 1952 года, когда Бааде объявил, что он не смог найти в туманности Андромеды звезд типа Лиры, несмотря на использование 200-дюймового рефлектора. Он даже и не пытался их искать—сразу же стало ясно, что это безнадежно. Ярчайшие красные гиганты, типичные для шаровых скоплений, появились только близ предела пластинки у 22,8m. Из построенной Сендиджем диаграммы цвет — светимость шарового скопления М 3 было видно, что красные гиганты на 1,5m ярче звезд RR Лиры. Модуль расстояния М 31, определенный по цефеидам, составлял 22,8, а по звездам RR Лиры он должен быть равен 24,3. Итак, не было другого выхода, как признать одно из двух: либо абсолютная величина звезд RR Лиры слабее нуля (значение, принятое Шепли), либо же цефеиды ярче, чем это дает нуль-пункт Шепли. Бааде предпочел второе. Увеличение модуля расстояния М 31 к тому же снимало различие в светимости шаровых скоплений и Новых звезд Галактики и туманности Андромеды.

Бааде выступил с этим сообщением на заседании Комиссии 27 Международного астрономического союза в августе 1952 года. Вслед за ним поднялся А. Теккерей, работающий на обсерватории в Претории, и сказал, что он только что обнаружил три звезды типа RR Лиры в шаровом скоплении Малого Магелланово-го Облака. И появились они не при 17,4m, как это должно было быть при нуль-пункте Шепли, а при 18,9m/ Различие снова составило 1,5m. Сомнений больше не было: астрономы сорок лет ошибались в оценке светимости своих самых важных звезд! И ошибались примерно вдвое в оценке всех расстояний, полученных с помощью цефеид, то есть в оценке расстояний до галактик. Это удвоение масштабов Вселенной имело огромные последствия для космологии. После 1952 года интерес к проблеме резко возрос. За пять лет вышло из печати более двух десятков статей о светимости цефеид. И снова астрономы оказались конформистами: теперь уже господствовала тенденция подтверждать выводы Бааде. Когда-нибудь наука о науке займется анализом этого любопытнейшего явления — бессознательной тенденции ученых подтверждать результат авторитетного специалиста. Пожалуй, причиной тому в астрономии — скудость наблюдательных данных, большие их ошибки и, вместе с тем, сравнительное обилие способов обработки и побочных факторов, которые можно учитывать по-разному. Среди несогласных с Бааде был П. П. Паренаго, глава московской звездноастрономической школы. Исходя в основном из нового определения статистического параллакса цефеид, проведенного в 1954 году А. Блаау и Г. Морганом, которые отобрали для этого 18 звезд с наилучшими собственными движениями, он получил поправку нуль-пункта Шепли в— 1,0m. Паренаго опирался также на новое значение светимости звезд типа RR Лиры. Тщательный анализ собственных движений этих звезд привел Е. Д. Павловскую к выводу, что их абсолютная величина составляет не 0,0m, a +0,5m. Тем самым сохранялась обнаруженная Бааде разница в l,5m между светимо-стями цефеид и звезд типа RR Лиры. К несчастью, достаточно близко от нас нет ни одной цефеиды, у которой можно было бы измерить тригонометрический параллакс с достаточной точностью.

На помощь пришел случай. В 1955 году Дж. Ирвин, занимаясь фотоэлектрической фотометрией южных цефеид, обнаружил, что яркая цефеида S Наугольника окружена многочисленными голубыми звездами. Заглянув в звездный атлас, Ирвин увидел, что цефеида сидит в рассеянном звездном скоплении NGC 6087. Вскоре так же случайно Ирвин установил, что U Стрельца расположена в центре скопления М 25. Очевидцы помнят, как блестели глаза Ирвина, когда он рассказывал об этом за чопорной процедурой утреннего чая в Капской обсерватории. В самом деле, ведь методы определения расстояний рассеянных скоплений были уже достаточно надежны! В том же году в Москве П. Н. Холопов сравнивал положения на небе рассеянных скоплений и переменных звезд. И среди многих переменных гвезд в скоплениях он особо отметил десяток цефеид. Проанализировав скудные тогда данные об этих цефеидах и скоплениях, Холопов пришел к выводу, что многие из цефеид могут быть физическими членами скоплений. В начале 1956 года он сдал в печать большую статью с анализом связи переменных звезд и скоплений, где говорилось и о цефеидах. В том же году появилась заметка Ирвина, а в следующем — сообщения Крафта и ван ден Берга. Крафт сравнивал координаты скоплений и цефеид, а ван ден Берг искал скопления вокруг цефеид на фотографиях Паломарского атласа неба. Большинство найденных ими в скоплениях цефеид уже были в списке Холопова, а его статья все еще находилась в печати и вышла лишь в 1958 году.

Однако и Холопова, и Ирвина опередил П. Дойг, и опередил на 30 лет! Еще в 1925 году он знал, что U Стрельца и S Наугольника входят в рассеянные скопления, и предлагал с помощью зависимости периjд—светимость определять расстояния до скоплений. Поистине, новое— это хорошо забытое старое... В 1957—1961 годах цефеиды в скоплениях тщательно изучали астрономы обсерваторий Маунт Вилсон и Паломар — А. Сендидж, Р. Крафт и X. Арп. Они получили фотоэлектрические кривые блеска и цвета пяти цефеид—наиболее «надежных» членов скоплений, построили диаграммы цвет—светимость скоплений и определили их расстояния. Эти данные позволили Сендиджу выдвинуть гипотезу о происхождении цефеид из массивных звезд главной последовательности, которая вскоре была подтверждена обнаруженной автором зависимостью период — возраст. Чем старше скопление, тем меньше масса его самых ярких звезд и период входящих в его состав цефеид. Эти звезды приобрели особое значение и для проверки теории звездной эволюции. В дальнейшем было показано, что после ухода массивных звезд с главной последовательности в их наружных слоях с необходимостью создаются условия, требуемые теорией для начала пульсации цефеид. Эти пульсации и вызывают переменность блеска.

Результаты исследования пяти цефеид в скоплениях были в 1961 году подытожены Крафтом. Он подтвердил увеличение на 1,5m светимости цефеид, предложенное Бааде. Но когда в 1965 году И. М. Копылов совместно с автором пересмотрели данные о цефеидах в скоплениях, они подтвердили поправку Паренаго—увеличение светимости цефеид лишь- на 1,0m. Это было связано с тем, что мы использовали другую методику при определении расстояний до скоплений. Чтобы найти расстояние до скопления, надо знать разность между видимой и абсолютной величинами (светимостью) его звезд, находящихся на главной последовательности. Светимость звезд данного спектрального класса на главной последовательности предполагается одинаковой у всех скоплений, но Крафт использовал значения светимостей, определенные Джонсоном, а мы — значения, полученные Копыловым, которые для ранних звезд (класса В) на O,5m меньше. Поэтому и светимости цефеид оказались у нас на О,5m меньше. Различие светимостей В-звезд на главной последовательности обусловлены, по-видимому, тем, что Джонсон опирался на расстояние одного только скопления Гиады, известное из геометрических соображений, а Копылов — на данные о нескольких скоплениях. Между тем появились указания на то, что Гиады обладают заметно большим содержанием тяжелых элементов, чем среднее рассеянное скопление. Это, как считают И. М. Копылов и автор статьи, и может быть наиболее вероятной причиной расхождений в значениях светимости звезд на исходной главной последовательности.

Проблема светимости цефеид ныне сводится к проблеме шкалы расстояний рассеянных скоплений, и поскольку здесь нет пока полной ясности, определения статистических параллаксов цефеид сохраняют актуальность, К сожалению, и здесь последние работы не дают согласующихся результатов. Исследователи цефеид сражаются с гидрой, у которой на месте отрубленной головы вырастает новая. За 50 лет усилий выявлена ошибка в I,5m и все еще возможна ошибка в 0,5m. Однако появляются наблюдательные данные, показывающие, что светимость звезд на главной последовательности, от которой зависят расстояния скоплений, связана с содержанием тяжелых элементов. Если это так, можно оптимистично смотреть в будущее; спектральный анализ и фотометрия звезд в скоплениях помогут уточнить их химический состав, а при нахождении расстояния до скопления, в котором есть цефеиды, будет использована главная последовательность, соответствующая содержанию металлов в данном скоплении. Исследования цефеид, определяющих шкалу расстояний во Вселенной, а следовательно, постоянную Хаббла и выбор между космологическими моделями, остаются важнейшей задачей астрономии.

**Тема 3.1.3 Виды Звезд**

Звезда – это гигантская горячая плазменная сфера, состоящая в основном из водорода и гелия. Они являются основными строительными блоками вселенной и играют важную роль в ее развитии и эволюции.

Звезды обладают собственной гравитацией, которая удерживает их вместе, и являются источниками света и тепла. Они излучают энергию в виде электромагнитного излучения, включая видимый свет, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение, а также рентгеновское и гамма-излучение.

Звезды образуются из облаков газа и пыли, которые сжимаются под воздействием гравитации. При достаточно высоких температурах и давлениях в центре облака начинают протекать ядерные реакции, превращая водород в гелий и высвобождая огромное количество энергии.

Размеры звезд могут варьироваться от карликов, размером с планету, до гигантов, в десятки и даже сотни раз превышающих размеры Солнца. Они также различаются по своей светимости, которая зависит от их размера, температуры и возраста.

Звезды играют важную роль в космической навигации и наблюдении. Они помогают определить направление и положение в космосе, а также изучаются для получения информации о процессах, происходящих во Вселенной

**Как звезды образуются**

Звезды образуются из огромных облаков газа и пыли, называемых молекулярными облаками. Эти облака состоят преимущественно из водорода и гелия, а также содержат следы других элементов.

Процесс формирования звезд начинается с коллапса молекулярного облака под воздействием гравитационных сил. Когда облако начинает сжиматься, его плотность и температура увеличиваются. В результате этого происходит рождение протозвезды.

Протозвезда представляет собой горячий и плотный объект, окруженный газом и пылью. В центре протозвезды начинается ядерный синтез, при котором водород превращается в гелий, освобождая огромное количество энергии. Это явление называется термоядерной реакцией.

Постепенно протозвезда становится все более стабильной и начинает сиять светом. Она превращается в звезду, которая продолжает существовать в течение миллиардов лет, питаясь ядерными реакциями в своем ядре.

Интересно отметить, что не все протозвезды превращаются в звезды. Некоторые из них могут разрушиться или превратиться в другие объекты, такие как коричневые карлики или планеты.

**Структура звезды**

Звезда – это гигантский шар плазмы, который поддерживает свою форму благодаря гравитации. Внутри звезды происходят различные физические процессы, которые определяют ее структуру и свойства.

Звезда состоит из нескольких слоев:

**Ядро**

Ядро звезды – это самая горячая и плотная часть. В ядре происходят ядерные реакции, в результате которых осуществляется превращение водорода в гелий. Это процесс, который выделяет огромное количество энергии и является источником света и тепла звезды.

**Оболочки**

Вокруг ядра звезды находятся оболочки, которые состоят из различных слоев плазмы. В этих оболочках происходят различные физические процессы, такие как конвекция и радиационный перенос, которые помогают передавать энергию от ядра к поверхности звезды.

**Атмосфера**

На поверхности звезды находится атмосфера, которая состоит из различных слоев газов. В атмосфере происходят характерные для звезды явления, такие как солнечные пятна и вспышки. Атмосфера также является источником излучения, которое мы видим как свет звезды.

Структура звезды может различаться в зависимости от ее массы, возраста и других факторов. Например, у молодых звезд может быть более сложная структура с активными областями и магнитными полями, в то время как у старых звезд структура может быть более устойчивой и равномерной.

**Классификация звезд**

Звезды классифицируются на основе их спектрального типа, светимости и температуры. Эта классификация помогает нам понять различия между звездами и классифицировать их в определенные группы.

**Спектральный тип**

Спектральный тип звезды определяется на основе ее спектра, который показывает, какие элементы присутствуют в атмосфере звезды и какие линии поглощения и излучения они создают. Спектральный тип обозначается буквами от O до M, где O – самые горячие и яркие звезды, а M – самые холодные и тусклые.

**Светимость**

Светимость звезды определяется ее яркостью, то есть количество энергии, которую она излучает. Светимость звезды может быть выражена в абсолютной или видимой величине. Абсолютная величина показывает, как ярка звезда на самом деле, если бы она находилась на расстоянии 10 парсек (около 32,6 световых лет) от Земли. Видимая величина показывает, как ярка звезда кажется нам с Земли. Чем меньше значение видимой величины, тем ярче звезда.

**Температура**

Температура звезды определяет ее цвет и спектральный тип. Чем выше температура, тем горячее и более синего цвета будет звезда. Низкая температура делает звезду более красной. Температура звезды измеряется в Кельвинах (K) и может варьироваться от нескольких тысяч до нескольких миллионов градусов.

Классификация звезд помогает нам лучше понять и изучать разнообразие звезд в нашей Галактике и Вселенной в целом. Она также позволяет нам сделать выводы о физических свойствах звезд и их эволюции.

**Жизненный цикл звезд**

Жизненный цикл звезд – это последовательность событий и изменений, которые происходят с звездой на протяжении ее существования. Жизненный цикл звезд зависит от их массы.

**Облако газа и пыли**

Жизненный цикл звезд начинается с облака газа и пыли, известного как молекулярное облако. Гравитационные силы начинают сжимать облако, вызывая его сжатие и повышение температуры.

**Протозвезда**

Когда облако достигает определенной плотности и температуры, начинается формирование протозвезды. Протозвезда – это горячий и плотный объект, который еще не достиг ядерного синтеза.

**Звезда главной последовательности**

Когда протозвезда достигает определенной температуры и давления в своем ядре, начинается ядерный синтез водорода в гелий. Это приводит к образованию звезды главной последовательности, которая является самым стабильным и продолжительным этапом в жизни звезды.

**Красный гигант**

Когда звезда исчерпывает запас водорода в своем ядре, она начинает расширяться и превращается в красного гиганта. В этом состоянии звезда становится больше и холоднее, но ее внешние слои становятся ярче.

**Планетарная туманность**

Когда красный гигант исчерпывает свои внутренние запасы топлива, он начинает отбрасывать свои внешние слои в космос, образуя планетарную туманность. В центре туманности остается ядро звезды, которое называется белым карликом.

**Белый карлик**

Белый карлик – это остаток ядра звезды после отбрасывания внешних слоев. Он состоит в основном из углерода и кислорода и остывает со временем, пока не станет черным карликом.

**Черный карлик**

Черный карлик – это конечный этап жизненного цикла звезды. Он представляет собой остывшее ядро звезды, которое больше не излучает свет и тепло.

Жизненный цикл звезд может быть различным в зависимости от их массы. Более массивные звезды могут пройти через этапы красного сверхгиганта и сверхновой взрыв, в результате которых они могут стать нейтронными звездами или черными дырами

**Светимость и температура звезд**

Светимость и температура являются двумя основными характеристиками звезд, которые помогают нам понять и классифицировать их.

**Светимость звезд**

Светимость звезды – это мера количества энергии, которую она излучает в единицу времени. Она измеряется в относительных единицах, называемых солнечными светимостями (L☉). Солнечная светимость – это светимость нашего Солнца, которая составляет около 3,8 × 1026 ватт.

Светимость звезды зависит от ее размера, температуры и стадии жизненного цикла. Более крупные и горячие звезды имеют более высокую светимость, поскольку они излучают больше энергии. Например, голубые супергиганты могут иметь светимость миллионы раз больше, чем светимость нашего Солнца.

**Температура звезд**

Температура звезды – это мера ее тепловой энергии. Она измеряется в кельвинах (K) или градусах Цельсия (°C). Температура звезды связана с цветом, который мы видим. Например, более горячие звезды имеют синий или белый цвет, в то время как менее горячие звезды имеют красный или оранжевый цвет.

Температура звезды также связана с ее спектральным классом. Звезды классифицируются по спектральной последовательности, которая включает классы от горячих и молодых звезд типа O до холодных и старых звезд типа M. Каждый класс имеет свой диапазон температур и характерные спектральные линии.

Изучение светимости и температуры звезд позволяет астрономам лучше понять их физические свойства, эволюцию и распределение в галактиках. Эти характеристики также помогают нам классифицировать звезды и определить их местоположение в графике Герцшпрунга-Рассела.

**Звездные системы и скопления**

Звездные системы – это группы звезд, которые связаны гравитационными взаимодействиями и вращаются вокруг общего центра масс. В таких системах может быть одна или несколько звезд, а иногда даже планеты и другие объекты.

Одиночные звезды, как правило, образуются из газа и пыли в облаках межзвездного вещества. Однако, некоторые звезды образуются вместе в группах, называемых скоплениями. Скопления могут быть относительно молодыми, где звезды образовались примерно в одно и то же время, или старыми, где звезды имеют разные возрасты.

Скопления бывают разных типов. Одним из наиболее известных типов скоплений являются шаровые скопления. Они представляют собой сферические группы звезд, которые обычно находятся вокруг галактического центра. Шаровые скопления содержат множество старых звезд и являются одними из самых древних объектов в галактике.

Другим типом скоплений являются открытые скопления. Они состоят из группы звезд, которые образуются вместе, но со временем разбегаются. Открытые скопления обычно содержат от нескольких десятков до нескольких тысяч звезд и часто можно наблюдать их на небе в виде ярких созвездий.

Звездные системы и скопления предоставляют уникальную возможность изучать процессы формирования и эволюции звезд. Они также помогают нам лучше понять структуру и динамику галактик, а также происхождение и развитие вселенной в целом.

**Вопросы для самоконтроля .**

1. Расстояние до звезд
2. Перечислите виды звезд
3. Что такое звездное скопление

**Тема 3.1.4. Звезная система Экзопланеты**

**Экзопланета** - это планета, принадлежащая иной, не Солнечной планетной систему.

Экзопланета (др.-греч. ἔξω, exō — вне, снаружи), или внесолнечная планета, — планета, находящаяся вне Солнечной системы.

На всех сайтах похожие друг на друга определения термина. Наверное, это из-за того, что новизна их открытия сравнительно недавняя, поэтому учёные не успели исследовать их более подробно и дать наиболее расширенное определение. Итак, из выше прочитанного я сделала вывод, что экзопланета – это планета, которая находится за пределами нашей Солнечной системы.

Но что особенного в этих экзопланетах? Чем они отличаются от планет наше Системы? Только ли тем, что находятся за её пределами? Эти вопросы побуждали меня на дальнейшие поиски новой информации.

За экзопланетами учёные всего мира ведут активные наблюдения. Но почему? Оказывается, причиной такой «*слежки*» является вопрос о возможности существования на них разумной жизни (или хотя бы простейших форм). Ведь эти объекты находятся далеко от нас и вызывают немалый интерес, что приводит к всевозможным исследованиям и выявлением некоторых признаков. Например, вот уже несколько лет подряд учёных обсерваторий мира интересует экзопланета Kepler-186f.

Эта планета отыскалась в системе звезды Kepler-186 созвездия Лебедь. По своим размерам она схожа с Землёй. Поверхность её твёрдая, но ни массу, ни состав планеты пока определить не удалось. Пока не ясен состав атмосферы, но вполне возможно его схожесть с земным. Самое значимое в этом открытии именно то, что доказано существование планет земных размеров, орбиты которых расположены в «*зоне жизни*».

В настоящее время учёными открыто свыше двух тысяч этих удивительных объектов! Все они отличаются по размерам и орбитам. Некоторые – гиганты, вращающиеся очень близко, а другие – ледяные или же скалистые. Из-за этого экзопланеты разделяют на отдельные группы. Подробная классификация, а также характеристики и особенности отдельно взятых групп представлены в моей работе далее.

**XX в. – век открытий**

В восьмидесятых годах прошлого века была совершена первая серьезная попытка поиска планет у одной из ближайших звезд - Летящей звезды Барнарда. Анализируя фотопластинки Питер Ван де Камп объявил о существовании планеты, в 1,6 раза тяжелее Юпитера с периодом обращения в 24 года.

Затем, расширив диапазон изученных архивных фотоснимков до 1916 года, он заявил о двух планетах с массой порядка массы Юпитера. Позднее космический телескоп имени Хаббла провел очень точные (до 0,001 угловой секунды) астрометрические измерения звезды Барнарда и Проксимы Центавры, не выявив никаких колебаний. Тогда и стало ясно, что наземные и неспециализированные космические обсерватории не способны обнаружить этим способом планеты даже около ближайших звезд.

Открытия экзопланет в начале 90-х годов пришли совсем с неожиданной стороны. Еще в начале 60-х, после появления первых мощных радиотелескопов, были обнаружены высокочастотные точечные источники радиоизлучения. Их назвали пульсары. Довольно быстро пульсары отождествили с нейтронными звездами. Испускающие мощные потоки релятивистских частиц и жесткого излучения, они являются одним из самых неблагоприятных мест для жизни в нашей Галактике.

Однако у пульсаров имеется одно уникальное свойство. Они обладают необычайно стабильной частотой импульсов. Измеряя очень малые периодические изменения частоты импульсов в течение несколько месяцев или лет, можно так точно измерить лучевую скорость пульсара, что реально зафиксировать колебания, вызванные влиянием на пульсар объектов с массой, даже меньшей, чем масса Луны!

В 1991 году американский астроном Александр Вольжан, анализируя несколько месяцев измерения периодичности пульсара PSR 1257+12 на радиотелескопе в Аресибо, пришел к выводу, что он окружен как минимум тремя планетами с массами в несколько масс Земли, и большими полуосями до 1 астрономической единицы. Очень точно измерив параметры системы, радиоастрономы впервые зафиксировали резонансные явления, наблюдаемые до этого только в Солнечной системе.

В данном конкретном случае учёные обнаружили довольно старую нейтронную звезду. Вращается она очень быстро, делая 161 оборот в секунду. В начале 2005 года было объявлено об открытие четвертого компонента этой системы, находящегося на орбите с большой полуосью до 4 а.е. и массой менее массы Цереры. Планетные системы пульсаров являются, по-видимому, очень редким явлением: кроме системы пульсара PSR 1257+12, был обнаружен только один газовый гигант у PSR B1620-26 b, называемый еще Мафусаилом. Большая полуось его орбиты составляет 23 а.е.(примерно соответствует орбите Урана в Солнечной системе).

Сотрудница ФИАН им. П. Н. Лебедева Татьяна Шибанова, работая на радиотелескопе в Пущине, обнаружила планеты у пульсара PSR 0329+54. Похоже, что данная система меньше предыдущей – масса планет равна соответственно 2 и 0,3 земной. Находятся они от пульсара на расстоянии 2 и 7 а.е.

Уже в 1996г. опубликована работа, согласно которой у звезды Лаланд 21185 (Большая Медведица) найдено два планетообразных спутника: один с массой 1,6 массы Юпитера и периодом обращения 30 лет, а второй – с массой 0,9 массы Юпитера и периодом 6 лет. Однако это уже произошло после грандиозного события, перевернувшего взгляд на методы и возможности поисков внесолнечных планет.

**Триумф спектрального анализа**

Еще в 1952 году Отто Струве опубликовал работу, в которой он обратил внимание на преимущества поиска планет у звезд с помощью спектроскопии, а также на возможность независимого подтверждения планеты, если она проходит между звездой и наблюдателем, путем точного измерения яркости звезды.

Однако понадобилось еще несколько десятилетий, что бы его идеи были реализованы на практике. В 1993 году Мишель Майор и Дидье Келос из Женевы на 1,93 метровом телескопе Обсерватории Верхнего Прованса (Франция) решили измерить лучевые скорости около сотни звезд до 8 звездной величины с точностью до 15 метров в секунду. Начав в сентябре 1994 года наблюдения звезды 51 Peg, они обнаружили колебания почти в 60 метров в секунду с очень коротким периодом - всего 4 дня! 6 октября 1995 астрономы объявили о своем открытии, после чего несколько недель продолжались ожесточенные дискуссии о реальности такого типа объектов.

Дж. Марси и П. Батлер подтвердили это открытие, обнаружив те же самые колебания в своих наблюдениях. Таким образом, Мишель Майор и Дидье Келос стали первыми, чьё открытие об существовании планет вне Солнечной системы было доказано. Уже первые три открытых газовых гиганта ошеломили теоретиков. Так, рядом со звездой 51 Peg была обнаружена планета с минимальным расстоянием до звезды ("горячий юпитер"), планета у звезды 70 Vir имела значительный эксцентриситет орбиты ("эксцентричный водный гигант"), и лишь орбита у 47 UMa b была похожа на орбиты планет в Солнечной Системе.

Это дало повод усомниться в прежних теориях о происхождении планетных систем. Была выдвинута гипотеза о миграции газовых гигантов во внутренние области с течением времени. Ее сторонники полагают, что газовые гиганты, сформировавшиеся на расстояниях в несколько а.е. от звезды, в течение последующих десятков миллионов лет мигрируют внутрь планетной системы, рассеивая планетозимали протопланетного диска (планетозимали при этом оказываются на дальних орбитах или вообще покидают планетную систему).

Однако недавно теории миграции был нанесен сильный удар - летом 2005 года был открыт "горячий юпитер" внутри тесной тройной системы звезд. Возможно, это говорит о том, что горячие юпитеры формируются изначально на близких к звезде орбитах. С другой стороны, сторонники теории миграции считают, что данная тройная система образовалась уже после формирования планеты путем гравитационного захвата (что тоже не исключено).

**Интересные открытия XXI века**

На экзопланете Kepler 78-b, открытой в 2013 году исследователями Массачусетского технологического института, новый год каждый день! Эта планета имеет земные параметры, но находится от нас на расстоянии 700 световых лет. Она оборачивается вокруг звезды за 8,5 часов. Это самый короткий из когда-либо обнаруженных орбитальных периодов. Дело в том, что Kepler 78-b находится в 90 раз ближе к своей звезде, ем Земля к Солнцу. Температура на поверхности этой экзопланеты составляет до 3000 градусов Цельсия. В таких условиях её верхний слой, скорее всего, представляет собой сплошной океан лавы. [4]

17 апреля 2014 года Национальное управление по воздухоплаванию и исследованию космического пространства (NASA) объявило об открытии экзопланеты в планетной системе красного карлика Kepler-186 в созвездии Лебедя. Данная планета открыта спутником «*Кеплер*». Благодаря ему получилось узнать радиус планеты. Также, помимо радиуса, у Kepler-186f (как её позже назвали) известен период обращения вокруг звезды.

Период обращения позволяет оценить температурный режим на поверхности планеты. Что это означает? Если планета находится слишком близко к совей звезде, на ней будет слишком жарко, и, если вы нальёте лужу воды, она испарится. Если слишком далеко – вода замёрзнет. Диапазон, в котором при наличии атмосферы на поверхности планеты может существовать жидкая вода, называют *зоной обитаемости*. Таким образом, Kepler-186f попадает в эту зону, и на ней допускается наличие жизни.

Совсем недавно международная группа учёных обнаружила небольшую планетную систему, состоящую из двух планет и обращающихся вокруг звезды Каптейн. Одна из интереснейших планет – планета Kapteyn b. Она является суперземлёй, так как её масса в 5 раз превышает массу Земли. Планета находится в зоне обитаемости, так как способна поддерживать воду в жидком состоянии.

Поэтому астрономы утверждают, что она может быть обитаема. Этому, в частности, может способствовать её возраст – 11,5 миллиардов лет. На сегодняшний день, Kapteyn b является самой «древней» из известных науке экзопланет. Другая экзопланета, её соседка, может показаться менее привлекательной, так как температура на её поверхности довольно низкая, а значит, что речи об существовании жизни на этой планете, по мнению большинства учёных, и быть не может. Также учёные интересуются данной планетной системой, потому что расстояние до неё всего лишь 13 световых лет.

А вот самая горячая из известных экзопланет – Wasp-33b была открыта у белой звезды Wasp-33 в созвездии Андромеда. Температура её поверхности составляет около 3200 °С, что делает её температуру сравнимой с температурой поверхности красного карлика. Дело в том, что планета расположена на очень малом расстоянии от материнской звезды (порядка 0,02 а.е.). В 2015 году, благодаря наблюдениям с телескопа Хаббл, у планеты была обнаружена стратосфера – учёные обнаружили в атмосфере Wasp-33b температурную инверсию, вызванную диоксидом титана. [4]

Также хотелось бы отметить недавнее событие, которое уже в скором времени поможет ещё более подробно изучать далёкие миры. 18 декабря 2019 года, Европейское космическое агентство (EKA) запустило орбитальную обсерваторию Cheops («*Хеопс*»). Измерив диаметр многих экзопланет при помощи метода транзита, она поможет определить их химический состав и внутреннюю структуру.

Программа наблюдения рассчитана на экзопланеты, период обращения которых не превышает 50 земных суток. При этом инструмент не будет искать новые планеты, а будет исследовать области ярких звёзд ( от 6-ой о 12-ой звёздной величины), у которых уже есть планеты в диапазоне размеров от Земли до Нептуна. Его главной целью является определение диаметра планет.

С 2016 и по сей день исследуется планетная система TRAPPIST-1, в которой целых 7 планет 3 из них находятся в обитаемой зоне, и на всех 7 планетах, при определённых атмосферных условиях, возможно наличие воды в жидком виде.

Классификация экзопланет  
Казалось бы, что всё уже пройдено и изучено. Однако всё ещё созерцает вопрос: а какими бывают экзопланеты

По данным специализированных спутников все экзопланеты разнообразны по своему. Некоторые превосходят нашу планету по массе и размерам, другие – по составу и атмосферным реакция, а третьи – могут и не отличаться ни тем, ни другим от нашей Земли! На этот счёт разрабатываются различные классификации экзопланет.

Например, существует классификация по Сударскому, разделяющая экзопланеты на 5 классов: *класс I* - аммиачные облака, класс *II – водные облака, класс* *III – безоблачные, класс IV – планеты с сильными линиями спектров щелочных металлов, класс V – кремниевые облака*. Однако эта систематизация не пользуется огромной популярностью у учёных. Рассмотрим ряд других.

**Классификация экзопланет по массе**

По массе и размерам экзопланет, была создана классификация по массе:  
*Планета-гигант* – массивная планета, которая обычно состоит из газов или льда, включающие такие вещества, как аммиак, метан, вода и т. д.  
*Мезопланета* – планета, которая меньше Меркурия, но крупнее Цереры.  
*Мини-Нептун –* планета меньше Урана и Нептуна.  
*Планемо* – объект планетарной массы, который не имеет никакой активности в своём ядре.  
*Планетар* – коричневый или субкоричневый карлик. Это псевдопланеты.  
*Суперземля* – планета больше по массе, чем Земля, но меньше Урана и Нептуна.  
*Супер-Юпитер* - планета более массивнее, чем Юпитер.  
*Миниземля* – планета менее массивнее, чем Земля.

Но для простоты изучения рядом учёных были выдвинуто основное разделение экзопланет: *планеты-гиганты, нептуны и планеты земного типа*. Именно этой классификацией чаще всего пользуются исследователи. Рассмотрим её подробнее.

*Планеты-гиганты.* Масса в интервале от 0.19 до 13 масс Юпитера. Отличаются почти звездным химическим составом, т.е. состоят в основном из водорода и гелия. Быстро вращаются. Из-за колоссального давления в недрах планеты водород переходит в металлическую фазу (или, другими словами, становится вырожденным).

Радиус планет, начиная от 0.3 масс Юпитера и до границы коричневых карликов (13 масс Юпитера), близок к радиусу Юпитера, или примерно в 10-11 раз превышает радиус Земли. Средняя плотность гигантов меняется от 0.28 г/куб.см (самые разреженные горячие юпитеры) до 12 г/куб.см (самые массивные планеты-гиганты в 10-12 масс Юпитера). Вторая космическая скорость этих планет превышает 37 км/сек и составляет обычно 45-70 км/сек. Скорее всего, все планеты-гиганты имеют сильное магнитное поле, усиливающееся с ростом массы планеты.

*Нептуны*. Масса в интервале от 7 до 60 масс Земли (0.022 - 0.19 масс Юпитера). Состоят большей частью из льдов (водяного, аммиачного, метанового, сероводородного) и скальных пород, составляющих примерно четверть полной массы планеты. Доля водорода и гелия в составе планеты не превышает 15-20%. Давление в недрах недостаточно для перехода водорода в металлическую фазу. Радиус близок к 4 радиусам Земли. Средняя плотность составляет 1.3-2.2 г/куб.см., вторая космическая скорость 18-30 км/сек. Магнитное поле сильно отличается от дипольного (например, планета может иметь два северных и два южных полюса).

*Планеты земного типа*. Масса меньше 7 масс Земли. Состоят в основном из силикатов (скальная компонента) и железа. Средняя плотность 3.5-6 г/куб.см. Радиус меньше 2 радиусов Земли. К землеподобным экзопланетам относится Kepler 238-b, возможно, некогда была теоретически пригодна для жизни, но затем мощная радиация центрального светила изменила эту ситуацию. Также экзопланета Глизе 832-С, которая может быть пригодна для жизни. Она расположена в 15 световых годах от Земли и большей нашей планеты в 5 раз.

**Вопросы для самоконтроля .**

1. Что такое «экзопланета»?
2. Какое название можно встретить чаще всего в списке открытых экзопланет?
3. Астроном, открывший первую экзопланету за пределами Солнечной системы в 1995

**Происхождение Галактик**

**Определение галактики**

Галактика – это огромное скопление звезд, газа, пыли и других космических объектов, объединенных гравитационными силами. Они являются основными строительными блоками Вселенной и содержат миллиарды и даже триллионы звезд.

Галактики различаются по форме, размеру и структуре. Существует несколько типов галактик, включая спиральные, эллиптические, неправильные и группы галактик.

Спиральные галактики имеют характерную спиральную структуру, состоящую из ярких спиральных рукавов, окружающих центральное ядро. Эллиптические галактики, как следует из названия, имеют эллиптическую форму и обычно не имеют спиралей или рукавов. Неправильные галактики не имеют определенной формы и часто выглядят как хаотический набор звезд и газа.

Галактики являются основными объектами изучения астрономии и играют важную роль в понимании происхождения и эволюции Вселенной. Изучение галактик позволяет узнать о формировании звезд, распределении вещества в космосе и даже о тайнах темной материи и черных дыр.

**Структура галактик**

Галактики имеют сложную структуру, которая включает в себя различные компоненты. Основные компоненты галактик включают звезды, газ и пыль, темную материю и черные дыры.

**Звезды**

Звезды являются основными строительными блоками галактик. Они образуются из облаков газа и пыли, которые сжимаются под воздействием гравитации. Звезды различаются по своей массе, размеру, температуре и яркости. Они являются источниками света и тепла для галактик.

**Газ и пыль**

Галактики содержат большое количество газа и пыли. Газ состоит в основном из водорода и гелия, а также других элементов в меньших количествах. Пыль состоит из мельчайших частиц, таких как углерод, кремний и железо. Газ и пыль играют важную роль в формировании новых звезд и планет, а также в поглощении и рассеивании света.

**Темная материя**

Темная материя – это загадочная форма материи, которая не излучает свет и не взаимодействует с электромагнитным излучением. Она составляет большую часть массы галактик, но ее природа до сих пор не полностью понята. Темная материя оказывает гравитационное влияние на звезды и газ в галактиках, помогая им оставаться стабильными и не разваливаться.

**Черные дыры**

Черные дыры – это области космического пространства, где гравитация настолько сильна, что ничто, даже свет, не может покинуть их. В галактиках могут находиться центральные черные дыры, которые образуются в результате коллапса массивных звезд. Черные дыры могут влиять на структуру галактик и играть важную роль в их эволюции.

Все эти компоненты взаимодействуют друг с другом и определяют структуру и свойства галактик. Изучение структуры галактик позволяет узнать о процессах формирования и эволюции галактик, а также о физических законах, которые управляют Вселенной.

**Состав галактик**

Галактики состоят из различных компонентов, которые взаимодействуют друг с другом и определяют их структуру и свойства. Вот основные компоненты, которые обычно встречаются в галактиках:

**Звезды**

Звезды являются основными строительными блоками галактик. Они образуются из облаков газа и пыли, которые сжимаются под воздействием гравитации. Звезды различаются по своей массе, размеру, температуре и яркости. Они являются источниками света и тепла, которые определяют внешний вид галактик.

**Газ и пыль**

Галактики содержат большое количество газа и пыли. Газ состоит преимущественно из водорода и гелия, а также других элементов в меньших количествах. Пыль состоит из мельчайших частиц, таких как углерод, кремний и железо. Газ и пыль играют важную роль в формировании новых звезд и планет, а также в поглощении и рассеивании света.

**Темная материя**

Темная материя – это загадочная форма материи, которая не излучает свет и не взаимодействует с электромагнитным излучением. Она обладает гравитационным влиянием и играет важную роль в формировании и эволюции галактик. Темная материя составляет большую часть массы галактик и влияет на их движение и структуру.

**Черные дыры**

Черные дыры – это области пространства, в которых гравитационное притяжение настолько сильно, что ничто, даже свет, не может покинуть их. В галактиках могут находиться центральные черные дыры, которые образуются в результате коллапса массивных звезд. Черные дыры могут влиять на структуру галактик и играть важную роль в их эволюции.

**Межгалактическое вещество**

Межгалактическое вещество – это газ и пыль, которые находятся между галактиками. Оно составляет большую часть массы Вселенной и играет важную роль в формировании и эволюции галактик. Межгалактическое вещество может быть в виде горячего газа, межзвездной пыли и темной материи.

Все эти компоненты взаимодействуют друг с другом и определяют структуру и свойства галактик. Изучение состава галактик позволяет узнать о процессах формирования и эволюции галактик, а также о физических законах, которые управляют Вселенной.

**Звезды**

Звезды – это светила, которые излучают свет и тепло благодаря ядерным реакциям, происходящим в их глубине. Они являются основными строительными блоками галактик и играют важную роль в эволюции Вселенной.

Звезды образуются из облаков газа и пыли, которые сжимаются под воздействием гравитации. При достаточно высоких температурах и давления в центре облака начинают протекать ядерные реакции, в результате которых происходит слияние атомных ядер и высвобождается энергия в виде света и тепла.

Звезды имеют разные размеры, массы и светимости. Самые маленькие звезды называются карликами, а самые большие – сверхгигантами. Светимость звезды зависит от ее размера и температуры. Наиболее яркие звезды называются звездами-гигантами.

Звезды также имеют разные цвета, которые связаны с их температурой. Самые горячие звезды имеют синий или белый цвет, а самые холодные – красный или оранжевый. Большинство звезд, включая наше Солнце, имеют желтый цвет.

Звезды существуют в разных стадиях своей жизни. Начиная с формирования из облака газа и пыли, звезда проходит через различные фазы, включая главную последовательность, красный гигант, белый карлик и, в некоторых случаях, взрыв в виде сверхновой или гамма-всплеска.

Изучение звезд позволяет узнать о процессах, происходящих во Вселенной, и о ее эволюции. Также звезды играют важную роль в формировании планет и возникновении жизни.

**Газ и пыль**

Газ и пыль являются важными компонентами галактик. Они составляют межзвездную среду, которая заполняет пространство между звездами в галактике.

**Межзвездный газ**

Межзвездный газ состоит в основном из водорода и гелия, а также некоторых других элементов, таких как кислород, углерод и азот. Этот газ находится в различных состояниях, включая горячий и редкий газ, холодные облака и плотные молекулярные облака.

Горячий и редкий газ обычно находится в околозвездных областях и имеет высокую температуру и низкую плотность. Он может быть обнаружен с помощью различных астрономических наблюдений, таких как рентгеновское и ультрафиолетовое излучение.

Холодные облака представляют собой области, где газ охлаждается и сжимается под воздействием гравитации. В этих облаках происходит формирование новых звезд и планет. Они обычно содержат молекулы, такие как молекулы воды и аммиака, и могут быть обнаружены с помощью радиоволновых наблюдений.

Молекулярные облака являются самыми плотными и холодными областями межзвездного газа. Они состоят из молекул, таких как молекулы водорода и углеродокислого газа. В этих облаках происходит интенсивное формирование звезд и планет. Молекулярные облака обычно обнаруживаются с помощью радиоволновых наблюдений.

**Межзвездная пыль**

Межзвездная пыль состоит из микроскопических частиц, таких как кремний, углерод и железо. Эта пыль обычно образует облака в межзвездной среде и может быть обнаружена с помощью оптических и инфракрасных наблюдений.

Межзвездная пыль играет важную роль в формировании звезд и планет. Она служит материалом для образования звездных систем и может влиять на их эволюцию. Кроме того, пыль может рассеивать и поглощать свет, что влияет на наблюдаемый цвет и яркость звезд и галактик.

Изучение межзвездного газа и пыли позволяет узнать о процессах, происходящих в галактиках, и о формировании звезд и планет. Эти компоненты также могут содержать химические элементы, необходимые для возникновения жизни.

**Темная материя**

Темная материя – это загадочная форма материи, которая не излучает, не поглощает и не отражает электромагнитное излучение, поэтому она невидима для наших телескопов. Ее существование было предположено на основе наблюдений гравитационного взаимодействия в галактиках и космологических моделей.

Темная материя составляет значительную часть всей материи во Вселенной – около 27%. Она играет важную роль в формировании и эволюции галактик и крупномасштабной структуры Вселенной.

Хотя природа темной материи до сих пор остается загадкой, существуют различные гипотезы о ее составе. Одна из самых популярных гипотез предполагает, что темная материя состоит из нейтральных частиц, которые взаимодействуют только гравитационно. Эти частицы называются виртуальными частицами или WIMP (слабо взаимодействующие массивные частицы).

Изучение темной материи является одной из главных задач современной астрономии и физики. Ученые проводят эксперименты на ускорителях частиц, наблюдают гравитационные эффекты и анализируют данные космических телескопов, чтобы попытаться раскрыть тайну темной материи и понять ее роль в формировании Вселенной.

**Черные дыры**

Черная дыра – это область космического пространства, в которой сила гравитации настолько сильна, что ничто, даже свет, не может покинуть ее. Они возникают в результате коллапса очень массивных звезд или слияния двух нейтронных звезд.

**Создание черных дыр**

Черные дыры образуются, когда звезда исчерпывает свои ядерные запасы и не может противостоять гравитационному коллапсу. В результате звезда сжимается до очень малых размеров, а ее масса остается неизменной. Это приводит к образованию черной дыры.

**Свойства черных дыр**

Черные дыры имеют несколько особенностей:

* **Гравитационное притяжение:** Гравитационное поле черной дыры настолько сильно, что ничто не может избежать ее притяжения, даже свет. Это делает черные дыры невидимыми для наблюдателей.
* **Горизонт событий:** Черная дыра имеет границу, называемую горизонтом событий. Это точка, за которой ничто не может покинуть черную дыру. Все, что попадает за горизонт событий, оказывается внутри черной дыры и никогда не может быть наблюдаемым.
* **Искривление пространства-времени:** Черные дыры искривляют пространство-время вокруг себя, создавая сильные гравитационные волны. Это может влиять на движение других объектов в космосе.

**Размеры черных дыр**

Черные дыры могут иметь разные размеры, в зависимости от своей массы. Существуют маленькие черные дыры, называемые стелларными, которые имеют массу нескольких раз больше массы Солнца. Также существуют супермассивные черные дыры, которые находятся в центрах галактик и имеют массу миллионов или даже миллиардов раз больше массы Солнца.

Изучение черных дыр позволяет ученым лучше понять гравитацию, структуру космоса и эволюцию звезд. Они также играют важную роль в формировании галактик и других космических структур.

**Межгалактическое вещество**

Межгалактическое вещество – это газ и пыль, которые находятся между галактиками в космическом пространстве. Оно является основным компонентом межгалактической среды и играет важную роль в эволюции и формировании галактик.

Межгалактическое вещество состоит преимущественно из водорода и гелия, а также небольшого количества других элементов. Оно распределено в виде облаков и филаментов, которые простираются на огромные расстояния в пространстве.

Одним из ключевых свойств межгалактического вещества является его низкая плотность. В среднем, плотность межгалактического вещества составляет около одной частицы на кубический метр. Это значительно меньше плотности внутри галактик, где плотность может достигать миллионов или даже миллиардов частиц на кубический метр.

Межгалактическое вещество также является источником гравитационного взаимодействия между галактиками. Оно может влиять на движение галактик и способствовать их слиянию или взаимодействию. Кроме того, межгалактическое вещество может быть источником питания для активных ядер галактик и квазаров.

Изучение межгалактического вещества позволяет ученым лучше понять процессы формирования и эволюции галактик, а также влияние гравитации на космическую структуру. Оно также может предоставить информацию о составе и эволюции Вселенной в целом.

**Таблица по теме “Галактики”**

| **Термин** | **Определение** | **Свойства** |
| --- | --- | --- |
| Галактика | Огромное скопление звезд, газа, пыли и темной материи, объединенных гравитационными силами. | * Имеют различные формы: спиральные, эллиптические, * неправильные. * Содержат миллиарды звезд и другие астрономические   объекты.   * Могут вращаться вокруг своей оси. * Между галактиками существуют взаимодействия,   такие как слияния и столкновения. |
| Звезда | Самосветящийся астрономический объект, состоящий в основном из горящего водорода и гелия. | * Источник света и тепла. * Могут иметь различные размеры, массы и температуры. * Образуются из газа и пыли в галактиках. * Могут существовать в одиночных экземплярах или в виде двойных или множественных систем. |
| Темная материя | Гипотетическая форма материи, которая не излучает, не поглощает и не отражает электромагнитное излучение. | * Не взаимодействует с электромагнитным излучением, поэтому невидима для нас. * Составляет большую часть массы галактик и всей Вселенной. * Влияет на движение звезд и галактик под воздействием гравитации. |
| Черная дыра | Область пространства, в которой гравитационное поле настолько сильное, что ничто, даже свет, не может избежать ее притяжения. | * Образуется после коллапса звезды большой массы. * Имеет сильное гравитационное поле, которое притягивает все вещество вокруг. * Может быть различных размеров, от микроскопических до супермассивных. * Играют важную роль в эволюции галактик и формировании звездных систем. |

. **Вопросы для самоконтроля .**

1.Что такое черные дыры

2.Что такое темная материя

3.дайте определение Межгалактическое вещество

**Тема 3.1.5 .Жизнь и разум во Вселенной**

Существует много определений понятия «жизнь» – столь же сложного, многогранного и неоднозначного, как понятия «Вселенная»,

«материя» и «разум», предельно широкого, отражающего самые общие черты действительности – категории, определяемой через описание основных характеристик и свойств.

Определение из энциклопедического словаря весьма уязвимо:

«Живыми называются системы, которые способны самостоятельно поддерживать и увеличивать свою очень высокую степень упорядоченности в среде с меньшей степенью упорядоченности» – по нему живыми являются все самоорганизующиеся и саморегулирующиеся системы – звезды, галактики и сама Метагалактика, коацерватные капли и многие сложные органические соединения, самопроектирующиеся и самосборные кибернетические устройства и т. д.. Предложение академика С.Ф. Лихачева рассматривать жизнь как некоторое неопределимое свойство Вселенной ничего не дает в плане практического использования понятия.

Не потеряло своей актуальности уточненное в ХХ в. определение Ф. Энгельса: «**Жизнь** – это способ существования белковых тел и нуклеиновых кислот» – вне живых организмов белки в природе не встречаются, хотя сложные органические соединения обнаружены в 80-х годах в составе ГМО.

По определению академика А.А. Ляпунова: «**Жизнь** – высокоустойчивое состояние вещества, использующее для выработки сохраняющих реакций информацию, кодируемую состояниями отдельных молекул». Его уточнил профессор И.С. Шкловский: «Живое вещество – сложный молекулярный агрегат, в котором имеется

«управляющая система», включающая в себя механизм передачи наследственной информации, обеспечивающей сохраняющие реакции следующим поколениям». Близкое определение жизни дал В.С. Троицкий. Наилучшим следует признать определение Н.В. Волькенштейн:

«**Живые тела**, существующие на Земле, представляют собой открытые, самоорганизующиеся и самовоспроизводящие системы, построенные из биополимеров – белков и нуклеиновых кислот».

«**Разум** есть способность материи познавать саму себя – фундаментальные законы природы и различные сущности» или, по- другому, «**Разум** – это способность живой материи к обмену

информацией с внешней средой, кодируемой понятиями» (В.С. Троицкий). Клетки коры головного мозга (нервные клетки) имеют наивысшую на Земле сложность организации. Носителем разума во Вселенной может быть только живая и высокоорганизованная материя.

Возникновение и развитие жизни и разума на Земле подготовлено всем ходом эволюции неживой материи Метагалактики. Закономерность и неизбежность возникновения и развития жизни и разума обусловлена одним из важнейших свойств Метагалактики – «антропным принципом» (см. главу «Вселенная»).

Вышесказанное определяет условия, необходимые и достаточные для проявления и развития жизни, возможное время ее возникновения в Метагалактике и на Земле, основные темпы и направления эволюции живых организмов.

В раннюю эпоху существования Метагалактики вплоть до образования галактик, жизнь не могла существовать из-за абсолютно неподходящих внешних условий. Не могла она возникнуть вблизи звезд I поколения, которые, скорее всего, не имеют планетных систем из-за 10– 40-кратного дефицита тяжелых химических элементов.

Для образования космических тел с современным химическим составом и соотношением изотопов тяжелых элементов их синтез должен был произойти за 4–6 млрд лет до образования Солнечной системы, т. е. не позже 9–11 млрд лет назад. Образование тяжелых элементов было особенно интенсивным в период формирования основных галактических структур; в нашем районе Галактики период интенсивного звездообразования закончился к моменту образования Солнечной системы.

Химические условия возникновения и развития жизни определяются составом ее молекулярных основ. Нуклеиновые кислоты ДНК и РНК построены из нуклеотидов, состоящих в свою очередь из сахара, азотистых оснований и фосфата; белки состоят из аминокислот. Все химическое разнообразие жизни на Земле исчерпывается 28 веществами: 20 видов аминокислот, 5 оснований, 2 углеводов и 1 фосфата, элементарный химический состав которых состоит из водорода (37,5 %), углерода (29,8 %), кислорода (18,3 %), азота (11,3 %), фосфора (3,1 %). Водород – самый распространенный химический элемент, углерод, кислород и азот – самые распространенные из тяжелых химических элементов, способные образовывать огромное число сложных и относительно стабильных молекул (благодаря наличию

химически инертных соединений углерода). Кислород – активный окислитель, его соединение с водородом Н2О, вода – широко распространенный универсальный биологический химический растворитель, остающийся в жидком состоянии в широком диапазоне температур, обладающий высокой диэлектрической проницаемостью и теплоемкостью.

Химические условия существования жизни налагают ряд дополнительных требований к физическим характеристикам объектов, на которых они могли бы реализоваться.

Химический состав объекта должен допускать наличие гидросферы и атмосферы приемлемого состава, состоящей из газов, способствующих возникновению и развитию живых организмов и поддерживающих необходимый энергетический режим (температуры и энергетической освещенности) без резких (критических) колебаний вышеупомянутых условий и давления. Так, углекислый газ в современной атмосфере Земли не только основное сырье для фотосинтеза, но и важнейший инструмент для поддержания температуры атмосферы с оптимальной концентрацией 0,03–0,04 %.

Масса объекта должна обеспечивать силу тяжести, достаточную для удержания постоянной атмосферы достаточной плотности у поверхности космического тела без перехода атмосферных газов в другие агрегатные состояния.

Орбита космического тела должна лежать в пределах «зоны жизни» данной планетной системы, обеспечивающей достаточную энергетическую освещенность поверхности в приемлемом диапазоне длин волн и иметь малый эксцентриситет во избежание резких колебаний внешних условий на поверхности тела. Объект должен вращаться вокруг своей оси со скоростью, достаточной для установления атмосферной и гидросферной циркуляции и некоторого усреднения физических условий на поверхности.

Всем вышеперечисленным условиям отвечают планетные тела (планетоиды и планеты земной группы) массой от 0,1 до 10 *М*⊕, входящие в состав планетных систем одиночных, медленновращающихся, обладающих постоянством светимости звезд главной последовательности II и последующих поколений спектральных классов F5–К5.исло планетных тел Галактики с благоприятными условиями для существования жизни определяется формулой: *N* = *N* \* ⋅ *fn* ⋅ *n e*, где *N* \* – общее число звезд Галактики (около 2⋅109);

fn – доля звезд, имеющих планетные системы (все одиночные медленновращающиеся

звезды, от 20 до 60 % звезд); ne – доля звезд, вблизи которых могут быть благоприятные для жизни условия (для

звезд классов F5–К5 около 0,01–0,02).

Если в каждой из вышеуказанных планетных систем «обитаема» лишь одна планета, то в настоящее время в Галактике может быть от 40 до 240 миллионов планет, на которых существует жизнь. Даже если по каким-либо причинам вероятность возникновения жизни в сотни и тысячи раз меньше, в Галактике сейчас должны быть сотни тысяч и миллионы населенных планетных тел.

Для Галактики это очень маленькая величина. Так, на расстоянии до 5 парсек (16,3 св. г.) от Солнца насчитывается 53 звезды, из которых лишь 3 – ε Эридана, τ Кита и ε Индейца – удовлетворяют вышеупомянутым условиям; однако у ε Эридана планетная система находится в стадии формирования.

В настоящее время в научных лабораториях подробно исследованы и воспроизведены первые этапы эволюции от «неживой» к «живой» материи:

1. Эволюция малых молекул (CH4, H2O, NH3, CO и т.д.).
2. Образование полимеров.
3. Возникновение каталитических функций.

Ведутся исследования последующего этапа эволюции – самосборки молекулгиперциклов, возникновения биологических мономеров (аминокислот, азотистых оснований и т.д.) и биополимеров, накоплены определенные сведения по следующему этапу – возникновению мембран и доклеточной организации. К сожалению, весьма далеки от окончательного понимания два важнейших заключительных этапа превращения «неживого» в «живое» – возникновение механизма наследственности и возникновение клетки.

Огромный интерес представляет решение проблем:

* Почему все белковые соединения в составе живого вещества имеют левую симметрию?
* Однократно или многократно возникала жизнь на Земле, было ли ее возникновение глобальным или локальным явлением?
* Почему жизнь на Земле не возникает из неживого в настоящее время?
* Почему у всех живых существ на Земле белки строятся только из 20 аминокислот из более чем 100 известных науке?

- Может ли возникнуть жизнь в других условиях, на принципиально иной химической основе? Основой жизни в Метагалактике могут являться:

1. широко распространенные химические элементы IV-VI групп таблицы Менделеева (углерод, кремний, кислород, фтор, азот, фосфор, сера и т.д.), способные образовывать сложные молекулярные цепочки, выполняющие функции органических молекул;
2. химические соединения (вода H2O, аммиак NH3, смесь воды с аммиаком, сероводород H2S, синильная кислота HCN, фтористый водород HF и т.д.), обладающие свойством быть одновременно кислотой и основанием: они способны стать биологическими растворителями. Водородная связь определяет структуру белков, нуклеиновых кислот и других органических соединений и их возможных аналогов.

«Аммиачная» жизнь является второй по вероятности распространенности после земной, основанной на соединениях углерода и воде. Аммиак обладает достаточно высокими теплотой плавления, парообразования и теплоемкостью, остается жидким в диапазоне температур от –77,7°С до –33,4°С при нормальном давлении; при возрастании давления температура кипения увеличивается (до +132,4°С при *р* = 112 атм). Океаны и моря из жидкого аммиака (или смеси аммиака с водой и гидроксиламином NH2OH) будут так же эффективно смягчать колебания температуры, как гидросфера Земли. Аммиак обладает некоторыми биологическими преимуществами перед водой (большей текучестью, способностью растворять органические соединения и т.д.).

«Аммиачная» жизнь может процветать на относительно холодных планетах земной группы и планетоидах с плотными атмосферами.

Менее вероятна жизнь на поверхности небольших планет с атмосферами из дициана C2N2 и гидросферами из цианистоводородной (синильной) кислоты HCN (*Т*замерзания = –13,4(С, *Т*кипения = +25,6(С при *р* = 1 атм).

В плотных атмосферах планет-гигантов в условиях низких температур (от – 100°С до – 50°С) может возникнуть сероводородная жизнь. Жизнь может появиться и на поверхности планетных тел с плотными атмосферами из смеси газов CS2, COS, CH4, N2, Ar, и гидросферами из сернистого ангидрида SO2 (*Т*замерзания = – 75,5°С, *Т*кипения =

– 10,2°С при *р* = 1 атм).

Кремний может успешно заменить углерод и быть цепочкообразующим элементом органических систем, молекулы которых основаны на связях Si–O–Si или Si–N–Si. «Кремниевая» жизнь может встретиться на планетах, обладающих очень плотными горячими (Т ≥ 300° С) атмосферами, обращающихся на небольшом расстоянии вокруг массивных горячих звезд.

Фтор – довольно редкий химический элемент, но жизнь на его основе могла бы существовать на планетах земной группы с атмосферами, содержащими свободный F2 как аналог кислорода, и океанами из фтористого водорода HF (*Т*замерзания = – 83,1°С, *Т*кипения = + 19,5°С при *р* = 1 атм), обращающихся на большом расстоянии вокруг высокотемпературных звезд с максимумом энергетической светимости в УФ-диапазоне.

В.С. Троицкий выдвинул гипотезу об однократном одновременном возникновении жизни как закономерном этапе эволюции Метагалактики (Вселенной) около 4-5 млрд лет назад везде, где возникли подходящие условия для появления и развития живых организмов.

...Некоторые ученые считают, что жизнь возникла не на Земле, а была занесена на нее из космического пространства в виде спор микроорганизмов размерами 0,2–0,6 мкм. Идея **панспермии** была выдвинута в 1907 г. С. Аррениусом и поддерживалась такими крупными учеными, как Э. Хойл, Ч. Викрамсинх, У. Крик, С. Ортель, К. Саган.

В составе планетарных и диффузных газопылевых туманностей и глобул обнаружены сложные органические соединения. При прохождении Солнечной системы через ГМО в спиральных рукавах на поверхность Земли может выпадать до 1014 органических молекул на м2. В пользу вышеупомянутой гипотезы свидетельствуют: универсальность генетического кода всех земных организмов и важность роли молибдена в живой клетке, более редкого на Земле, чем хром и никель, которые могли бы выполнять те же функции.

Устойчивые к ультрафиолетовому облучению и космической радиации споры действительно могли бы путешествовать между звезд, но для того, чтобы за миллиард лет Земля получила 1 спору, все остальные звезды Галактики должны иметь планеты, выбрасывающие в тот же срок в космос по 1 тонне спор.

В качестве места возникновения и развития жизни предполагались кометы и каменные метеориты – углистые хондриты, содержащие сложные органические вещества, в том числе аминокислоты (в составе метеорите Мерчисон было обнаружено 18 разновидностей аминокислот), не встречающиеся на Земле. Многочисленные данные свидетельствуют об изобилии органических соединений на поверхности Земли в эпоху ее формирования.

Бактерии способны размножаться в экстремальных условиях температур от – 25° С до 300° С при давлении до 1,3⋅108 Па. Они сохраняют жизнеспособность в виде спор при температурах от – 240° С до 600° С и давлении от 10-4-10-6 Па до 2⋅109 Па, облучении ультрафиолетовым излучением интенсивностью до 5⋅104 эрг/мм2 и жесткой радиации мощностью до 104 Гр. Колонии бактерий (E. coli) на борту АМС «Сервейер» смогли выжить в течение 1 года на поверхности Луны, и свыше 5 лет находившихся на открытой панели ИСЗ. В недрах Земли живут колонии микроорганизмов, использующие в качестве энергии водород. В ископаемых льдах Арктики и Антарктиды обнаружены споры микроорганизмов (до 107 клеток на грамм), находились в состоянии анабиоза от 20-40 тыс. лет до 8 млн лет! Некоторые ученые полагают, что у многих обнаруженных популяций микроорганизмов в условиях вечной мерзлоты метаболизм крайне замедляется, но не останавливается. Такая жизнеспособность обусловлена неразрывностью связи популяций организмов со средой обитания.

Отдельные группы земных микроорганизмов, примитивных грибов, дрожжей и водорослей могут не только выжить, но и размножаться в условиях, существующих в криосфере и на поверхности Марса или в океанах Европы.

И все же, несмотря на космическую распространенность органических веществ, гипотеза панспермии до сих пор не получила материального подтверждения, хотя массовая печать неоднократно в форме сенсаций сообщала об обнаружении в метеоритах окаменелостей микроорганизмов. Главным недостатком этой гипотезы является то, что перенос места возникновения земной жизни с поверхности Земли в глубины Вселенной не решает вопроса о происхождении жизни из неживой материи.

Генетический код живых организмов Земли имеет возраст 3,8 ± 0,6 млрд лет. Эволюция живых организмов от простейших форм к разумным существам занимает, по-видимому, несколько миллиардов лет – на Земле

3,5 млрд лет. Движущей силой эволюции являются мутации и естественный отбор – процессы, носящие статистический характер и обусловленные плавными медленными изменениями условий существования организмов (составом, плотностью и температурой атмосферы и гидросферы, климатом, рельефом, магнитным полем планеты, спектральным составом и уровнем освещенности поверхности и т. д.), причинами которых являются незначительные изменения в действии космических факторов в сочетании с мелкими, периодическими и беспорядочными колебаниями ряда основных характеристик внешней среды, в основе которых, как правило, также лежит действие космических процессов и объектов.

За всю историю существования Земли на ней проживало свыше 500 млрд видов живых существ. В настоящее время на Земле насчитывается около 2 млн видов животных, из них 75 % – насекомые. Млекопитающих всего 3500 видов, из них 2500 видов – грызуны.

Суммарная масса живого вещества на Земле составляет на континентах 2420 млрд тонн, из них 99,2 % – растения; в океанах 3,2 млрд тонн, растений всего 6,8 %.

Ряд ученых связывает появление новых видов разумных существ (и других видов живых организмов) на Земле с резкими изменениями (инверсиями) магнитосферы: уменьшение напряженности магнитного поля ведет к возрастанию облученности земной поверхности заряженными частицами солнечного ветра и космических лучей. 4,2–3,8 млн лет назад магнитные полюса 4 раза поменялись местами; 3,2–2,8 млн лет назад произошли еще 4 инверсии; последнее крупное изменение магнитного поля произошло около 40000 лет назад и совпало по времени с появлением кроманьонцев и вымиранием неандертальцев.

Существует также гипотеза о возникновении предков челов. около 5,5 млн лет назад в результате мутаций, вызванных усилением радиации в местах работы «естественных ядерных реакторов»: формирование Великого Африканского рифта происходило от 20 до 10 млн лет назад и в районе цепи Великих Африканских озер в глинистых линзах Окло (длиной до 0,5 км и толщиной до 10 м) концентрация урана повысилась от 0,5 % до 40 %, внутри них стали протекать цепные ядерные реакции.

**Темам3.1.6 .Вселенная сегодня: астрономические открытия.**

В 2013 году Европейское Космическое Агентство запустило космический аппарат

«Гайя» (Gaia). В качестве преемника миссии «Гиппарх» (Hipparcos), эта космическая обсерватория провела последние три с половиной года, собирая информацию о космосе. Прежде чем её миссия подойдёт к концу в следующем году (хотя её могут продлить), полученная информация будет использована для построения самой большой и наиболее точной астрономической 3D-карты.

Когда-то учёные полагали, что [Земля,](http://universetoday-rus.com/blog/2013-03-27-1082) [Луна](http://universetoday-rus.com/blog/2013-03-26-1075) и все [остальные планеты в Солнечной](http://universetoday-rus.com/blog/2013-01-27-908) [Системе](http://universetoday-rus.com/blog/2013-01-27-908) были идеальными сферами. То же самое относилось к [Солнцу](http://universetoday-rus.com/blog/2012-10-08-622), которое считалось небесным шаром, источником всего тепла и энергии. Но со временем исследования показали, что Солнце далеко не идеальное. Помимо [солнечных пятен](http://universetoday-rus.com/blog/2012-05-18-329) и [солнечных](http://universetoday-rus.com/blog/2012-07-07-436) [вспышек](http://universetoday-rus.com/blog/2012-07-07-436), Солнце совсем не сферическое.

С тех пор как [зонд Cassini прибыл на Сатурн в 2004 году,](http://universetoday-rus.com/blog/2012-10-18-666) было выявлено несколько поразительных вещей о [системе спутников планеты](http://universetoday-rus.com/blog/2014-04-23-1664). [Титан, крупнейший спутник Сатурна](http://universetoday-rus.com/blog/2012-06-28-415), был неким источником вдохновения. Между его метровыми озёрами, богатой углеводородами атмосферой и наличием "метрового круговорота" (похожего на круговорот воды на Земле), нет недостатка в увлекательных вещах, происходящих на этом спутнике Сатурна.

В [северном полушарии Марса](http://universetoday-rus.com/blog/2012-09-12-565) между южными высокогорными районами планеты и северными равнинами есть холмистый регион, известный как Colles Nili. Эта граница- маркер является наиболее характерной особенностью рельефа на Марсе, так как она несколько километров в высоту и окружена остатками древних ледников.

[Пояс Койпера](http://universetoday-rus.com/blog/2014-01-19-1610) последнее десятилетие был нескончаемым источником открытий. Начиная с [карликовой планеты Эриды](http://universetoday-rus.com/blog/2013-10-26-1526), которую впервые наблюдала Паломарская Обсерватория в обзоре неба, проведённом Майком Брауном в 2003 году, было открыто много интересных объектов Пояса Койпера (KBO), некоторые из которых сравнимы по размеру с Плутоном.

**Вопросы для самоконтроля**

1Рассказать о жизни во Вселенной

2.Вселенная сегодня

3. Перечислите астрономические открытия

**Литература**

**Для студентов:**

1. Воронцов-Вельяминов Б.А. Астрономия. Базовый уровень. 11 класс : учебник для общеобразоват. организаций / Б. А. Воронцов-Вельяминов, Е. К. Страут. — М. : Дрофа, 2021.
2. Левитан Е.П. Астрономия. Базовый уровень. 11 класс. : учебник для общеобразоват. организаций / Е. П. Левитан. — М. : Просвещение, 2021.
3. 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», 2021.

**Для преподавателей:**

1. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных федеральными конституционными законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 № 6-ФКЗ, от 30.12.2008 № 7-ФКЗ) // СЗ РФ. — 2009. — № 4. - Ст. 445.
2. Федеральный закон от 29.12. 2012 № 273-Ф3 (в ред. федеральных законов от 07.05.2013 № 99-ФЗ, от 07.06.2013 № 120-ФЗ, от 02.07.2013 № 170-ФЗ, от 23.07.2013 № 203-ФЭ, от 25.11.2013 № 317-ФЭ, от 03.02.2014 № 11-ФЗ, от 03.02.2014 № 15-ФЗ, от 05.05.2014 № 84-ФЗ, от 27.05.2014 № 135- ФЗ, от 04.06.2014 № 148-ФЗ, с изм., внесенными Федеральным законом от 04.06.2014 № 145-ФЗ) «Об образовании в Российской Федерации».
3. Приказ Министерства образования и науки РФ «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования» (зарегистрирован в Минюсте РФ 07.06.2012 № 24480).
4. Приказ Минобрнауки России от 29.12.2014 № 1645 «О внесении изменений в Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 17.05.2012 № 413 “Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования”».
5. Письмо Департамента государственной политики в сфере подготовки рабочих кадров и ДПО Минобрнауки России от 17.03.2015 № 06-259 «Рекомендации по организации получения среднего общего образования в пределах освоения образовательных программ среднего профессионального образования на базе основного общего образования с учетом требований федеральных государственных образовательных стандартов и получаемой профессии или специальности среднего профессионального образования».
6. Горелик Г. Е. Новые слова науки — от маятника Галилея до квантовой гравитации. — Библиотечка «Квант», вып.127. Приложение к журналу «Квант», № 3/2013. — М. : Изд-во МЦНМО, 2020.
7. Кунаш М. А. Астрономия 11 класс. Методическое пособие к учебнику Б. А.Воронцова-Вельяминова, Е.К.Страута /М. А. Кунаш — М. : Дрофа, 2021.
8. Кунаш М. А. Астрономия. 11 класс. Технологические карты уроков по учебнику Б. А. Воронцова-Вельяминова, Е. К. Страута / М. А. Кунаш — Ростов н/Д : Учитель, 2020.
9. Левитан Е.П. Методическое пособие по использованию таблиц — <file:///G:/> Астрономия/astronomiya\_tablicy\_metodika. Pdf
10. Сурдин В.Г. Галактики / В.Г. Сурдин. — М. : Физматлит, 2020.
11. Сурдин В.Г. Разведка далеких планет / В.Г.Сурдин. — М. : Физматлит, 2020. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями / В.Г.Сурдин. — Издательство ЛКИ, 2020.

**Интернет-ресурсы:**

1. Астрономическое общество. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www>.sai.msu.su/EAAS
2. Гомулина Н.Н. Открытая астрономия / под ред. В.Г. Сурдина. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.college.ru/astronomy/course/content/index.htm>
3. Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www>.sai.msu.ru
4. Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова РАН. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.izmiran.ru>
5. Компетентностный подход в обучении астрономии по УМК В. М.Чаругина. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=TKNGOhR3>w1s&feature=youtu.be
6. Корпорация Российский учебник. Астрономия для учителей физики. Серия вебинаров.

Часть 1. Преподавание астрономии как отдельного предмета. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=YmE4YLArZb0>

Часть 2. Роль астрономии в достижении учащимися планируемых результатов освоения основной образовательной программы СОО.