

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Факультет среднего профессионального образования

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

БУП.08 Астрономия

Специальность 40.02.01 Право и организация социального обеспечения

Форма обучения очная

Оренбург, 2022 г.

Лекция №1. Астрономия, её значение и связь с другими науками.

Вопросы лекции:

1. Астрономия как наука.
2. Эволюция взглядов человека на Вселенную. Геоцентрическая и гелиоцентрическая системы.
3. История развития отечественной космонавтики.

1. Астрономия - наука о Вселенной, изучающая движение, строение, происхождение и развитие небесных тел и их систем. Объекты изучения: звёзды, планеты, кометы, метеоры, туманности, галактики, материя, находящаяся в межзвёздном пространстве. Изучение происходит в разных диапазонах электромагнитных волн, оптическом, ультрафиолетовом, рентгеновском, и т.д.

Астрономия имеет три основные задачи:

- Изучение видимых и действительных положений и движения небесных тел в пространстве, определение их размеров и формы.
- Изучение физического строения небесных тел, т.е. химического состава и физических условий на поверхности и в недрах небесных тел.
- Исследование происхождения и развития, предсказание дальнейших судеб отдельных небесных тел и их систем.

Астрономия очень взаимосвязана с математикой, физикой, химией, философией, биологией. Нынешний вид астрономия приобрела лишь в 19 - 20 -х веках. До этого она неразрывно включала в себя ряд других отраслей знания и была теснее связана с философией и теологией.

2. Во 2 веке н.э. александрийский астроном Птолемей выдвинул свою “систему мира”. Он пытался объяснить устройство Вселенной с учетом видимой сложности движения планет.

Считая Землю шарообразной, а размеры ее ничтожными по сравнению с расстоянием до планет и тем более звезд, Птолемей, однако, вслед за Аристотелем утверждал, что Земля - неподвижный центр Вселенной. Так как Птолемей считал Землю центром Вселенной, его система мира была названа **геоцентрической**.

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

Также эту систему признавало Христианская религия. В основу своего миропонимания христианство положило библейскую легенду о сотворении мира Богом за шесть дней. По этой легенде Земля является “сосредоточием” Вселенной, а небесные светила созданы для того, чтобы освещать Землю и украшать небесный свод. Всякое отступление от этих взглядов христианство беспощадно преследовало. Система мира Аристотеля - Птолемея, ставившая Землю в центр мироздания, как нельзя лучше отвечала христианскому вероучению.

Свою систему мира великий польский астроном *Николай Коперник* (1473-1543) изложил в книге “О вращении небесных сфер”, вышедшей в год его смерти. В этой книге он доказал, что Вселенная устроена совсем не так, как много веков утверждала религия.

В основе **гелиоцентрической системы мира** лежали следующие утверждения:

1. В центре мира находится Солнце.
2. Земля и другие планеты движутся вокруг Солнца в одном направлении и вращаются вокруг одного из своих диаметров.
3. Это движение происходит по круговым орбитам.
4. Оно является равномерным, т. е. скорости движения планет по круговым орбитам постоянны.

Единицы измерения в астрономии:

1 а.е. (астрономическая единица) – расстояние от Земли до Солнца (**149,6 млн. км**).

1 св. год – расстояние, которое луч света проходит за год
≈ 63 300 а.е. ≈ 9 400 млрд. км.

1 пк (пс)(парсек – сокращ. от «параллакс» и «секунда») – расстояние на котором параллакс равен 1 угловой секунде (1”).
= 206 265 а.е. = 3,26 св. г. = 30 000 млрд. км.

3. 12 апреля 1961 г. — этот день навсегда вошел в историю человечества: утром с космодрома «Байконур» мощная ракета-носитель вывела на орбиту первый в истории космический корабль «Восток» с первым космонавтом Земли — гражданином Советского Союза Юрием Алексеевичем Гагариным на борту.

За 1 ч. 48 мин облетел земной шар и благополучно приземлился в окрестности деревни Смеловки Терновского района Саратовской области, за что был награжден Звездой Героя Советского Союза.

По решению Международной авиационной федерации (ФАИ) 12 апреля отмечается Всемирный день авиации и космонавтики. Праздник установлен указом Президиума Верховного Совета СССР от 9 апреля 1962 года.

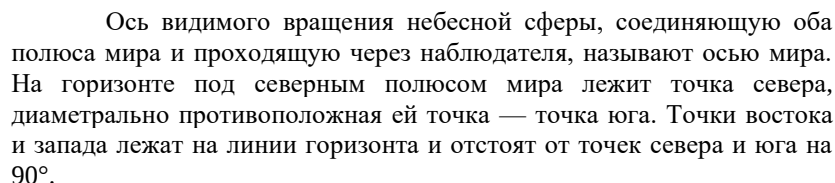
После полёта Юрий Гагарин непрерывно совершенствовал своё мастерство как лётчик-космонавт, а также принимал непосредственное участие в обучении и тренировке экипажей космонавтов, в руководстве полётами КК «Восток», «Восход», «Союз».

Первый космонавт Юрий Гагарин окончил Военно-воздушную инженерную академию имени (1961–1968), вёл большую общественно-политическую работу, являясь депутатом Верховного Совета СССР 6-го и 7-го созывов, член ЦК ВЛКСМ (избран на 14-м и 15-м съездах ВЛКСМ), президентом Общества советско-кубинской дружбы.

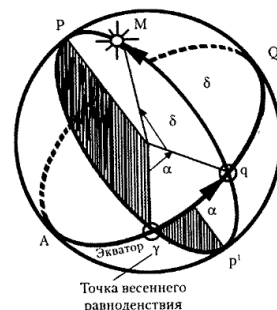
Вопросы лекции:

1. **Небесная сфера** — это воображаемая сферическая поверхность произвольного радиуса, в центре которой находится наблюдатель. Небесные тела проектируются на *небесную сферу*.

Точка небесной сферы, которая остается неподвижной при суточном движении звезд, условно называется *северным полюсом мира*. Противоположная точка небесной сферы называется *южным полюсом мира*. Отвесная линия, проходящая через наблюдателя, пересекает небо над головой в точке зенита и в диаметрально противоположной точке, называемой *надиром*.



Плоскость, проходящая через центр сферы перпендикулярно оси мира, образует плоскость небесного экватора, параллельную плоскости земного экватора. Плоскость небесного меридиана проходит через полюсы мира, точки севера и юга, зенит и надир.



экватора называется **склонением** ⁽⁸⁾, которое меняется от -90° до $+90^\circ$. *Склонение* считается положительным к северу от экватора и отрицательным к югу. **Прямое**

восхождение светила (α) измеряется углом между плоскостями больших кругов, один из которых проходит через полюсы мира и данное светило, второй — через полюсы мира и точку весеннего равноденствия, лежащую на экваторе.

Угловым расстоянием называется расстояние между объектами на небе, измеряемое углом, который образован лучами, идущими к объекту из точки наблюдения. Угловое расстояние светила от горизонта называют **высотой светила над горизонтом**. Положение светила относительно сторон горизонта называется **азимутом**. Отсчет ведется от юга по часовой стрелке. **Азимут** и высоту светила над горизонтом измеряют теодолитом. В угловых единицах выражают не только расстояния между небесными объектами, но и размеры самих объектов. Угловое расстояние полюса мира от горизонта равно географической широте местности.

Созвездия – это определенные участки звездного неба, разделенные между собой строго установленными границами. Созвездия - область неба с характерной группой звезд и всеми звездами, находящимися внутри его границ. Соседство звезд, кажущиеся, в проекции на небесную сферу.

Созвездия северного неба.



Созвездия южного неба



2. Суточное движение светил на различных широтах. С изменением географической широты места наблюдения меняется ориентация оси вращения небесной сферы относительно горизонта. Необходимо рассмотреть, какими будут видимые движения небесных светил в районе Северного полюса, на экваторе и на средних широтах Земли.

Определить географическую широту можно из наблюдения Полярной звезды. Если считать, что Полярная звезда указывает Северный полюс мира, то приблизительно высота Полярной звезды над горизонтом дает нам географическую широту места наблюдения. Если измерить высоту Полярной звезды в верхней и нижней кульминациях, то получим более точное значение широты места наблюдения:

$$\varphi = (h_B - h_N) / 2$$

Это равенство получаем из равенств $h_N = \delta - (90^\circ - \varphi)$ и

$$h_B = 90^\circ + \varphi - \delta$$

Эта формула пригодна для всех незаходящих звезд, у

которых верхняя и нижняя кульминации находятся по одну сторону от зенита.

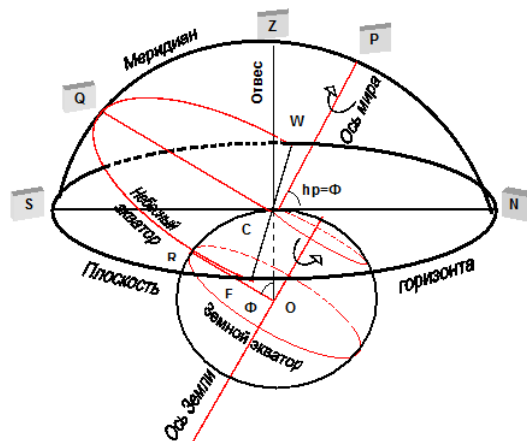
Определить географическую широту можно из наблюдения верхней кульминации звезд. Из равенств

$$h_B = (90^\circ - \varphi) + \delta \quad h_B = 90^\circ + \varphi - \delta$$

получим, что

$$\varphi = \delta \pm (90^\circ - h_B)$$

Знак «+» ставится, если звезда кульминирует к югу от зенита, а знак «-» - при кульминации звезды к северу от зенита.



3. На наблюдениях суточного вращения небесного свода и годичного движения Солнца, т.е. на вращении Земли вокруг оси и на обращении Земли вокруг Солнца, основано измерение времени.

Вращение Земли вокруг оси происходит почти равномерно, с периодом, равным периоду вращения небесного свода, который достаточно точно может быть определен из наблюдений. Поэтому по углу поворота Земли от некоторого начального положения можно судить о протекшем времени. За начальное положение Земли принимается момент прохождения плоскости земного меридиана места наблюдения через избранную точку на небе, или, что одно и то же, момент верхней (или нижней) кульминации этой точки на данном меридиане.

Продолжительность основной единицы времени, называемой сутками, зависит от избранной точки на небе. В астрономии за такие точки принимаются: а) точка весеннего равноденствия; б) центр видимого диска Солнца (истинное Солнце); в) среднее солнце - фиктивная точка, положение которой на небе может быть вычислено теоретически для любого момента времени.

Определяемые этими точками три различные единицы времени называются соответственно звездными, истинными солнечными и средними солнечными сутками, а время, ими измеряемое, - звездным, истинным солнечным и средним солнечным временем.

Здесь совершенно необходимо отметить, что эти различные названия времен, так же как и все другие, с которыми мы познакомимся в дальнейшем, относятся к одному и тому же реальному и объективно существующему времени. Иными словами, никаких различных времен не существует, есть лишь различные единицы измерения времени и различные системы его счета.

Сутки и их доли (часы, минуты и секунды) используются при измерении коротких промежутков времени. Для измерения больших промежутков времени служит другая единица меры, основанная на движении Земли вокруг Солнца, - тропический год. Тропическим годом называется промежуток времени между двумя последовательными прохождениями центра истинного Солнца через точку весеннего равноденствия.

Лекция №3. Строение солнечной системы.

Вопросы лекции:

1. Видимое движение планет. Развитие представлений о Солнечной системе.
2. Методы астрономических исследований.

1. В древности были известны 5 похожих на звезды, но более ярких светил, которые хотя и участвуют вместе со звездами в суточном вращении небосвода, но, кроме того, обладают самостоятельным видимым движением. Древние греки назвали эти светила **планетами** (греч. планета означает блуждающая). Невооруженным глазом можно увидеть блуждающие светила (планеты): Меркурий, Венеру, Марс, Юпитер и Сатурн.

Планеты всегда располагаются на небе недалеко от эклиптики, но в отличие от Солнца и Луны через определенные временные интервалы меняют направление своего движения. Они перемещаются между звездами в основном с запада на восток (как Солнце и Луна) - **прямое движение**. Однако каждая планета в определенное время замедляет свое движение, останавливается и начинает двигаться с востока на запад - **попятное движение**. Затем светило опять останавливается и возобновляет прямое движение. Поэтому видимый путь каждой планеты на небосводе - сложная линия с зигзагами и петлями. Эта траектория к тому же меняется от цикла к циклу, в течение которого планета возвращается примерно на одно и то же место среди звезд.

Петлеобразное движение планет длительное время оставалось явлением непонятным и загадочным, которое впоследствии нашло свое правильное и простое объяснение в учении Коперника.

Под **конфигурациями** планет понимают характерные взаимные расположения планет, Земли и Солнца. Конфигурации различны для **нижних** планет (орбиты которых находятся ближе к Солнцу, чем орбита Земли) и **верхних** планет (орбиты которых расположены за орбитой Земли).

Для нижних планет выделяют **соединения** и **элонгации** (удаления).

В нижнем соединении планета ближе всего к Земле, а в верхнем - дальше всего от нее. При элонгациях угол между направлениями с Земли на Солнце и на нижнюю планету, не превышая какой-то определенной величины, остается острым. Из-за эллиптичности планетных орбит наибольшие элонгации не имеют постоянного значения. У Венеры они заключены в пределах от 45° до 48° , а у Меркурия - от 18° до 28° . Обе планеты не отходят далеко от Солнца и поэтому ночью не видны. Продолжительность их утренней или вечерней видимости не превышает четырех часов для Венеры и полутора часов для Меркурия. Меркурий иногда совсем не виден, так как восходит и заходит в светлое время суток.

Различают восточную и западную элонгации. В восточной элонгации планета наблюдается вечером после захода Солнца, а в западной - утром перед восходом Солнца.

Для верхних планет характерны другие конфигурации.

Если Земля оказывается между планетой и Солнцем, то такая конфигурация называется **противостоянием**. Эта конфигурация наиболее благоприятна для наблюдений планеты, так как в это время планета находится ближе всего к Земле, повернута к ней своим освещенным полушарием и, находясь на небе в противоположном Солнцу месте, бывает в верхней кульминации около полуночи. Следует отметить, что у верхних планет нижнего соединения не бывает, поэтому не имеет смысла единственное соединение называть верхним.

Если угол между направлениями с Земли на верхнюю планету и на Солнце составляет 90° , то говорят, что планета находится в **квадратуре**. Различают западную и восточную квадратуры. В конфигурации западной квадратуры планета восходит около полуночи, а в восточной - заходит около полуночи. Моменты конфигураций планет и условия их видимости ежегодно публикуются в астрономических справочниках и календарях.

Промежуток времени, в течение которого планета совершает полный оборот вокруг Солнца по орбите относительно звезд, называется **звездным** или **сидерическим периодом обращения планеты**.

2. Среди методов астрономии, иначе методов астрономических исследований, можно выделить три основных группы: наблюдения, измерения, космический эксперимент.

Астрономические наблюдения - это основной способ исследования небесных тел и событий. Именно с их помощью регистрируется то, что происходит в ближнем и дальнем космосе. Астрономические наблюдения - главный источник знания, полученного экспериментальным путем.

Особенности астрономических наблюдений:

Особенность №1. Наблюдения весьма инертны, поэтому, как правило, для них требуется достаточно длительные сроки. Активное влияние на космические объекты, за редкими исключениями которые даёт пилотируемая и непилотируемая космонавтика, затруднено. В основном, многие явления, взять хотя бы трансформирование угла наклона оси Земли к орбитальной плоскости, могут быть зафиксированы лишь благодаря наблюдениям на протяжении нескольких тысяч лет. Следовательно, астрономическое наследие Вавилона и Китая тысячелетней давности, несмотря на некоторые несоответствия современным требованиям, до сих пор актуально.

Особенность №2. Процесс наблюдения, как правило, происходит с земной поверхности, в тоже время Земля осуществляет сложное движение, поэтому земной наблюдатель видит только определённый участок звёздного неба.

Особенность №3. Угловые измерения, выполняемые на основе наблюдений, являются основой для расчетов, определяющих линейные размеры объектов и расстояния до них. А так как угловые размеры звёзд и планет, измеряемые с помощью оптики, не зависят от расстояния до них, расчеты могут быть довольно неточными.

Основной инструмент астрономических наблюдений - оптический телескоп.

Виды оптических телескопов: рефракторы (линзовые), рефлекторы (зеркальные), а также зеркально-линзовые.

Основные из астрономических измерительных приборов - это координатно-измерительные машины.

Данные машины измеряют одну или две прямоугольные координаты с фотографического изображения или диаграммы спектра. Координатно-измерительные машины оснащены столом, на который помещаются фото и микроскопом с измерительными функциями, применяемым для наводки на светящееся тело или его спектр. Современные приборы могут иметь точность отсчёта до 1 мкм.

Космический эксперимент - это множество связанных между собой взаимодействий и наблюдений, дающих возможность получения необходимой информации об исследуемом небесном теле или явлении, осуществляемых в космическом полете (пилотируемом или непилотируемом) с целью подтверждения теорий, гипотез, а также совершенствования различных технологий, могущих принести вклад в развитие научных знаний.

Основные тенденции экспериментов в космосе:

Изучение протекания физико-химических процессов и поведения материалов в космическом пространстве.

Изучение свойств и поведения небесных тел.

Влияние космоса на человека.

Подтверждение теорий космической биологии и биотехнологии.

Пути освоения космического пространства.

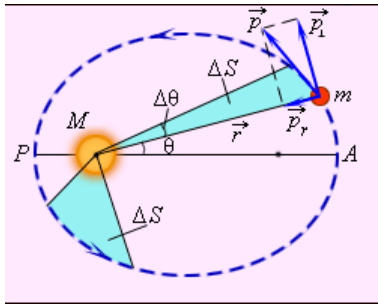
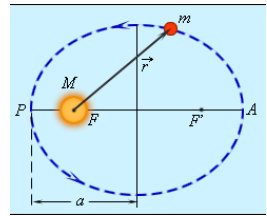
Лекция №4. Законы движения небесных тел.

Вопросы лекции:

1. Законы Кеплера.
2. Определение расстояний и размеров тел в Солнечной системе.
3. Движение искусственных спутников и космических аппаратов (КА) в Солнечной системе.

1. Первый закон Кеплера (1609 г.): Все планеты движутся по эллиптическим орбитам, в одном из фокусов которых находится Солнце.

На рисунке показана эллиптическая орбита планеты, масса которой много меньше массы Солнца. Солнце находится в одном из фокусов эллипса. Ближайшая к Солнцу точка Р траектории называется перигелием, точка А, наиболее удаленная от Солнца – афелием. Расстояние между афелием и перигелием – большая ось эллипса.



Второй закон Кеплера (1609 г.): Радиус-вектор планеты описывает в равные промежутки времени равные площади.

Третий закон Кеплера (1619 г.): Квадраты периодов обращения планет относятся как кубы больших полуосей их орбит:

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

Изобразим две орбиты, одна из которых – круговая с радиусом R , а другая – эллиптическая с большой полуосью a . Третий закон утверждает, что если $R = a$, то периоды обращения тел по этим орбитам одинаковы.

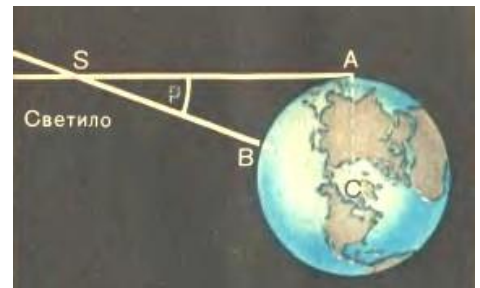
2. Классическим способом определения расстояний был и остается угломерный геометрический способ. Им определяют расстояния и до далеких звезд, к которым метод радиолокации неприменим. Геометрический способ основан на явлении параллактического смещения.

Параллактическим смещением называется изменение направления на предмет при перемещении наблюдателя

Для измерения расстояний до тел Солнечной системы за базис берут радиус Земли. Наблюдают положение светила, например Луны, на фоне далеких звезд одновременно из двух обсерваторий. Расстояние между обсерваториями должно быть как можно больше, а соединяющий их отрезок должен составлять угол, по возможности близкий к прямому с направлением на светило, чтобы параллактическое смещение было максимальным. Определив из двух точек А и В направления на наблюдаемый объект, несложно вычислить угол ρ , под которым с этого объекта был бы виден отрезок, равный радиусу Земли.

Угол, под которым со светила виден радиус Земли, перпендикулярный к лучу зрения, называется *горизонтальным параллаксом*.

Чем больше расстояние до светила, тем меньше угол ρ . Этот угол равен параллактическому смещению светила для наблюдателей, находящихся в точках Л и В, точно так же как СЛВ для наблюдателей веточках С и В. САВ удобно определять по равному ему ВСА а равны они, как углы при параллельных прямых (DC параллельна АВ по построению).



$$SC = D = \frac{R}{\sin \rho},$$

Расстояние

где R - радиус Земли. Приняв R за единицу, можно выразить расстояние до светила в земных радиусах.

Параллакс Луны составляет $57'$. Все планеты и Солнце гораздо дальше, и их параллаксы составляют секунды. Параллакс Солнца, например, $\rho_{\odot} = 8,8''$. Параллаксу Солнца соответствует среднее расстояние Земли от Солнца, примерно равное 150 000 000 км. Это расстояние принимается за *одну астрономическую единицу* (1 а. е.). В астрономических единицах часто измеряют расстояния между телами Солнечной системы.

3. Траектория космического аппарата состоит из двух основных участков: активного и пассивного. Движение на активном участке определяется в основном тягой реактивных двигателей и притяжением Земли. Пассивный участок траектории начинается с момента выключения двигателя последней ступени. На пассивном участке космический аппарат движется под действием притяжения Земли и других тел Солнечной системы (Луны, Солнца, планет).

Характер дальнейшего движения космического аппарата зависит от величины его скорости на границе сферы действия небесного тела.

Первая космическая скорость или Круговая скорость V_1 — скорость, которую необходимо придать объекту без двигателя, пренебрегая сопротивлением атмосферы и вращением планеты, чтобы вывести его на круговую орбиту с радиусом, равным радиусу планеты. Иными словами, первая космическая скорость — это минимальная скорость, при которой тело, движущееся горизонтально над поверхностью планеты, не упадет на неё, а будет двигаться по круговой орбите.

$$m \frac{v_1^2}{R} = G \frac{Mm}{R^2}; \quad v_1 = \sqrt{G \frac{M}{R}};$$

где m — масса объекта,

M — масса планеты,

G — гравитационная постоянная ($6,67259 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$),

R — радиус планеты.

Подставляя численные значения (для Земли $M = 5,97 \cdot 10^{24}$ кг, $R = 6371$ км) $v = 7,9$ км/с

Первую космическую скорость можно определить через ускорение свободного падения — так как $g = GM/R^2$, то

$$v_1 = \sqrt{gR};$$

Второй космической (параболической) скоростью называют скорость, которую надо придать телу у поверхности Земли, чтобы оно ее покинуло, двигаясь по параболической траектории.

Запишем закон сохранения энергии

$$\frac{mv_2^2}{2} - G\frac{mM}{R} = 0,$$

где слева стоят кинетическая и потенциальная энергии на поверхности планеты (потенциальная энергия отрицательна, так как точка отсчета взята на бесконечности), справа то же, но на бесконечности (покоящееся тело на границе гравитационного влияния — энергия равна нулю). Здесь m — масса пробного тела, M — масса планеты, R — радиус планеты, G — гравитационная постоянная, v_2 — вторая космическая скорость.

Решая это уравнение относительно v_2 , получим

$$v_2 = \sqrt{2G\frac{M}{R}}.$$

Между первой и второй космическими скоростями существует простое соотношение:

$$v_2 = \sqrt{2}v_1.$$

Третья космическая скорость — минимальная скорость, которую необходимо сообщить находящемуся вблизи поверхности Земли телу, чтобы оно могло преодолеть гравитационное притяжение Земли и Солнца и покинуть пределы Солнечной системы.

Для расчёта третьей космической скорости можно воспользоваться следующей формулой

$$v_3 = \sqrt{(\sqrt{2} - 1)^2 v_1^2 + v_2^2},$$

Четвёртая космическая скорость — минимально необходимая скорость тела, позволяющая преодолеть притяжение галактики в данной точке. Численно равна квадратному корню из гравитационного потенциала в данной точке галактики.

Лекция №5. Солнце как звезда.

Вопросы лекции:

1. Общие сведения о Солнце. Строение атмосферы Солнца.
2. Источники энергии и внутреннее строение Солнца.
3. Физическая природа звезд. Двойные звезды.

1. Солнце является звездой, то есть массивным газовым шаром, излучающим свет и тепло в результате протекания реакций термоядерного синтеза в его недрах.

– Солнечная постоянная – это энергия, которая каждую секунду поступает от Солнца на земную поверхность площадью один квадратный метр, расположенную перпендикулярно к солнечным лучам.

$$E_0 = 1370 \text{ Дж/м}^2$$

– Светимость Солнца – это мощность солнечного излучения со всей его поверхности.

$$L = 3,85 \times 10^{26} \text{ Вт}$$

– Наиболее плотным ее слоем называется фотосфера, то есть, видимая поверхность Солнца. Фотосфера имеет зернистую структуру, которая получила название грануляции.

– Солнечная корона – это внешний слой солнечной атмосферы.

– Протуберанцы – струи горячего вещества. Спокойные протуберанцы могут висеть над солнечной поверхностью часами, а эруптивные (то есть взрывные) протуберанцы резко выбрасываются на расстояние в десятки и даже сотни тысяч километров от поверхности Солнца и также быстро падают обратно.

– Солнечная активность – это целый комплекс явлений и процессов, происходящих в солнечной атмосфере.

– Солнечная активность характеризуется изменением количества пятен на Солнце, изменением количества протуберанцев, изменением формы солнечной короны, а также изменением количества и мощности вспышек на Солнце.

– Солнечная активность (в особенности вспышки) оказывают значительное влияние на жизнь различных организмов на нашей планете, да и на саму Землю – тоже.

Фотосфера является самым глубоким и плотным слоем атмосферы. Несмотря на то, что плотность фотосферы значительно меньше плотности земной атмосферы, фотосфера не пропускает никакие виды излучения, образующиеся в более глубоких слоях Солнца, поэтому, для нас нет никакой возможности заглянуть в эти слои. На снимках фотосферы можно различить зернистую структуру, которая получила название грануляции. Размеры гранул достигают сотен и даже тысяч километров. Основываясь на наблюдениях, грануляция находится в непрерывном движении. В центре гранул происходит подъем более горячего вещества из-под фотосферы, а более холодное вещество (окаймляющее гранулу) опускается под фотосферу. Время жизни одной гранулы составляет от 5 до 10 минут, а потом на её место приходят все новые и новые гранулы. Грануляция говорит нам о том, что энергия поступает на фотосферу из более глубоких слоев Солнца в результате конвекции.

2. На протяжении миллиардов лет Солнце каждую секунду излучает огромную энергию. Как и вообще все физические процессы, излучение Солнца и других звезд подчиняется важнейшему закону природы — закону сохранения и превращения энергии. Следовательно, энергия Солнца не может возникнуть из ничего и существуют источники, поддерживающие непрерывное излучение Солнца.

Согласно современным представлениям, в недрах Солнца и других звезд происходят термоядерные реакции. В ходе этих реакций, сопровождающихся большим выделением энергии, одни химические элементы превращаются в другие. Вы знаете, что самый распространенный элемент на Солнце — водород. В недрах Солнца он ионизован и находится в виде ядер атомов водорода — протонов. Скорость этих протонов в условиях огромных температур настолько велика, что они сближаются, преодолевая электрические силы отталкивания. На очень близких расстояниях вступают в действие мощные ядерные силы и начинаются реакции, в ходе которых возникают ядра новых химических элементов. Внутри Солнца водород превращается в гелий.

Конвективная зона - происходит перемешивание вещества. нагретые слои поднимаются к фотосфере и остыв, уступают место нижним более нагретым.

Зона излучения (Зона лучистого переноса) – (от 0,3R до 0,7R) здесь происходит процесс переноса энергии излучаемой ядром в вышележащие слои путем многократного поглощения и последующего ее переизлучения с постепенным увеличением длины волны и понижения температуры. Образовавшиеся в процессе ядерного синтеза фотоны с высокой энергией сталкиваются с электронами и ионами, порождая повторное световое и тепловое излучение. Лучистый теплообмен – передача тепла между нагретыми телами, обусловленная процессом испускания, переноса, отражения, поглощения и пропускания лучистой энергии. Промежуток времени, за который энергия, произведенная в ядре, достигает конвективной зоны, может измеряться миллионами лет. В среднем этот срок составляет 170 тысяч лет.

Ядро - центральная часть Солнца с радиусом примерно 150 000 километров, в которой идут термоядерные реакции. Плотность вещества в ядре составляет примерно 150 000 кг/м³ (в 150 раз выше плотности воды и в ~6,6 раз выше плотности самого плотного металла на Земле — осмия), а температура в центре ядра — более 14 миллионов градусов. Анализ данных, проведенный миссией SOHO, показал, что в ядре скорость вращения Солнца вокруг своей оси значительно выше, чем на поверхности. В ядре осуществляется протон-протонная термоядерная реакция, в результате которой из четырех протонов образуется гелий-4.

3. Спектры звезд

Распределение цветов в спектре = К О Ж З Г С Ф

В 1959г Г. КИРХГОФ, работая вместе с Р. БУНЗЕН с 1854г, открыли спектральный анализ, назвав спектр непрерывным и сформулировали законы спектрального анализа, что послужило основой возникновения астрофизики:

1. Нагретое твердое тело дает непрерывный спектр.
2. Раскаленный газ дает эмиссионный спектр.
3. Газ, помещенный перед более горячим источником, дает темные линии поглощения.

ЦВЕТ - свойство света вызывать определенное зрительное ощущение в соответствии со спектральным составом отражаемого или испускаемого излучения. Свет разных длин волн λ возбуждает разные цветовые ощущения:

от 380 до 470 нм имеют фиолетовый и синий цвет,
от 470 до 500 нм — сине-зеленый,
от 500 до 560 нм — зеленый,
от 560 до 590 нм — желто-оранжевый,
от 590 до 760 нм — красный.

Однако цвет сложного излучения не определяется однозначно его спектральным составом.

Глаз чувствителен к длине волны, несущей максимальную энергию $\lambda_{\max} = b/T$ (закон Вина, 1896г).

В начале 20-го столетия (1903—1907гг) Эйнар Герцшпрунг (1873-1967, Дания) первым определяет цвета сотен ярких звезд.

Температура звезд. Непосредственно связана с цветом и спектральной классификацией. Первое измерение температуры звезд произведено в 1909г германским астрономом Ю. Шейнер. Поверхности большинства звезд составляет от 2500 К до 50000 К.

Химический состав звезд. Определяется по спектру (интенсивности фраунгоферовых линий в спектре). Разнообразие спектров звезд объясняется прежде всего их разной температурой, кроме того вид спектра зависит от давления и плотности фотосферы, наличием магнитного поля, особенностями химического состава. Звезды состоят в основном из водорода и гелия (95-98% массы) и других ионизированных атомов, а у холодных в атмосфере присутствуют нейтральные атомы и даже молекулы.

Светимость звезд. Звезды излучают энергию во всем диапазоне длин волн, а светимость $L = T\sigma 4\pi R^2$ - общая мощность излучения звезды. $L_0 = 3,876 \cdot 10^{26} \text{ Вт/с}$. Большую светимость имеют звезды-гиганты, звезды малой светимости - звезды-карлики.

Лекция №6. Звёздная астрономия.

Вопросы лекции:

1. Основные характеристики звёзд. Внутреннее строение и эволюция звёзд
2. Виды звёзд.
3. Эволюция звёзд.

Массы звёзд вычисляются с использованием 3^{го} закона Кеплера. Массы большинства звёзд лежат в пределах от 0,03 до 60 масс Солнца.

Двойными звёздами называют близко расположенные пары звёзд. Типы двойных звёзд:

оптические двойные и физические двойные. **Физическая двойная звезда** –

система из двух гравитационно связанных звёзд,

обращающихся по замкнутым орбитам вокруг общего центра масс. **Кратными** называются звёздные системы, имеющие менее 10 компонентов. Кратная звезда состоит из трёх или более звёзд,

которые связаны друг с другом силами гравитации (или которые выглядят с Земли близкими друг к другу).

Звёздное скопление – гравитационно связанная группа из 10 и более звёзд, имеющих общее происхождение, движущаяся в гравитационном поле галактик и как единое целое.

Классы физических двойных звёзд:

В зависимости от условий наблюдения все звёзды делятся на:

1. **Визуально-двойные** – это двойные звёзды, компоненты которых можно увидеть отдельно (в телескоп или сфотографировать). Орбиты визуально-двойных сравнимы с орбитами планет-гигантов Солнечной системы.

2. Звёздные пары, двигаясь друг относительно друга, периодически заслоняют друг друга, при этом их блеск меняется. Такие звёздные пары называются **затменно-двойными**.

3. **Спектрально-двойные** – звёзды, двойственность которых устанавливается лишь на основании спектральных наблюдений.

4. **Астрометрически-двойные** – очень тесные звёздные пары, в которых одна из звёзд или очень мала по размерам, или имеет низкую светимость.

Планеты, находящиеся за пределами Солнечной системы, называются **экзопланетами**.

Размеры и модели звёзд

Размеры звёзд лежат в очень широких диапазонах:

от небольших белых карликов и нейтронных звёзд до огромных красных гигантов и гипергигантов.

В зависимости от массы и размеров звёзды различаются по внутреннему строению, хотя имеют примерно одинаковый химический состав.

Переменные и нестационарные звёзды.

Физические переменные (нестационарные) звёзды – переменные звёзды, у которых происходят периодические изменения блеска из-за

физических процессов, происходящих в их недрах. Мерцание звёзд происходит из-за колебаний воздуха земной атмосферы. Типы переменных звёзд:

пульсирующие и эруптивные. **Пульсирующие переменные** звёзды – это физические переменные звёзды,

у которых происходят периодические колебания блеска. **Эруптивные** – физические переменные звёзды,

которые проявляют свою переменность в виде вспышек. К ним относятся новые и сверхновые звёзды.

Мира А Кита – пульсирующая переменная звезда с периодом 332 дня, в течение которых её видимая звёздная величина меняется от 2,0^м до 10,1^м. Мириды –

класс пульсирующих переменных звёзд с периодом от нескольких недель до года и более. Практически все мириды являются красными гигантами. Изменение блеска мирид связано с их периодическим сжатием и расширением. Пульсационные колебания – изменение блеска звезды,

обусловленное нарушениями равновесия между силами гравитационного притяжения и лучевого давления.

Цефеиды – класс пульсирующих переменных звёзд с довольно точной зависимостью период-светимость, названный в честь звезды δ Цефея. Их блеск плавно и периодически меняется от 0,5^м до 2,0^м с периодом от 1,5 до 70 суток. Изменение светимости цефеид сопровождается изменениями их лучевой скорости и температуры. Период пульсации цефеид зависит от их светимости: чем она больше, тем больший период пульсации. Цефеиды – жёлтые яркие гиганты, гиганты или сверхгиганты спектральных классов F и G, обладающие очень высокой светимостью.

Переменные типа RR Лиры – тип радиально пульсирующих переменных звёзд с периодами от 0,2 до 1,2 дня и амплитудами изменения блеска от 0,2^м до 2^м.

Новые звёзды – звёзды, светимость которых внезапно увеличивается в 10³-10⁶ раз в течение суток. Новыми называют звёзды,

у которых внезапно увеличивается блеск. За время вспышки новая излучает 10³⁸ Дж энергии (столько энергии Солнце излучает за 100 тыс. лет).

Сверхновая I класса – переменная звезда, являющаяся результатом взрыва белого карлика. Сверхновая II класса является конечным этапом эволюции массивной одиночной звезды.

Нейтронная звезда – космическое тело, состоящее из нейтронной сердцевины, покрытой сравнительно тонкой (~1—2 км) корой вещества в виде тяжёлых атомных ядер и электронов.

Пульсар – нейтронная звезда,

обладающая очень быстрым вращением и мощным магнитным полем. Пульсар представляет собой источник строго периодических радиоимпульсов с периодом от 0,0014 с до 11,8 с.

Гиперновая – взрыв массивной звезды (с массой более 80 масс Солнца) после коллапса её ядра. Если после взрыва масса оставшегося вещества превосходит 2-3 М $\odot$,

то звезда сжимается в крошечное плотное тело. **Чёрная дыра** – область пространства-времени, гравитационное притяжение которой настолько велико, что даже свет не может его преодолеть.

Радиус Шварцшильда (гравитационный радиус) – критический радиус, до которого должна сжаться звезда, чтобы превратиться в чёрную дыру:

$$R=2GMc^2R=2GMc^2$$

Лекция №7. Галактика. Наша Галактика—Млечный путь.

Вопросы лекции:

1. Состав и структура Галактики.
2. Звёздные скопления. Межзвёздный газ и пыль.
3. Вращение Галактики.

1. Галактика - это некая система, объединяющая в себя звёзды или даже звёздные скопления, пыль, газ, тёмную материю и различные небесные тела: астероиды, планеты и так далее. Раньше их называли "звёздные острова". В такой системе все объекты связаны гравитационной энергией. Проще говоря, всё вращается вокруг центра масс.

Галактик великое множество (около 100 миллиардов) и все они распределены во Вселенной неравномерно. Существуют участки пространства, свободные от звёзд и систем - войды. А иногда бывает иначе - галактики объединены в целые группы.

По форме и размеру галактики бывают очень разными. Можно увидеть как карликовые, так и огромные. Бывают они спиральными, как "Млечный путь" (наша галактика), а бывают сфероподобными, дисковыми, линзовидными и вообще непонятной неправильной формы.

Масса их колеблется от 107 масс Солнца до 1012, а размер - от 16 до 800 световых лет. Также имеет значение такая важная характеристика, как скорость вращения (50-300 км/с).

Галактики могут взаимодействовать друг с другом. К примеру, если расстояние между ними не очень велико (не больше их диаметра), то, в зависимости от размера и массы, одна из них может оказывать существенное влияние на другую. Например, перетянуть себе всю тёмную энергию и межгалактический газ "соседки". Понятное дело, что после такого меньшая галактика окажется ущербной.

Иногда такие взаимодействия приводят к слиянию галактик. И процесс этот весьма красив, ведь объединение происходит довольно долго. Сначала они постепенно приближаются, при этом закручиваясь одна вокруг другой по спирали. И лишь потом происходит слияние звёздных систем и компонентов. Процесс этот сопровождается вспышками звездообразования (этакая иллюминация).

2. Всё межзвёздное пространство внутри Галактики заполнено межзвёздной средой. Её большая часть массы приходится на разреженный газ и пыль.

Основным компонентом межзвёздной среды является межзвёздный газ. Он на 70 % состоит из водорода и 28 % — из гелия. В зависимости от температурных условий и плотности межзвёздный газ может находиться в трёх различных состояниях: ионизированном, атомарном и молекулярном.

Почти все знания о межзвёздном газе были получены во второй половине XX века после того, как было обнаружено радиоизлучение нейтрального атомарного водорода. Оказалось, что основной уровень энергии этого атома разделён на два подуровня. И в среднем один раз за 11 миллионов лет (!) возможен переход электрона с одного из них на другой.

Помимо газа, в межзвёздном пространстве рассеяно бесчисленное количество микроскопических твёрдых частиц. Их типичный размер колеблется от 0,01 до 0,2 мкм. Считается, что эти частицы образуются и поставляются в межзвёздную среду за счёт расширения оболочек новых и сверхновых звёзд, холодных красных гигантов и сверхгигантов.

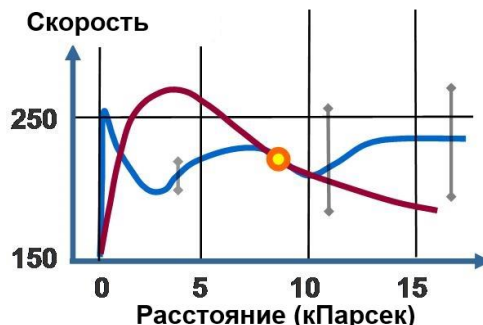
Межзвёздная пыль всегда сопутствует газу. На её долю приходится около 1 % от массы межзвёздного газа. И хотя газ и пыль в Галактике очень сильно разрежены, в некоторых её областях они могут концентрироваться. В этих местах мы наблюдаем так называемые газопылевые туманности. Все они делятся на два вида: тёмные и светлые (или диффузные).

В свою очередь выделяют три типа диффузных туманностей: отражательная, эмиссионная и планетарная.

Отражательными туманностями называются туманности, которые сами не излучают свет, а подсвечиваются ближайшими звёздами. Как правило такие туманности содержат большое количество межзвёздной пыли, которая рассеивает свет ближайшей звезды. Причём рассеяние голубого цвета более эффективно, чем красного. Поэтому отражательные туманности, как правило, имеют синеватый оттенок. Примером такой светлой туманности является туманность в скоплении Плеяды в созвездии Тельца. А также туманность Голова Ведьмы, которая связана с яркой звездой Ригель.

Области ионизированного водорода с температурой 8000—10 000 К проявляют себя в оптическом диапазоне как светлые эмиссионные туманности. Их свечение возбуждается ультрафиолетовым излучением близкорасположенных горячих звёзд (спектральных классов В и О, а также звёзд типа Вольфа — Райе). Цвет таких туманностей красноватый, так как именно этому цвету соответствует излучение водорода.

Кроме разреженного газа и пыли, в межзвёздном пространстве со скоростями, близкими к скорости света, движется огромное количество элементарных частиц и ядер различных атомов. Их потоки называют космическими лучами. А основными источниками частиц являются остатки сверхновых звёзд и пульсары. Изучение космических лучей позволило итальянскому учёному Энрико Ферми получить свидетельства существования межзвёздного магнитного поля.



3. Все небесные тела вращаются: Земля вращается вокруг своей оси, тем временем вращаясь, вокруг Солнца. Да и само Солнце вращается. Как нетрудно догадаться, мы кружимся вместе с нашей Галактикой - Млечным Путем

Наша Галактика осуществляет вращательное движение невероятно медленно: двести двадцать миллионов земных лет необходимо ей, чтобы завершить один полный оборот. За всю историю долгого галактического существования - в 4,6 миллиардов лет, наше Солнце и планеты, успели сделать вокруг центра галактики всего лишь двадцать оборотов.

Вращение галактики происходит оттого, что Млечный Путь имеет форму плоского диска, такого же плоского, как и диск Солнечной Системы. Центробежная сила, вызванная вращением - выравнивает "галактический диск". Все звезды в нем, следуют по своим круговым орбитам, вокруг центра Галактики. Звездные орбиты имеют разный диаметр и скорость.

Наша Галактика, содержит только видимые космические тела: планеты, газообразные скопления и т.д. - то ее вращение должно было бы привести к отталкиванию тел друг от друга. На самом деле, ученые вычислили, что общая масса Галактики, вероятно, в десять раз больше, чем сумма всех видимых звезд в ней. Причина этого - наличие невидимой темной материи, удерживающей вместе все вращаемые космические объекты. Астрономы полагают, что Млечный Путь имеет массу в один трлн. Солнц, и простирается в космосе более чем на 600000 световых лет - треть расстояния до соседней галактики Андромеды.

Все галактики во Вселенной вращаются. Если галактики перестанут вращаться, они рухнут внутрь космической пустоты или просто поглотятся сверхмассивными черными дырами.

1. По классификации, предложенной астрономом Эдвином Хабблом, в 1925 году существуют несколько видов галактик:

- эллиптические(E),
- линзообразные(S0),
- обычные спиральные(S),
- пересеченные спиральные(SB),
- неправильные (Ir).

Эллиптические галактики — класс галактик с четко выраженной сферической структурой и уменьшающейся к краям яркостью. Они сравнительно медленно вращаются, заметное вращение наблюдается только у галактик со значительным сжатием. В таких галактиках нет пылевой материи, которая в тех галактиках, в которых она имеется, видна как темные полосы на непрерывном фоне звезд галактики.

Спиральные галактики названы так, потому что имеют внутри диска яркие рукава звездного происхождения, которые почти логарифмически простираются из балджа (почти сферического утолщения в центре галактики). Спиральные галактики имеют центральное сгущение и несколько спиральных ветвей, или рукавов, которые имеют голубоватый цвет, так как в них присутствует много молодых гигантских звезд. Эти звезды возбуждают свечение диффузных газовых туманностей, разбросанных вместе с пылевыми облаками вдоль спиральных ветвей. Диск спиральной галактики обычно окружен большим сфероидальным гало (светящееся кольцо вокруг объекта; оптический феномен), состоящим из старых звезд второго поколения. Все спиральные галактики вращаются со значительными скоростями, поэтому звезды, пыль и газы сосредоточены у них в узком диске. Обилие газовых и пылевых облаков и присутствие ярких голубых гигантов говорит об активных процессах звездообразования, происходящих в спиральных рукавах этих галактик.

Линзообразные галактики — это промежуточный тип между спиральными и эллиптическими. У них есть балдж, гало и диск, но нет спиральных рукавов. Их примерно 20% среди всех звездных систем. В этих галактиках яркое основное тело – линза, окружено слабым ореолом. Иногда линза имеет вокруг себя кольцо.

Неправильные галактики — это галактики, которые не обнаруживают ни спиральной, ни эллиптической структуры. Чаще всего такие галактики имеют хаотичную форму без ярко выраженного ядра и спиральных ветвей. В процентном отношении составляют одну четверть от всех галактик. Большинство неправильных галактик в прошлом являлись спиральными или эллиптическими, но были деформированы гравитационными силами.

2. Чёрной дырой называют область в пространстве-времени, гравитационное притяжение которой настолько велико, что покинуть её не может даже свет. Разросшиеся до гигантских размеров чёрные дыры образуют ядра большинства галактик.

Сверхмассивная чёрная дыра — это чёрная дыра с массой около 105—1010 масс Солнца. По состоянию на 2014 год сверхмассивные чёрные дыры обнаружены в центре многих галактик, включая наш Млечный Путь.

Самая тяжёлая сверхмассивная чёрная дыра за пределами нашей галактики находится в галактике в гигантской эллиптической галактики NGC 4889 в созвездии Волосы Вероники. Её масса — около 21 млрд солнечных масс!

Плазма, выбрасываемая сверхмассивными черными дырами в центрах галактик может переносить огромное количество энергии на гигантские расстояния.

Активные галактики – одни из самых интересных и загадочных объектов нашей Вселенной. Основное отличие от обычных, спокойных галактик заключается в настолько большом количестве энергии, вырабатываемой в ядрах таких галактик, что его невозможно объяснить стандартными источниками энергии – звездами. Ядра активных галактик это самые яркие долгоживущие объекты во Вселенной, обладающие переменностью излучения в широчайшем диапазоне длин волн: от гамма-излучения до радиоволн.

В настоящее время наиболее общепризнанной является гипотеза о наличии в центре активной галактики сверхмассивной черной дыры. В этой модели большая часть искомой энергии может выделяться при падении окружающего вещества (процесс аккреции) на такую черную дыру.

Признаки активности ядер галактик:

1. Спектр электромагнитного излучения активной галактики занимает более широкий диапазон, чем спектры обычных галактик: от радио-диапазона до жёсткого гамма-излучения.
2. Наблюдается быстрая переменность блеска — изменение «мощности» источника излучения с периодом от 10 минут в рентгеновском диапазоне и до примерно 10 лет в оптическом и радио диапазонах.
3. Перемещение больших масс сильно разогретого газа с огромными скоростями в разных направлениях.
4. Видимые морфологические признаки (в частности, выбросы ("джеты") и "горячие пятна").
5. Общая мощность излучения значительно превышает мощность обычных галактик, причем основное количество энергии выделяется из компактного центра.

Лекция №8. Структура и эволюция Вселенной.

Вопросы лекции:

1. Представление о космологии.
2. Красное смещение. Закон Хаббла.
3. Эволюция Вселенной.

1. Космология - это наука, которая объединяет астрофизику и астрономию. Данные для нее получают путем наблюдения за астрономическими изменениями во Вселенной. Для этого применяются законы относительности, которые были приняты ещё самим Альбертом Эйнштейном. Уже в 20-х годах XX века эта наука была отнесена к классу точных, до этого она считалась частью философских учений. Современная космология на сегодняшний день становится очень популярной. Она объединяет в себе новые открытия в сфере физики, астрономии, астрологии и философии. Последним достижением является так называемая теория Большого взрыва, согласно которой наша Вселенная меняется в своих размерах из-за высокой плотности и температуры.

Это наука, которая объединяет знания по физике, математике, астрономии и философии. Космология изучает Вселенную как одно целое. В её основе лежит изучение появления всех небесных тел (планеты, Солнце, Луна, метеориты и т. д.), а также звездных скоплений. Теоретические утверждения космологии почерпнуты из астрономии, в некоторых случаях даже из геологии, а практические - из физики.

Исходя из утверждений ученых, Вселенная состоит из определенных структур: галактик, звёзд и планет. Каждая из них прошла определенную эволюцию:

прототипом галактик в древние времена были протогалактики;

для звезд это протозвёзды;

для планет - протопланетные облачные образования.

Самой изученной частью на данный момент является метagalaktika. Это объединение большого числа галактик, которые находятся в поле зрения астрономов.

Космология Вселенной на сегодняшний день обладает очень многими знаниями, однако в тоже время таит в себе много загадок. Разгадать которые под стать только самым гениальным учёным.

2. Одна из проблем внегалактической астрономии связана с определением расстояний до галактик и их размеров. В настоящее время измерены красные смещения тысяч галактик и квазаров. В 1912 г. американский астроном В. Слайфер обнаружил эффект красного смещения в спектрах далёких галактик. В 1929 г. американский астроном Эдвин Хаббл, сравнивая расстояния до галактик и их красные смещения, обнаружил, что последние растут в среднем пропорционально расстояниям (закон Хаббла), что и подтверждало гипотезу об удалении галактик, т. е. о расширении Метагалактики - видимой части Вселенной.

Красное смещение - увеличение волн линий в спектре источника (смещение линий в сторону красной части спектра) по сравнению с линиями эталонных спектров. Наибольшие красные смещения наблюдаются в спектрах далёких внегалактических объектов - галактик и квазаров - и интерпретируются как следствие расширения Вселенной. Величина смещения в первом приближении прямо пропорциональна лучевой скорости объектов, которая для внегалактических объектов пропорциональна расстоянию.

Закон Хаббла обычно используется для определения расстояний до внегалактических объектов по их красному смещению, если последнее достаточно велико. Красное смещение для наиболее далёких из известных галактик составляют приблизительно больше 1, а для ряда квазаров превышают 3,5.

Формула определения расстояний до галактик:

$$z = \frac{\lambda_{\text{нп}} - \lambda_{\text{ис}}}{\lambda_{\text{ис}}};$$

где g - расстояние до галактики; c - скорость света;

H - постоянная Хаббла (составляет от 50 до 100 км/(с·Мпк)). Значение постоянной Хаббла характеризует скорость расширения Вселенной в современную эпоху и по порядку величины определяет время, прошедшее с начала расширения до сегодняшнего момента. Для многих далёких внегалактических объектов закон Хаббла служит единственно достаточно надёжным способом оценки расстояний. Скорости удаления по красному смещению определяются сравнительно легко, в результате из данных о скорости и расстоянии находят постоянную Хаббла.

Галактики и скопления галактик обладают ещё собственными движениями. Поэтому экспериментально определённое значение постоянной может считаться известным с точностью 50%. Если принять $H=75$ км/(с·Мпк), то расширение Вселенной началось приблизительно 13 млрд. лет назад. Другие оценки дают значение 10-20 млрд. лет. (По последним данным обнаружен квазар на расстоянии 24 млрд. световых лет от Земли.)

Для очень больших расстояний необходимо учитывать эффекты общей относительности.

В этом случае формулу лучше записывать в виде:

$$H = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dt}$$

где R - масштаб, определяемый, например, расстоянием между любыми двумя скоплениями галактик в фиксированный момент в расширяющейся Вселенной не зависит от масштабов, т.е. является постоянной величиной.

Красное смещение надёжно подтверждает теоретический вывод о нестационарности области нашей Вселенной с линейными размерами порядка нескольких миллиардов лет. В то же время кривизна пространства не может быть измерена, оставаясь теоретической гипотезой.

3. Современные астрономические наблюдения свидетельствуют о том, что началом Вселенной, приблизительно десять миллиардов лет назад, был гигантский огненный шар, раскаленный и плотный. Его состав весьма прост. Этот огненный шар был настолько раскален, что состоял лишь из свободных элементарных частиц, которые стремительно двигались, сталкиваясь друг с другом. Момент, с которого Вселенная начала расширяться, принято считать ее началом. Тогда началась первая и полная драматизма эра в истории вселенной, ее называют “большим взрывом”.

Эволюцию Вселенной принято разделять на четыре эры: адронную, лептонную, фотонную и звездную.

Адронная эра. Первая эра называется адронной по имени тяжелых частиц. Состав Вселенной в начале этой эры очень сложный и представлен частицами столь высоких энергий, что экспериментально они еще не обнаружены. Характерной особенностью адронной эры является сосуществование частиц и античастиц, т.е. вещества и антивещества. Частицы и античастицы аннигилируют и возникают вновь, распадаются и рождаются в результате взаимодействий. Аннигиляция пары «частица-античастица» означает превращение их в излучение. Это свет, рентгеновские или гамма-лучи. При громадных энергиях, процессах аннигиляции и рождения частиц, материю в адронную эру можно охарактеризовать как некую адронную плазму, представляющую бесформенную, довольно однородную смесь частиц, античастиц и излучения.

Лептонная эра начинается с распада адронов в мюоны и мюонное нейтрино, а кончается через несколько секунд при температуре 1010 К, когда энергия фотонов уменьшилась до 1 Мэв и материализация электронов и позитронов прекратилась. Во время этого этапа начинается независимое существование электронного и мюонного нейтрино, которые мы называем “реликтовыми”. Всё пространство Вселенной наполнилось огромным количеством реликтовых электронных и мюонных нейтрино. Возникает нейтринное море.

Фотонная эра или эра излучения. Во время эры излучения продолжалось стремительное расширение космической материи, состоящей из фотонов, среди которых встречались свободные протоны или электроны и крайне редко - альфа-частицы. В период эры излучения протоны и электроны в основном оставались без изменений, уменьшалась только их скорость. С фотонами дело обстояло намного сложнее. Хотя скорость их осталась прежней, в течение эры излучения гамма-фотоны постепенно превращались в фотоны рентгеновские, ультрафиолетовые и фотоны света. Вещество и фотоны к концу эры остыли уже настолько, что к каждому из протонов мог, присоединится один электрон. При этом происходило излучение одного ультрафиолетового фотона (или же нескольких фотонов света) и, таким образом, возник атом водорода. Это была первая система частиц во Вселенной.

Кончается эра излучения и вместе с этим период “большого взрыва”. Так выглядела Вселенная в возрасте примерно 300 000 лет.

“Большой взрыв” продолжался сравнительно недолго, всего лишь одну тридцатитысячную нынешнего возраста Вселенной. Все события во Вселенной в тот период касались свободных элементарных частиц, их превращений, рождения, распада, аннигиляции. В столь короткое время (всего лишь несколько секунд) из богатого разнообразия видов элементарных частиц исчезли почти все: одни путем аннигиляции (превращение в гамма-фотоны), иные путем распада на самые легкие барионы (протоны) и на самые легкие заряженные лептоны (электроны).

Звездная эра. После “большого взрыва” наступила продолжительная эра вещества, эпоха преобладания частиц. Мы называем её звездной эрой. Она продолжается со времени завершения “большого взрыва” до наших дней. По сравнению с периодом “большого взрыва” её развитие представляется как будто слишком замедленным. Это происходит по причине низкой плотности и температуры.

Вселенная вступает в звездную эру в форме водородного газа с огромным количеством световых и ультрафиолетовых фотонов. Водородный газ расширялся в различных частях Вселенной с разной скоростью. Неодинаковой была также и его плотность. Он образовывал огромные сгустки, во много миллионов световых лет. Масса таких космических водородных сгустков была в сотни тысяч, а то и в миллионы раз больше, чем масса нашей теперешней Галактики. Расширение газа внутри сгустков шло медленнее, чем расширение разреженного водорода между самими сгущениями. Позднее из отдельных участков с помощью собственного притяжения образовались сверхгалактики и скопления галактик.

Итак, эволюцию Вселенной можно сравнить с фейерверком, который окончился. Остались горящие искры, пепел и дым. Мы стоим на остывшем пепле, вглядываемся в стареющие звезды и вспоминаем красоту и блеск Вселенной. Рассмотрим переход от отдельной эры к другой.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Факультет среднего профессионального образования

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СЕМИНАРСКИМ ЗАНЯТИЯМ

БУП.08 Астрономия

Специальность 40.02.01 Право и организация социального обеспечения

Форма обучения очная

Оренбург, 2022 г.

Астрометрия.

ТЕМА 1.1. Введение. Астрономия, её значение и связь с другими науками.

Семинарское занятие: Рассмотрение вопросов темы: «Введение. Астрономия, её значение и связь с другими науками»

Решение задач по теме «Астрометрия»

Методические указания:

В ходе семинарского занятия следует рассмотреть цели, задачи, предмет астрономии; эволюцию взглядов человека на Вселенную. А также сравнить гелиоцентрическую и геоцентрическую системы мира.

ТЕМА 1.2. Основы практической астрономии.

Семинарское занятие: Устный опрос по темам «Звёздное небо», «Небесные координаты»

Изучение звёздного неба с помощью подвижной карты

Построение графических моделей небесной сферы

решение тестовых заданий по теме «Основы практической астрономии»

Методические указания:

Примеры решения задач:

Задача 1

Когда в Гринвиче 10 ч 17 мин 14 с, в некотором пункте местное время равно 12 ч 43 мин 21 с. Какова долгота этого пункта?

Решение:

Местное время – это среднее солнечное время, а местное время Гринвича – это всемирное время. Воспользовавшись соотношением, связывающим среднее солнечное время T_m , всемирное время T_0 и долготу l , выраженную в часовой мере: $T_m = T_0 + l$, получим:

$$l = T_m - T_0 = 12 \text{ ч } 43 \text{ мин } 21 \text{ с.} - 10 \text{ ч } 17 \text{ мин } 14 \text{ с.} = 2 \text{ ч } 26 \text{ мин } 07 \text{ с.}$$

Ответ: 2 ч 26 мин 07 с.

Задача 2

В некоторой точке Земли звезды Дубхе и Мерак (α и β Большой Медведицы) одновременно появились над горизонтом. Чему (примерно) равна широта точки наблюдения?

Решение:

Звезды Дубхе и Мерак – крайние западные звезды ковша Большой Медведицы. Эти звезды – основа самого известного и легкого способа поиска Полярной звезды, так как линия, проведенная от Мерака к Дубхе и продолженная далее, проходит очень близко от Полярной звезды.

По условию задачи, звезды Дубхе и Мерак одновременно появляются над горизонтом. Следовательно, соединяющая их линия совпадает с горизонтом, и Полярная звезда также наблюдается на горизонте. Это может иметь место только вблизи экватора, на широте 0° .



Семинарское занятие: тестирование по теме «Астрометрия»

Небесная механика.

ТЕМА 2.1. Строение солнечной системы.

Семинарское занятие: Рассмотрение вопросов темы: «Строение солнечной системы»

Изучение движения Луны, солнечные и лунные затмения.

Составление таблицы «Сравнительные характеристики планет»

Изучение вулканической активности на спутнике Юпитера - Ио

Методические указания:

В ходе семинарского занятия необходимо рассмотреть принципы движения планет, сформулировать особенности строения Солнечной системы, рассмотреть методы астрономических исследований.

ТЕМА 2.2. Законы движения небесных тел.

Семинарское занятие Решение практических задач на тему «Небесная механика»

Контрольная работа по теме «Законы движения небесных тел»

Методические указания:

Примеры решения задач:

Задача 1

Определите афелийное расстояние астероида Минск, если большая полуось его орбиты $a = 2,88$ а. е., а эксцентриситет $e = 0,24$.

Решение:

Дано:	Решение:
$a = 2.88$ а. е.,	$Q = a(1 + e);$
$e = 0.24$	$Q = 2.88(1 + 0.24) = 3.57$ а. е.
$Q - ?$	Ответ: 3.57 а. е.

Задача 2

Определите период обращения астероида Белоруссия, если большая полуось его орбиты $a = 2,40$ а. е.

Решение:

Дано:	Решение:
$a = 240$ а. е.,	$\frac{T^2}{T_3^2} = \frac{a^3}{a_3^3}; \quad T^2 = a^3; \quad T = a\sqrt{a};$
$a_3 = 1$ а. е.,	$T = 2.4\sqrt{2.4} = 3,72$ года.
$T_3 = 1$ год.	
$T - ?$	

Семинарское занятие: Контрольная работа 1 по теме «Законы движения небесных тел»

Астрофизика и звёздная астрономия.

ТЕМА 3.1. Солнце как звезда.

Семинарское занятие: Решение практических задач на тему «Звёздная астрономия»

Тестирование по теме «Звёздная астрономия» Построение диаграммы Герцшпрунга-Расселла и её анализ.

Методические указания:

Физическая природа тел солнечной системы на основе докладов и мультимедийных презентаций:

Темы докладов:

1. Система "Земля - Луна". Природа Луны.
2. Характеристика планет земной группы:
 - а) Меркурий
 - б) Венера
 - в) Земля
 - г) Марс
3. Планеты-гиганты.
4. Астероиды и метеориты.
5. Кометы и метеоры.

ТЕМА 3.2. Звёздная астрономия

Семинарское занятие: решение задач на тему «Звёздная астрономия»

Методические указания:

Примеры решения задач:

Задача 1

Определите светимость Солнца, если солнечная постоянная равна 1370 Вт/м, а расстояние от Земли до Солнца — 1

а. е.

Решение:

Дано:

$$\sigma = 1370 \text{ Вт}$$

$$a = 149.6 \cdot 10^{23} \text{ м}$$

$L = ?$

Решение:

$$L = 4\pi a^3 \sigma;$$

$$L = 4\pi \cdot 1.496^3 \cdot 10^{23} \cdot 1370 = \\ = 3.85 \cdot 10^{26} \text{ (Вт)}$$

$$\text{Ответ: } 3.85 \cdot 10^{26} \text{ (Вт).}$$

Задача 2

Заполните таблицу с основными характеристиками Солнца.

Параметры	Величины
Среднее расстояние от Земли	
Линейный диаметр	109 D
Видимый угловой диаметр	32'
Масса	330000 M
Солнечная постоянная	1.37 кВт/м ²
Светимость	$3,85 \cdot 10^{26}$ Вт
Температура видимого внешнего слоя	5800 K
Химический состав внешних слоёв	-73% — H, — 25% — He, -2% — др.
Период вращения	25 сут — у экватора, 30 сут — у полюса
Температура в центре Солнца	-15 000 000 K
Абсолютная звёздная величина	-48
Возраст	-4,57 млрд лет
Средняя плотность	$1,41 \cdot 10^3$ кг/м ³

Семинарское занятие: тестирование по теме «Звездная астрономия»

Космогония и космология

ТЕМА 4.1. Наша Галактика–Млечный путь.

Семинарское занятие: Рассмотрение вопросов темы «Галактики»

Определение скорости удаления галактик по их спектрам.

Оценивание формы галактики методом «звёздных черпаков»

Рассмотрение вопросов темы «Наша Галактика–Млечный путь»

Методические указания:

Примеры решения задач:

Задача 1

За какое время солнце делает полный оборот вокруг центра галактики (млечного пути)?

Решение:

Наше Солнце (как и другие 300-400 млрд звёзд) вращается вокруг центра нашей галактики Млечный Путь на расстоянии ~ 27000 свет. лет от её центра по несколько наклонённой орбите к плоскости спирального галактического диска со скоростью около 250 км/с, делая полный оборот примерно за 200 миллионов лет.

Тестирование по теме «Наша Галактика–Млечный путь»

ТЕМА 4.2. Строение и эволюция Вселенной

Семинарское занятие: Оценивание возможности жизни на экзопланетах.

Групповая дискуссия на тему «Строение и эволюция Вселенной»

Контрольная работа по темам: «Наша Галактика–Млечный путь», «Галактики», «Строение и эволюция Вселенной».

Методические указания:

Темы докладов:

1. Виды Галактик:

- а) эллиптические
 - б) линзообразные
 - в) обычные спиральные
 - г) пересеченные спиральные
 - д) неправильные
2. Сверхмассивные черные дыры.

Методические указания:

Примеры решения задач:

Задача 1 Определите максимальное расстояние до галактики, в которой можно наблюдать переменные звезды типа RR Лиры.

Решение:

Переменные звезды типа RR Лиры (их еще называют короткопериодическими цефеидами) характеризуются практически одинаковой светимостью, не зависящей от периода. Абсолютная звездная величина таких звезд M равна $+0.5$. Будем считать, что современными средствами такую звезду можно обнаружить в другой галактике и исследовать ее переменность, если она будет не слабее $27m$. Расстояние до звезды r , выраженное в парсеках, можно найти по формуле

Получается, что звезды типа RR Лиры можно наблюдать на расстоянии до 3.2 Мпк.

Задача 2

Принимая постоянную Хаббла $H = 75 \text{ км/(с * Мпк)}$, определите расстояние до галактики, если красное смещение в ее спектре составляет 10000 км/с.

Решение:

$$D = v / H = 10000 / 75 = 133 \text{ (Мпк)}$$

Ответ: 133 Мпк.

Групповая дискуссия на тему «Строение и эволюция Вселенной»

Цель занятия: получить представлений об уникальном объекте - Вселенной в целом, узнать как решается вопрос о конечности или бесконечности Вселенной, о парадоксах, связанных с этим, о теоретических положениях общей теории относительности, лежащих в основе построения космологических моделей Вселенной; узнать какие наблюдения привели к созданию расширяющейся модели Вселенной, о радиусе и возрасте Вселенной, о высокой температуре в начальные периоды жизни Вселенной.

Задачи занятия:

1. образовательные:

- систематизировать знания по данной теме;
- познакомить обучающихся с космологией, понятием фотометрического парадокса, расширяющейся Вселенной, космологической моделью Вселенной, законом Хаббла, возрастом Вселенной;
- активизировать ранее полученные знания по физике и математике (спектральный анализ, Закон Всемирного тяготения, теория относительности А. Эйнштейна, отработка вычислительных навыков)
- научить анализировать информацию с последующей ее обработкой путем восприятия и самостоятельного анализа фактов;

2. развивающие:

- развивать навыки самостоятельности, творческой активности, коммуникативные способности студентов;
- развивать познавательный интерес к астрономии, умение осмысленно воспроизводить подобранный материал в ходе подготовки и проведения занятия, умение слушать и слышать;

3. воспитательные:

- сформировать научное мировоззрение и естественнонаучную картину мира в сознании учащихся на основе приведения в единую систему знаний о материи, основных направлениях ее развития, движении, пространстве, времени и их взаимной связи, фундаментальных законах материального мира, и раскрытия философских положений о материальном единстве и познаваемости мира при изложении астрономического материала;
- воспитывать патриотическое сознание при сообщении сведений о роли советских ученых в изучении природы галактик, внегалактических объектов и создания основных космологических теорий..

Тип занятия: обобщение изученного материала.

Форма занятия: Семинарское занятие – конференция.

Методы преподавания: словесный – беседа, рассказ, практический – решение задач, наглядный – использование компьютерной презентации, раздаточного материала.

Оборудование: мультимедийный проектор, ПК, презентация Microsoft Power Point, плакаты ученых-физиков, раздаточный материал.

В ходе данного занятия студент должен:

Уметь: понимать роль астрономии в формировании кругозора и функциональной грамотности человека для решения практических задач; уверенно пользоваться астрономической терминологией и символикой; решать астрономические задачи; применять полученные знания для объяснения условий протекания астрономических явлений в природе.

Знать: представление о роли и месте астрономии в современной научной картине мира; собственную позицию по отношению к астрономической информации, получаемой из разных источников; о наиболее важных открытиях и достижениях в области астрономии, повлиявших на эволюцию представлений о природе, на развитие техники и технологий; вклад великих ученых в формирование современной научной картины мира.

Этапы занятия	Действия участников занятия	
	Преподаватель	Студенты
1. Подготовительный этап	1. отбирает материалы к занятию 2. составляет структуру занятия 3. подбирает практические задания 4. постановка проблемного вопроса	1. готовят индивидуальные доклады с презентациями по выбранным темам
2. Организационный этап	1. приветствует студентов 2. отмечает отсутствующих 3. проверяет готовность студентов к занятию 4. настраивает студентов на работу	1. приветствуют преподавателя, слушают
3. Этап актуализации знаний	1. называет тему занятия 2. ставит цели и задачи 3. объясняет план занятия	1. слушают
4. Основной этап	1. дает вступительное слово 2. обращает внимание студентов на эпиграф, портреты, задает вопросы 3. организует выступления с докладами и презентациями 4. организует работу по решению практической задачи 5. организует работу по заполнению таблицы	1. слушают 2. отвечают 3. слушают, работают с вопросами по докладам 4. оформляют задачу в тетради 5. заполняют таблицы
5. Заключительный этап, рефлексия	1. возвращает студентов к проблемному вопросу 2. подводит студентов к выводу 3. организует работу по подготовке к контрольной работе (дополнительные задания) 4. выставляет и комментирует оценки	1. высказывают свое мнение, обосновывают его 2. делают вывод 3. решают, отвечают 4. слушают
6. Домашнее задание	1. задает	1. слушают, записывают

Семинарское занятие: Контрольная работа по темам: «Наша Галактика–Млечный путь», «Галактики», «Строение и эволюция Вселенной»