Инструкция по выполнению заданий по учебной дисциплине «КСЕ»

**27.11.21**

**14 группа ОПОП «Продавец, контролер- кассир» (6часа)**

**Уважаемые студенты для ознакомления с курсом КСЕ (концепции современного естествознания) просьба посмотреть видео** <https://www.youtube.com/watch?v=fPexUH2ZUT0> **и написать конспект.**

**Если видео не открылось лекция прилагается ниже.**

**Глава III. АСТРОНОМИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА**

**§15. Представления классической астрономии**

Длительное время астрономия развивалась как наука о Солнечной системе. Основоположником внегалактической астрономии считается английский астроном Ф.В.Гершель, пытавшийся разобраться в структуре Вселенной, но до середины XIX века основные усилия астрономов были направлены на определение положения звезд и составление звездных каталогов.

До классической физики астрономы использовали геоцентрическую систему Птолемея, в которой все космические объекты двигались по круговым орбитам. Переворот в астрономии связан с польским ученым Н.Коперником. Первые идеи гелиоцентрической системы он высказал в работах 1505-1507 гг., полностью систему изложил в 1543 году. Математическое уточнение гелиоцентрической системы было осуществлено немецким ученым И.Кеплером в работах 1609 и 1619 гг. Согласно его законам планеты движутся по эллиптическим, а не круговым орбитам. Дальнейшее математическое и физическое обоснование гелиоцентрическая система получила в трудах Г.Галилея и И.Ньютона.

Большим шагом вперед в развитии астрономии стала космогоническая теория И.Канта, отказавшегося от идеи божественного первотолчка. Центральной идеей стал принцип развития Вселенной. Первоначальным состоянием природы немецкий философ считал созданный Богом хаос, в котором пребывало первичное вещество. Затем под действием механических сил притяжения и отталкивания образовались небесные тела.

Даже в первой половине XX века в астрономии господствовал взгляд на Вселенную как на нечто стационарное, неизменное. Вселенная есть результат определенной эволюции, но ее историческим развитием можно пренебречь. Вселенная единственна, вечна во времени и бесконечна в пространстве. Представляет собой механическую систему множества миров, подобных Солнечной системе (Д.Бруно). Эволюция космических объектов протекает на фоне абсолютных пространства и времени.

Теоретической основой классической астрономии была классическая механика. Ее триумфом стало предсказание, а затем и открытие восьмой планеты – Нептуна. Вместе с тем повышение точности расчетов привело к открытию необъяснимого эффекта. В 1859 году наблюдения показали больше теоретически предсказанной скорости перемещения перигелия Меркурия.

**§16. Представления современной астрономии**

В середине ХХ века в астрономии произошла научная революция, изменившая способы астрономического познания и астрономическую картину мира. В основе новой астрономии лежит открытие нестационарности Вселенной, приведшее к фундаментальному пересмотру представлений о мегамире. Произошел отказ от идеи единственности Вселенной, хотя эмпирического подтверждения представления о множественности вселенных пока нет. Создание квантовой механики и ОТО обеспечило переориентацию астрономии с изучения в основном механических движений космических объектов на изучение их физических характеристик (теории эволюции звезд, звездных систем и Вселенной в целом). Произошел отказ от классических представлений пространства и времени. Современная астрономия опирается на релятивистскую концепцию пространственно-временного континуума.

Радикально изменились методы наблюдения. В классической астрономии существовал один узкий канал получения информации – видимый свет (оптические телескопы). Новая астрономия стала всеволновой. Обнаружены новые типы космических объектов, основное излучение которых сосредоточено в неоптических диапазонах электромагнитных волн (радио-, инфракрасный, ультрафиолетовый, рентгеновский и гамма-диапазоны). Например, рентгеновские телескопы предоставляют информацию о черных дырах, гамма-телескопы – о нейтронных звездах. Появилась нейтринная астрономия, изучающая ранние (дореликтовые) этапы эволюции Вселенной; гравитационная астрономия, изучающая структуру Вселенной. С 1962 года планеты и их спутники исследуются космическими аппаратами. Даже в оптической астрономии проектируются мощные телескопы с системой зеркал равноценных телескопам со сплошным зеркалом 100 м.

Но механика Ньютона не потеряла значения - расчеты движения планет и искусственных спутников осуществляются на ее базе.

**§17. Эволюция звезд**

Наблюдаемая Вселенная – это мир галактик. ***Галактики*** – гигантские звездные системы, содержащие 107-1013 звезд. Они имеют размеры от нескольких десятков тысяч до 18 млн световых лет. Что они состоят не только из пыли, но и звезд стало ясно в 1920-е годы. Ближайшая галактика – ***Туманность Андромеды*** - находится от нас на расстоянии 1.5 млн световых лет. Расстояние до самой дальней наблюдаемой галактики – свыше 10 млрд световых лет.

Наша галактика – ***Млечный путь*** – диск с утолщением в центре диаметром 100 тысяч световых лет, толщиной – в 10-15 раз меньше. Состоит примерно из 200 млрд звезд. Ее возраст около 13 млрд лет. Центр галактики движется относительно реликтового фона со скоростью 500 км/сек. Солнце расположено на расстоянии примерно в 30 тысячах световых лет от центра галактики и вращается вокруг него со скоростью 200 км/сек. Млечный путь и Андромеда сближаются со скоростью 100 км/сек, что приведет к их слиянию.

***Основные характеристики звезд*.** В звездах сосредоточено около 98% видимого вещества Вселенной. Сосчитаны и занесены в каталоги все звезды ярче 11-й звездной величины. Их около миллиона. Всего наблюдению доступно около 2 млрд звезд. Общее количество звезд во Вселенной оценивается в 1022.

Самая близкая звезда Проксима Центавра находится на расстоянии 4.24 световых года, не наблюдается с территории России и не видна невооруженным взглядом. Ее масса – 1/7 солнечной.

Основные характеристикизвезд - радиус R, светимость L, поверхностная температура (цвет) T, масса, химический состав. Максимальная масса звезд, по некоторым оценкам, 100-150 солнечных, минимальная – 0.05 (масса планеты Юпитер – 0.0001). Самые маленькие звезды имеют размер около 10 км, самые большие могут превосходить Солнце в 1000 раз. Самые горячие звезды имеют поверхностную температуру порядка 50 тысяч градусов, самые холодные – около 3000 (Солнце – 6000). Светимость может достигать несколько миллионов солнечных.

Для нормальной звезды (в которой протекают термоядерные реакции) справедлива формула: **L═4πR²σT4**, где σ – постоянная Стефана-Больцмана. Эмпирическая зависимость светимости (абсолютной звездной величины) от температуры (цвета или спектрального класса), установленная в начале ХХ века, получила название ***диаграммы Герцшпрунга-Рессела***. В нормальном состоянии, когда происходит реакция горения водорода (на диаграмме Герцшпрунга-Рессела звезда находится на главной последовательности), звезда существует 90% своей жизни.

***Возникновение звезд*** происходит из газово-пылевых туманностей под действием двух сил – гравитации, стремящейся сжать звезду, и силы давления газа, стремящейся расширить звезду. Период стабильности звезды означает, что эти силы равны.

В протозвезде гравитация растет и разогревает газ. Например, энергии гравитационного сжатия для поддержания светимости Солнца хватило бы на 30 млн лет. Когда температура достигает 8 млн градусов – включаются термоядерные реакции синтеза из водорода гелия He3, а при 10-15 млн - He4. Сжатие прекращается под действием светового давления и звездообразование завершается.

Юпитер излучает в 2.5 раза больше энергии, чем получает ее от Солнца. Это значит, что Юпитер разогревается за счет гравитационного сжатия, т.е. является протозвездой (он состоит из водорода и гелия в той же пропорции, что и Солнце). Но звездой не станет из-за недостаточной массы.

***Эволюция звезд*** зависит от их массы и химического состава. Чем больше масса – тем короче жизнь. Теоретически рассчитанное время жизни самых массивных звезд – 3.5 млн лет, Солнца – 10 млрд лет. Звезды 1-го поколения состоят из 75% водорода и 25% гелия. В ходе быстрой эволюции массивных звезд 1-го поколения образовались более тяжелые химические элементы (в основном до железа), которые были выброшены в межзвездное пространство. Звезды последующих поколений формировались из вещества, содержащего 3-4% тяжелых элементов. Считается, что в настоящее время межзвездный газ состоит примерно из 67% водорода, 28% гелия и 5% остальных элементов. 85% тяжелых элементов возникло примерно 9-10 млрд лет назад. Солнце – звезда, скорее всего, 3-го поколения.

Звезды, по сути, термоядерные бомбы. Основателем теории термоядерных источников звездной энергии является немецкий физик Г.Бете (1939). ***Термоядерные реакции*** – ядерные реакции синтеза химических элементов при высоких температурах. Термоядерные реакции в звездах – это, прежде всего, реакции столкновения ядер легких элементов с протонами. Чем выше температура в недрах звезд, тем более тяжелые ядра могут участвовать в термоядерных реакциях, а значит, образовываться ядра более тяжелых химических элементов. Чтобы протон мог проникнуть в ядро (присоединиться к нему) ему нужно приблизиться на расстояние 10-13 см - тогда проявится сильное взаимодействие. Для этого положительно заряженный протон должен преодолеть силы электростатического отталкивания (кулоновский барьер). Он должен обладать энергией около 1000 кэВ. Таких протонов в звездах нет. Но благодаря туннельному эффекту вероятность преодолеть кулоновский барьер имеют даже протоны с энергией 20 кэВ. Эта вероятность очень мала (десятки миллиардов лет на протон), но протонов много, поэтому реакция идет с достаточной интенсивностью. Например, для поддержания светимости Солнца на настоящем уровне, водорода в нем хватило бы на 100 млрд лет.

*Первый этап*. Основная термоядерная реакция, являющаяся источником энергии нормальных звезд (включая Солнце), находящихся на стадии стационарного горения – превращение четырех ядер водорода (протонов) в одно ядро гелия (α-частицы). Выделяемая при этом энергия составляет 26.2 МэВ. Водородный цикл включается при температуре около 14 млн градусов. Вероятность одновременного соединения четырех протонов в ядро гелия ничтожно мала, поэтому водородный цикл может включать несколько разновидностей протон-протонных последовательностей.

*Второй этап*. После выгорания водорода в центре образуется гелиевое ядро, которое начинает коллапсировать - катастрофически быстро сжиматься (***гравитационный коллапс***). Температура ядра резко повышается и оболочка звезды разбухает. При этом температура внешних слоев падает и звезда переходит в стадию ***красного гиганта***, постепенно теряющего верхнюю оболочку. Радиус красного гиганта превышает в 10 раз радиус Солнца, а светимость - в 104 раз.

При массе звезды больше 0.5 массы Солнца температуры в центре звезды хватит для того, чтобы началась реакция горения гелия - синтез углерода. Три ядра гелия образуют ядро углерода. Постепенно гелиевое ядро преобразуется в углеродное.

Через 5 млрд лет на стадии красного гиганта радиус Солнца увеличится раз в 200 и сравнится с расстоянием от Земли до Солнца и тогда Земля вместе с Венерой и Меркурием испарятся. Каждые 1 млрд лет светимость Солнца увеличивается на 10%, поэтому уже через 1.1 млрд лет все океаны на Земле испарятся. На стадии горения гелия Солнце просуществует 100 млн лет и превратится из красного гиганта в белого карлика, состоящего из углерода.

На *третьем этапе* (если температура в ядре достигнет 100 млн градусов после гравитационного сжатия) начинает гореть углерод – синтезируется кислород. Углерод, взаимодействуя с ядром гелия, дает кислород. С горением углерода происходит резкое повышение температуры на один-два порядка (до нескольких миллиардов градусов) и звезда превращается в ***красный сверхгигант***.

Сверхгиганты могут достигать 100 масс Солнца, радиуса – 1000 радиусов Солнца, светимости – 106 солнечных. Звезды с массой больше 10 солнечных масс сразу превращаются в сверхгиганты.

Образование новых элементов зависит от массы звезды. Кислород синтезируется в кремний, кремний – в железо. При 3-5 млрд градусах идут реакции образования химических элементов ***железного пика*** – титана, ванадия, хрома, железа, кобальта и др. Внутренним строением звезда в этом случае напоминает луковицу, каждый слой которой наполнен каким-либо одним элементом. Наиболее представлено железо. Но все термоядерные реакции с выделением энергии кончаются на образовании ядер железа. Возникновение элементов железного пика означает смерть звезды. Термоядерные реакции прекращаются, звезда резко сжимается и взрывается (вспышка сверхновой). Во время взрыва сверхновой образуются самые тяжелые химические элементы.

Разлетающаяся оболочка звезды бомбардируется вылетевшими из ядра звезды нейтронами, создавая набор элементов тяжелее железа. Включаются ядерные реакции с нейтронами (***нейтронный захват***), для которых электростатический барьер значения не имеет. Перегруженное нейтронами ядро оказывается нестабильным, нейтрон превращается в протон (бета-распад) и ядро превращается в изотоп следующего химического элемента. Образуются элементы с массовым числом больше 60. Нейтронный захват объясняет происхождение богатых нейтронами тяжелых элементов (урана, тория и др.) с массовым числом до 270.

По приблизительным оценкам, звезды с массой более 100 масс Солнца нестабильны. В них давление излучения может превысить силу гравитационного сжатия, в результате чего должен произойти колоссальный взрыв звезды (***гиперновая***), во много раз превышающий энергию сверхновых звезд.

**§18. Конечная стадия эволюции звезд**

На стадии красного гиганта звезда теряет вещество - происходит сброс оболочки, разлетающейся со скоростью 20-40 км/сек и наблюдаемой как ***планетарная туманность***. Планетарные туманности обогащают межзвездную среду химическими элементами. Постепенно красный гигант исчерпывает термоядерные источники энергии и теряет массу. Дальнейшая судьба зависит от массы ядра.

***Белый карлик*** (кристаллические звезды)**.** Им становится звезда с массой ядра менее ***предела Чандрасекара*** - 1.4 массы Солнца (предел массы белого карлика). Это стационарное, равновесное состояние. В нем не происходит ядерных реакций. Белый карлик постепенно остывает до желтого, красного и черного карлика. Это гигантский кристалл из атомных ядер, имеющий радиус, примерно равный радиусу Земли, и очень большую плотность 108-1010 г/см³ (плотность тел, состоящих из атомов не превышает 20 г/см3). Радиус карлика лежит в пределах 0.02-0.005 радиуса Солнца - около 1000 км.

Белый карлик появляется, когда красный гигант сбрасывает свои поверхностные слои, образующие планетарную туманность. Этот процесс не носит взрывного характера. Вещество белого карлика находится в состоянии кристаллической решетки из ядер и вырожденного электронного газа, давление которого, обусловленное квантовым принципом Паули, сдерживает гравитацию.

Белый карлик может быть гелиевым, углеродно-кислородным, магниевым и даже железным – зависит от первоначальной массы звезды и того, сколько массы она потеряла в процессе эволюции.

Если белый карлик входит в двойную систему, то на него может перетекать вещество звезды-спутницы. Когда масса вещества достигает критического уровня, вспыхивают термоядерные реакции. Возникает вспышка новой или сверхновой звезды. Вспышка ***новой звезды*** не приводит к изменению структуры звезды (участвуют только поверхностные слои). За несколько суток блеск звезды увеличивается в тысячи и миллионы раз. Выделяется энергия порядка 1045-1046 эрг.

***Эволюция малых звезд.*** Если масса звезды находится в пределах 0.08-0.26 массы Солнца, то протонные реакции заканчиваются на образовании He3. Звезды с массой 0.05-0.08 массы Солнца, минуя стадию термоядерных реакций (температура внутри них не достигает 8 млн градусов), сразу переходят в состояние водородных вырожденных красных карликов.

***Нейтронная звезда*** - конечный результат эволюции звезд с массой более 8-10 масс Солнца. При массе ядра более 1.4 массы Солнца давление вырожденного электронного газа белого карлика не в состоянии сдержать силу тяготения. Начинается быстрый гравитационный коллапс ядра звезды. Если масса ядра не более 3 масс Солнца (***предел Оппенгеймера-Волкова***), то давление вещества останавливает коллапс из-за нейтронизации ядра – вырожденные электроны поглощаются (вдавливаются) ядрами химических элементов. После резкого коллапса ядра оболочка падает на него и возникает ударная волна. При этом за время около 1 секунды выделяется громадная энергия, которая разбрасывает оболочку звезды. Происходит взрыв значительной части звезды - вспышка ***сверхновой*** с образованием ***газовой туманности***. В ядре происходит всплеск рождения нейтрино, добавляющих мощи ударной волне.

Вспышка сверхновой – это величайшая катастрофа. Во время вспышки выделяется столько энергии, сколько выделяет вся галактика или сколько Солнце излучило за 5 млрд лет своего существования. Выделяют сверхновые 1-го и 2-го типов. Сверхновая 1-го типа образуется при взрыве белого карлика в двойной системе, когда на него перетекает вещество соседней звезды и его масса достигнет 1.4 массы Солнца. Сверхновые 1-го типа выделяют практически одинаковое количество энергии – 1051 эрг. Поэтому их используют для определения расстояния до галактик, в которых произошла вспышка. Масса оболочки, сброшенной сверхновой 2-го типа может быть больше в несколько раз массы Солнца.

Возможность существования нейтронных звезд была предсказана российским физиком Л.Ландау в 1932 году вслед за открытием нейтрона. Типичная нейтронная звезда имеет радиус 10-18 км и огромную плотность, соизмеримую с плотностью атомного ядра 1014–1015 г/см³. Образно ее можно назвать гигантским атомным ядром. Но есть и различия – в атомном ядре гравитация не существенна.

Ядро нейтронной звезды состоит из вырожденной сверхтекучей нейтронной жидкости. Верхний слой ядра – твердая кора из железа (с примесью хрома, никеля, кобальта и др.) и вырожденных электронов. После своего образования нейтронная звезда имеет очень высокую температуру – порядка миллиарда градусов, но быстро остывает.

Характерная особенность нейтронных звезд – высокая скорость вращения (может быть близкой к скорости света) и гигантская напряженность магнитного поля (до десятков миллиардов эрстед). Магнитная ось нейтронной звезды, как правило, не совпадает с осью вращения, поэтому нейтронные звезды были обнаружены в 1967 году в виде импульсных источников электромагнитного излучения – ***пульсаров***, называемых маяками Вселенной.

***Черная дыра*** (термин Джона Уилера, 1968) – звезда с непреодолимой силой тяготения**.** Если масса ядра умирающей звезды больше 3 масс Солнца, то уже ничто не может предотвратить гравитационный коллапс – звезда как бы взрывается внутрь, превращаясь в черную дыру (сингулярное состояние вещества).

Первая модель черной дыры построена в 1916 году на основе ОТО К.Шварцшильдом. Черная дыра – это область пространства-времени, в которой поле тяготения настолько сильно, что скорость ее преодоления (вторая космическая скорость) должна превышать скорость света. Для этого масса должна сжаться до объема меньше ***гравитационного радиуса*** **r=2GМ/c²**. Для Солнца, например, r≈3 км, а для Земли – 0.8 см. Сфера гравитационного радиуса называется ***сферой Шварцшильда***, поверхность сферы называется ***горизонтом событий*** – область, за которую ничего не выходит.

Черные дыры, подобно элементарным частицам, обладают массой, зарядом и моментом количества движения. Между черными дырами и элементарными частицами могут существовать глубинные связи, возможно взаимопревращения. Суперструнная теория представляет их как две фазы одной струнной материи.

Наблюдается не черная дыра, а выпадение на нее вещества (***аккреция***). При этом кандидат в черную дыру не должен иметь признаки нейтронной звезды (***пульсара*** – нейтронной звезды, в которой ось вращения не совпадает с осью магнитного поля).

Черные дыры теряют массу за счет испарения с ее поверхности элементарных частиц, рождаемых сильным полем тяготения. Продолжительность жизни черной дыры пропорциональна кубу радиуса. Например, дыра в 10 масс Солнца испарится за 1069 лет.

Эйнштейн и Фейнман не верили в реальность черных дыр. Некоторые неэйнштейновские теории гравитации отрицают искривление пространства-времени и существовании черных дыр.

# **Уважаемые студенты! За выполнение заданий за 2.12.21 вы должны получить оценку за написание конспекта, Работы можно присылать на почту** [vflfvkfyf@gmail.com](mailto:vflfvkfyf@gmail.com) .с WHATSAPP **не работаю. Работы можно показать при выходе с карантина на уроке КСЕ**