

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧЕРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Калининградский государственный технический университет»

Реферат

По дисциплине: «Концепция Современного Естествознания»

ТЕМА: «Происхождение и развитие галактик и звезд»

Выполнила студентка Шалаева А.С.  
Учебная группа 09-ИЭ Факультет АПУ  
д.ф.-м.н., профессор Брюханов Валерий Вениаминович

Калининград  
2009г.

# содержание

• Введение	3
• Глава 1 Состав галактики	4
• 1.1 Межзвездный газ	4
• 1.2 Межзвездная пыль	5
• 1.3 Космические лучи и магнитные поля	7
• Глава 2 Рождение галактик	8
• 2.1 Начало Вселенной	8
• 2.2 Адронная эра	10
• 2.3 Лептонная эра	11
• 2.4 Фотонная эра	12
• 2.5 Звездная эра	13
• 2.6 Рождение сверхгалактик и скоплений галактик	14
• 2.7 Рождение галактик	15
• *2.8 Новая теория образования галактик	17
• 2.9 Вращение галактик	18
• Глава 3 Звездообразование	19
• 3.1 Звезды	19
• 3.2 Звездообразование	21
• 3.3 Процессы, замедляющие звездообразование	25
• 3.4 Процессы, стимулирующие звездообразование	26
• 3.5 Бюраканская теория	27
• Глава 4 Эволюция звезд	28
• Заключение	30
• Список используемой литературы	31

# ВВЕДЕНИЕ

- Со всех сторон нас окружает необъятный мир небесных тел, который называют Вселенной или Космосом. Люди с давних времен пытались познать просторы Вселенной. Ночью, видя скопления звезд, люди задавались вопросом-что это такое и как, откуда все это появилось? Чтобы объяснить неизвестные процессы люди придумывали мифы о создании Космоса-так зародилась Космология...Ночное небо завораживает своей изумительной красотой... Вот почему с развитием технологий, из века в век мы узнаем о Космосе, о Галактиках и звездах все больше и больше : что же за процессы происходят там, куда нам доступ, фактически закрыт... Развиваются все новые ответвления наук- астрофизика, космология, астрономия. Сегодня мы стоим на пороге величайших открытий в истории мироздания: специальные роботы позволяют нам увидеть происходящее на поверхности Луны и Марса, ученые могут изучать пролетающие с огромными скоростями кометы, с помощью мощнейших телескопов астрономы наблюдают за рождением новых звезд и их исчезновением в черных дырах... Но представляя всю Вселенную и осознавая, что мы, и наша планета, наша Солнечная система и даже наша Галактика...-это всего лишь малая песчинка, несоизмеримая с остальным пространством..Но небо над миром хранит множество не до конца ещё раскрытых тайн...
- Как же зарождаются галактики и звезды? Какие процессы происходят в ходе их эволюции? На эти вопросы я попытаюсь ответить в своем реферате.

# Глава 1 Состав галактик

- Галактики представляют собой гигантские звездные системы, которые, судя по их массам, содержат от нескольких миллионов до нескольких сотен миллиардов звезд различных видов. Ясно, что проблемы образования и эволюции галактик и звезд тесно связаны друг с другом. Состав, структура, форма галактик, многие их интегральные характеристики зависят прежде всего от темпов и особенностей звездообразования- как в настоящую эпоху, так и за всю прошлую историю.
- 1.1 Межзвездный газ
- Межзвездный газ- это разреженная газовая среда, заполняющая всё пространство между звёздами. Это основной компонент межзвёздной среды, составляющий около 99% её массы и около 2% массы Галактики. По химическому составу газ в других галактиках, как и в нашей, состоит преимущественно из водорода и гелия. В среднем в Межзвездном газе атомы водорода составляют около 90% числа всех атомов (70% по массе). На атомы гелия приходится около 10% числа атомов ( 28% по массе). Остальные 2% массы составляют все последующие хим. элементы (тяжёлые элементы). Из них наиболее обильны O, C, N, Ne, S, Ar, Fe. Все они вместе составляют приблизительно 1/1000 от числа атомов Межзвездного газа. Эти тяжелые элементы образуются в звездах и вместе с газом, теряемым звездами, оказываются в межзвездном пространстве. Поэтому содержание тяжелых элементов важно знать для изучения эволюции галактики.
- Межзвездный газ в галактиках находится преимущественно в состоянии нейтральных атомов, излучение которых наблюдается в радиодиапазоне. Пример нашей галактики показывает, что температура нейтрального водорода лежит в очень широких пределах- от примерно 10 K в плотных газовых облаках до нескольких тысяч градусов в безоблачной среде, которую могут нагревать мягкие космические лучи, мягкие рентгеновские лучи и ультрафиолетовое излучение горячих звезд. Значительная часть газа объединена в молекулы (главным образом в H<sub>2</sub>). Так во внутренней области нашей галактики масса молекулярного водорода может превышать миллиард солнечных масс. Большая плотность и низкая температура облаков, содержащих H<sub>2</sub>, делает весьма вероятным процесс гравитационной конденсации газа.
- Горячие звезды, появившиеся в газовом облаке, нагревают газ и возбуждают его свечение. Возникают облачности ионизированного водорода, которые часто выделяются на фотографиях галактик как светлые точки или бесформенные пятна.
- Межзвездный газ присутствует в галактиках всех типов, но в разном количестве и имеет характерное для каждого типа галактик пространственное распределение и движение.

## 1.2 Межзвездная пыль

В нашей галактике пыль и газ хорошо перемешаны: соотношение массы пыли и газа, взятых в одинаковом объеме, составляет примерно 1:100 как для облаков газа, так и для межоблачной среды. Насколько это соотношение типично для других галактик, пока не ясно.

Межзвездной пылью называют примесь твёрдых микроскопических частиц в межзвездном газе. Исследования, проведенные в последнее время, указывают на то, что пылевые частицы, как правило, несферические по форме.

Пылевая среда селективно поглощает свет, и её присутствие в галактиках можно установить, например, по покраснению цвета звезд, по измененному отношению интенсивности некоторых спектральных линий или по темным полосам или вкраплениям, проектирующимися на яркие области галактик и хорошо заметных на фотографиях.

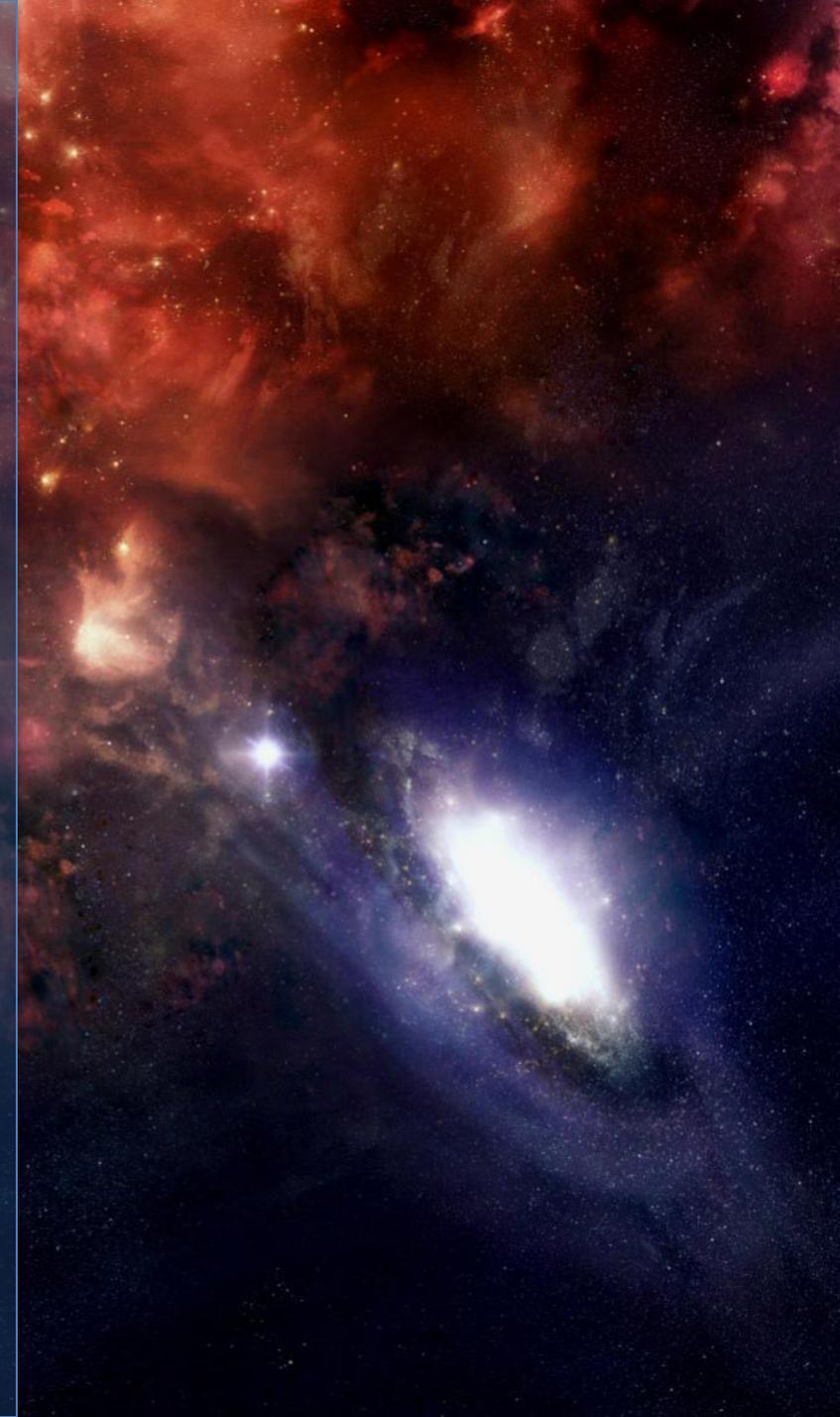
В первое время после того, как было обнаружено существование межзвездной пыли, она рассматривалась лишь как досадная помеха астрономическим исследованиям. Пыль задерживает почти половину суммарного излучения всех звезд Галактики. В некоторых более плотных областях доля поглощенного света превышает 90%, а в молекулярных облаках, где образуются молодые звезды, достигает практически 100%.

Плотность пыли в космосе ничтожно мала даже по сравнению с разреженным межзвездным газом. Так, в окрестностях Солнца в кубическом сантиметре пространства содержится в среднем один атом газа и на каждые сто миллиардов атомов приходится всего одна пылинка! Иными словами, расстояние между пылинками измеряется десятками метров. Масса же пыли в Галактике составляет приблизительно одну сотую от массы газа и одну десятитысячную от полной массы Галактики. Однако этого количества пыли достаточно для того, чтобы значительно ослаблять свет.

Сильнее всего поглощаются синие лучи. При переходе к красным и инфракрасным лучам поглощение постепенно ослабевает. Но свет некоторых избранных цветов поглощается сильнее других. Это связано с тем, что отдельные вещества особенно эффективно поглощают излучение с определенными длинами волн. Исследование свойств поглощения света на различных длинах волн показало, что в состав межзвездных пылинок входят соединения углерода, кремния, замёрзшие газы, водяной лёд, а также различные органические вещества.

Изучать свойства космической пыли помогает поляризация света. Свет представляет собой колебания электромагнитного поля — электромагнитные волны. В обычном излучении звезд имеются волны, колеблющиеся во всех направлениях. Когда поток света встречает на своём пути сферическую пылинку, все эти волны поглощаются одинаково. Но если пылинка вытянута вдоль одной оси, то колебания, параллельные этой оси, поглощаются сильнее, чем перпендикулярные. В потоке света, прошедшем через облако вытянутых, одинаково ориентированных пылинок, присутствуют уже не все направления колебаний, т. е. излучение становится поляризованным. Измерение степени поляризации света звезд позволяет судить о форме и размерах пылевых частиц. А иногда по типу поляризации можно определить и электрические свойства межзвездной пыли.

Сопоставление наблюдательных данных показало, что межзвездная пыль состоит из двух видов частиц: графитовых (углеродных) и силикатных (т. е. содержащих соединения кремния). Размеры пылинок неодинаковы, причём мелких частиц значительно больше, чем крупных. В целом размер пылинок



- Графитовые и силикатные частицы образуются во внешних оболочках старых холодных звёзд. Понятие «холодная звезда», конечно, весьма условно. Вблизи звезды температура оболочки ещё достаточно высока и все вещества находятся в газообразном состоянии. По мере старения звезда теряет массу. Вещество, истекающее из её оболочки, удаляется от звезды и остывает. Когда температура газа опускается ниже температуры плавления вещества пылинки, составляющие газ молекулы начинают слипаться в группы, образуя зародыши пылинок. Сначала они растут медленно, но с уменьшением температуры их рост ускоряется. Этот процесс продолжается несколько десятков лет. При дальнейшем расширении вещества, теряемого звездой, постепенно падает не только его температура, но и плотность. Когда газ становится сильно разреженным, рост пылинок прекращается.
- Скорость образования пылинок зависит от температуры и плотности того вещества, в котором они находятся. Структура пылинки проста. Она однородна по химическому составу и строению. Условия в межоблачной среде таковы, что структура пылинки не может существенно измениться. Но в облаках межзвездного газа, плотность которого достигает тысяч атомов на кубический сантиметр, низкая температура и высокая плотность обеспечивают необходимые условия для образования графитовой или силикатной пылинки мантии из легкоплавких веществ, таких, как замерзшая вода, формальдегид и аммиак. Смесь этих соединений обычно называют просто «лёд». Эти молекулы неустойчивы - воздействие внешнего излучения и столкновения пылинок друг с другом приводят к преобразованию его в более устойчивые орг. Соединения, которые обволакивают пылинки своеобразной пленкой.
- В очень плотных молекулярных слоях, куда не проникает излучение звезд, лёд на поверхности пылевых частиц уже не разрушается. Поэтому в недрах этих облаков пылинки могут иметь трехслойную структуру: тугоплавкое ядро, оболочка из неорг. соединений и ледяная корка. Предполагается, что из таких пылинок, слипшихся в большие комья, состоят ядра комет.
- Благодаря развитию наблюдательной техники, в особенности космических телескопов, теперь можно наблюдать межзвездную пыль не только в нашей галактике, но и ещё в отдаленных спиральных галактиках, галактиках с активными ядрами и квазарах.
- пыль играет активную роль и участвует как существенный компонент в протекающих во Вселенной физических процессах.

- 1.3 Космические лучи и магнитные поля
- Межзвездная среда состоит главным образом из межзвездного газа и пыли, которые составляют плоскую подсистему в галактике. Космические лучи были открыты в 1912 году совершенно случайно австрийским физиком Р. Гессом. С помощью усовершенствованного электроскопа он измерил скорость ионизации воздуха в зависимости от высоты. Оказалось, что с ростом высоты величина ионизации сначала уменьшается, а затем на высотах более 2 км начинает сильно возрастать. Ионизирующее излучение, слабо поглощаемое воздухом и увеличивающееся с ростом высоты, образуется КЛ, падающими на границу атмосферы из космического пространства.
- Оценка напряженности магнитного поля в плоскости нашей галактики привела к величине порядка нескольких микрогаусс. В плотных облаках межзвездного газа напряженность выше, что можно объяснить «вмороженностью» поля в газ даже при очень низкой степени ионизации последнего: при сжатии газа с ним сжимается и магнитное поле, при этом его напряженность меняется как плотность в степени  $2/3$ .
- На наличие магнитного поля и космических лучей в других галактиках указывает в первую очередь их нетепловое, синхротронное радиоизлучение. Это излучение исходит в основном из «радиодиска» галактик. Очень часто радиисточники малых угловых размеров присутствуют в самом центре галактик.
- Основными «поставщиками» космических лучей высоких энергий в межзвездное пространство являются, по видимому, сверхновые звезды.
- Радионаблюдения с высокой разрешающей способностью показали, что радиоизлучение спиральных галактик концентрируется к оптически наблюдаемым спиральным ветвям. Это хорошо согласуется с существующими представлениями о природе спиральных ветвей, согласно которым в них происходит сильное сжатие газа и магнитного поля. Плотность энергии космических лучей при этом также возрастает



# Глава 2 Рождение галактик

- 2.1 Начало Вселенной
- Вселенная постоянно расширяется. Тот момент с которого Вселенная начала расширяться, принято считать ее началом. Тогда началась первая и полная драматизма эра в истории вселенной, ее называют “большим взрывом” или английским термином Big Bang.
- Под расширением Вселенной подразумевается такой процесс, когда то же самое количество элементарных частиц и фотонов занимают постоянно возрастающий объём. Средняя плотность Вселенной в результате расширения постепенно понижается. Из этого следует, что в прошлом Плотность Вселенной была больше, чем в настоящее время. Можно предположить, что в глубокой древности (примерно десять миллиардов лет назад) плотность Вселенной была очень большой. Кроме того высокой должна была быть и температура, настолько высокой, что плотность излучения превышала плотность вещества. Иначе говоря энергия всех фотонов содержащихся в 1 куб. см была больше суммы общей энергии частиц, содержащихся в 1 куб. см. На самом раннем этапе, в первые мгновения “большого взрыва” вся материя была сильно раскаленной и густой смесью частиц, античастиц и высокоэнергичных гамма-фотонов. Частицы при столкновении с соответствующими античастицами аннигилировали, но возникающие гамма-фотоны моментально материализовались в частицы и античастицы.
- Зависимость температуры  $T$  от времени  $t$  дает нам возможность определить, что например, в момент, когда возраст вселенной исчислялся всего одной десятитысячной секунды, её температура представляла один миллиард Кельвинов.
- Температура раскаленной плотной материи на начальном этапе Вселенной со временем понижалась, что и отражается в соотношении. Это значит, что понижалась средняя кинетическая энергия частиц  $kT$ . Согласно соотношению  $hn = kT$  понижалась и энергия фотонов. Это возможно лишь в том случае, если уменьшится их частота  $n$ . Понижение энергии фотонов во времени имело для возникновения частиц и античастиц путем материализации важные последствия. Для того чтобы фотон превратился (материализовался) в частицу и античастицу с массой  $m_0$  и энергией покоя  $m_0c^2$ , ему необходимо обладать энергией  $2m_0(c)^2$  или большей. Эта зависимость выражается так :  $hn \geq 2m_0(c)^2$ .
- Со временем энергия фотонов понижалась, и как только она упала ниже произведения энергии частицы и античастицы ( $2m_0(c)^2$ ), фотоны уже не способны были обеспечить возникновение частиц и античастиц с массой  $m_0$ . Так, например, фотон, обладающий энергией меньшей, чем  $2.938 \text{ Мэв} = 938 \text{ Мэв}$ , не способен материализоваться в протон и антипротон, потому что энергия покоя протона равна  $938 \text{ мэв}$ .



- В предыдущем соотношении можно заменить энергию фотонов  $h\nu$  кинетической энергией частиц  $kT$ ,
- $kT \geq 2 m_0(c)^2$
- то есть
- $T \geq 2 m_0(c)^2/k$
- Знак неравенства означает следующее: частицы и соответствующие им античастицы возникали при материализации в раскаленном веществе до тех пор, пока температура вещества  $T$  не упала ниже значения.
- На начальном этапе расширения Вселенной из фотонов рождались частицы и античастицы. Этот процесс постоянно ослабевал, что привело к вымиранию частиц и античастиц. Поскольку аннигиляция может происходить при любой температуре, постоянно осуществляется процесс частица + античастица  $\rightarrow 2$  гамма-фотона при условии соприкосновения вещества с антивеществом. Процесс материализации гамма-фотон  $\rightarrow$  частица + античастица мог протекать лишь при достаточно высокой температуре. Согласно тому, как материализация в результате понижающейся температуры раскаленного вещества приостановилась. Эволюцию Вселенной принято разделять на четыре эры: адронную, лептонную, фотонную и звездную.

- 2.2 Адронная эра

- При очень высоких температурах и плотности в самом начале существования Вселенной материя состояла из элементарных частиц. Вещество на самом раннем этапе состояло прежде всего из адронов, и поэтому ранняя эра эволюции Вселенной называется адронной, несмотря на то, что в то время существовали и лептоны.
- Через миллионную долю секунды с момента рождения Вселенной, температура  $T$  упала на 10 миллиардов Кельвинов ( $10^{13} \text{K}$ ). Средняя кинетическая энергия частиц  $kT$  и фотонов  $h\nu$  составляла около миллиарда эв ( $10^9 \text{ Мэв}$ ), что соответствует энергии покоя барионов. В первую миллионную долю секунды эволюции Вселенной происходила материализация всех барионов неограниченно, так же, как и аннигиляция. Но по прошествии этого времени материализация барионов прекратилась, так как при температуре ниже  $10^{13} \text{ K}$  фотоны не обладали уже достаточной энергией для ее осуществления. Процесс аннигиляции барионов и антибарионов продолжался до тех пор, пока давление излучения не отделило вещество от антивещества. Нестабильные гипероны (самые тяжелые из барионов) в процессе самопроизвольного распада превратились в самые легкие из барионов (протоны и нейтроны). Так во вселенной исчезла самая большая группа барионов - гипероны. Нейтроны могли дальше распадаться в протоны, которые далее не распадались, иначе бы нарушился закон сохранения барионного заряда. Распад гиперонов происходил на этапе с  $10^{-6}$  до  $10^{-4}$  секунды.
- К моменту, когда возраст Вселенной достиг одной десятитысячной секунды ( $10^{-4} \text{ с.}$ ), температура ее понизилась до  $10^{12} \text{ K}$ , а энергия частиц и фотонов представляла лишь 100 Мэв. Ее не хватало уже для возникновения самых легких адронов - пионов. Пионы, существовавшие ранее, распадались, а новые не могли возникнуть. Это означает, что к тому моменту, когда возраст Вселенной достиг  $10^{-4} \text{ с.}$ , в ней исчезли все мезоны. На этом и кончается адронная эра, потому что пионы являются не только самыми легкими мезонами, но и легчайшими адронами. Никогда после этого сильное взаимодействие (ядерная сила) не проявлялась во Вселенной в такой мере, как в адронную эру, длившуюся всего лишь одну десятитысячную долю секунды.

- 2.3 Лептонная эра
- Когда энергия частиц и фотонов понизилась в пределах от 100 Мэв до 1 Мэв в веществе было много лептонов. Температура была достаточно высокой, чтобы обеспечить интенсивное возникновение электронов, позитронов и нейтрино. Барионы (протоны и нейтроны), пережившие адронную эру, стали по сравнению с лептонами и фотонами встречаться гораздо реже.
- Лептонная эра начинается с распада последних адронов - пионов - в мюоны и мюонное нейтрино, а кончается через несколько секунд при температуре  $10^{10}$  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.

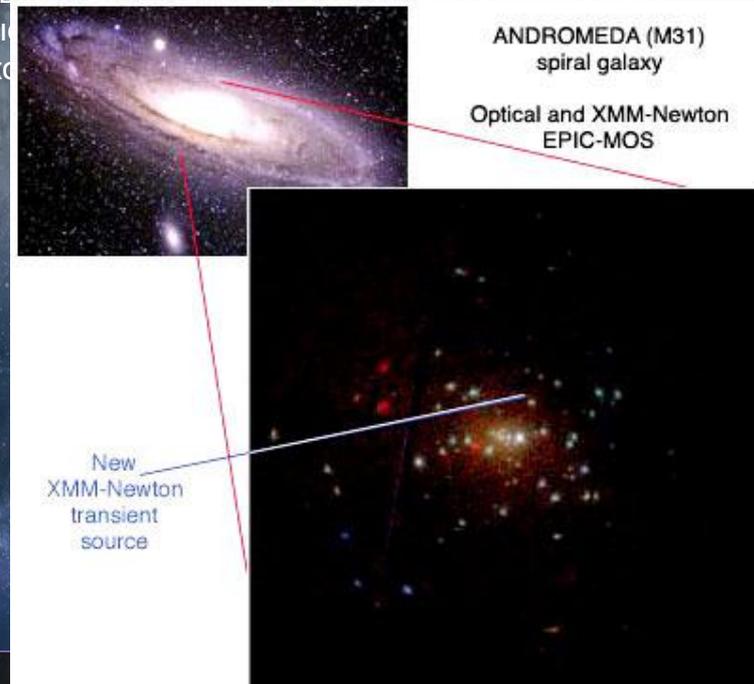
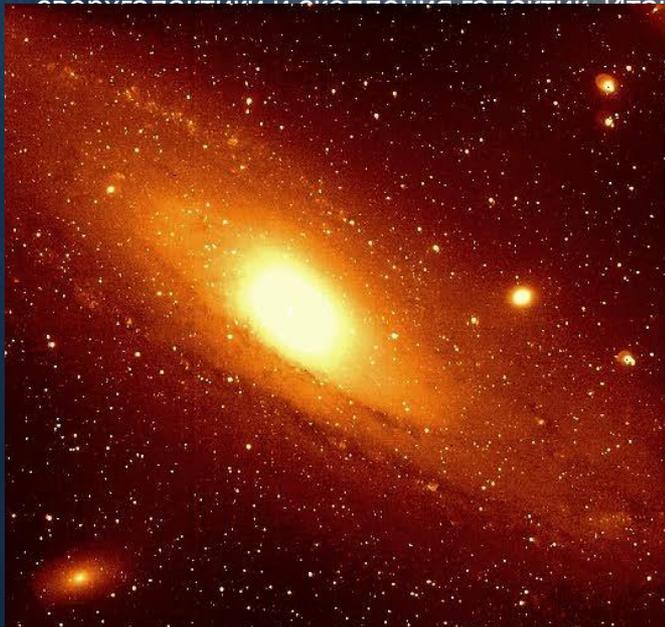


- 2.4 Фотонная эра или эра излучения.
- На смену лептонной эры пришла эра излучения, как только температура Вселенной понизилась до  $10^{10}$  К, а энергия гамма фотонов достигла 1 Мэв, произошла аннигиляция электронов и позитронов. Новые электронно-позитронные пары не могли возникать вследствие материализации, потому, что фотоны не обладали достаточной энергией. Но аннигиляция электронов и позитронов продолжалась дальше, пока давление излучения полностью не отделило вещество от антивещества. Со времени адронной и лептонной эры Вселенная была заполнена фотонами. К концу лептонной эры фотонов было в два миллиарда раз больше, чем протонов и электронов. Важнейшей составной Вселенной после лептонной эры становятся фотоны, причем не только по количеству, но и по энергии.
- Для того чтобы можно было сравнивать роль частиц и фотонов во Вселенной, была введена величина плотности энергии. Это количество энергии в 1 куб.см, точнее, среднее количество (исходя из предпосылки, что вещество во Вселенной распределено равномерно). Если сложить вместе энергию  $hn$  всех фотонов, присутствующих в 1 куб.см, то мы получим плотность энергии излучения  $E_r$ . Сумма энергии покоя всех частиц в 1 куб.см является средней энергией вещества  $E_m$  во Вселенной.
- Вследствие расширения Вселенной понижалась плотность энергии фотонов и частиц. С увеличением расстояния во Вселенной в два раза, объём увеличился в восемь раз. Иными словами, плотность частиц и фотонов понизилась в восемь раз. Но фотоны в процессе расширения ведут себя иначе, чем частицы. В то время как энергия покоя во время расширения Вселенной не меняется, энергия фотонов при расширении уменьшается. Фотоны понижают свою частоту колебания, словно “устают” со временем. Вследствие этого плотность энергии фотонов ( $E_r$ ) падает быстрее, чем плотность энергии частиц ( $E_m$ ). Преобладание во вселенной фотонной составной над составной частиц (имеется в виду плотность энергии) на протяжении эры излучения уменьшалось до тех пор, пока не исчезло полностью. К этому моменту обе составные пришли в равновесие (то есть  $E_r = E_m$ ). Кончается эра излучения и вместе с этим период “большого взрыва”. Так выглядела Вселенная в возрасте примерно 300 000 лет. Расстояния в тот период были в тысячу раз короче, чем в настоящее время.
- “Большой взрыв” продолжался сравнительно недолго, всего лишь одну тридцатитысячную нынешнего возраста Вселенной. Несмотря на краткость срока, это всё же была самая славная эра Вселенной. Никогда после этого эволюция Вселенной не была столь стремительна, как в самом её начале, во время “большого взрыва”. Все события во Вселенной в тот период касались свободных элементарных частиц, их превращений, рождения, распада, аннигиляции. Не следует забывать, что 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).

- 2.5 Звездная эра
- После “большого взрыва” наступила продолжительная эра вещества, эпоха преобладания частиц. Мы называем её звездной эрой. Она продолжается со времени завершения “большого взрыва” (приблизительно 300 000 лет) до наших дней. По сравнению с периодом “большим взрыва” её развитие представляется как будто слишком замедленным. Это происходит по причине низкой плотности и температуры. Таким образом, эволюцию Вселенной можно сравнить с фейерверком, который окончился. Остались горячие искры, пепел и дым. Мы стоим на остывшем пепле, вглядываемся в стареющие звезды и вспоминаем красоту и блеск Вселенной. Взрыв суперновой или гигантский взрыв галактики - ничтожные явления в сравнении с большим взрывом



- 2.6 Рождение сверхгалактик и скоплений галактик
- Во время эры излучения продолжалось стремительное расширение космической материи, состоящей из фотонов, среди которых встречались свободные протоны или электроны и крайне редко - альфа-частицы. (Не надо забывать, что фотонов было в миллиард раз больше чем протонов и электронов). 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 присоединиться 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.
- С возникновением атомов водорода начинается звездная эра - эра частиц, точнее говоря, эра протонов и электронов.
- 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 сверхсгустки и звездные скопления. Итого, крупнейшие структурные элементы Вселенной - скопления галактик, распределения водорода, к

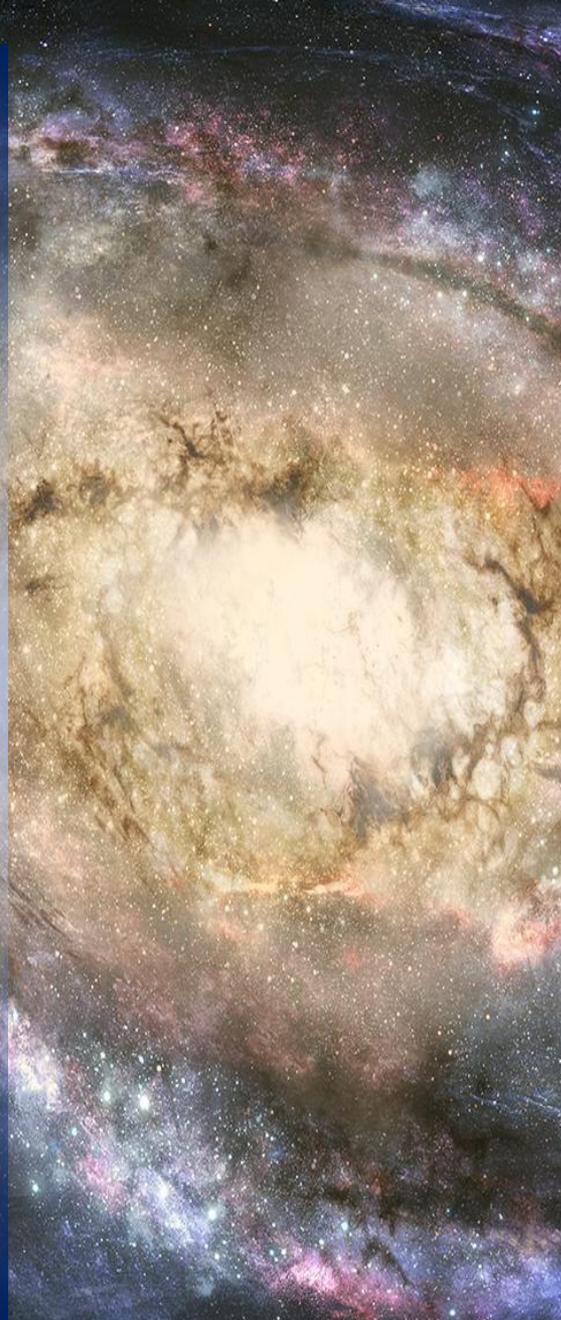


- 2.7 Рождение галактик
- Колоссальные водородные сгущения - зародыши сверх галактик и скоплений галактик - медленно вращались. Внутри их образовывались вихри, похожие на водовороты. Их диаметр достигал примерно ста тысяч световых лет. Мы называем эти системы протогалактиками, т.е. зародышами галактик. Несмотря на свои невероятные размеры, вихри протогалактик были всего лишь ничтожной частью сверхгалактик и по размеру не превышали одну тысячную сверхгалактики. Сила гравитации образовывала из этих вихрей системы звезд, которые мы называем галактиками. Некоторые из галактик до сих пор напоминают нам гигантское завихрение.
- Астрономические исследования показывают, что скорость вращения завихрения предопределила форму галактики, родившейся из этого вихря. Выражаясь научным языком, скорость осевого вращения определяет тип будущей галактики. Из медленно вращающихся вихрей возникли эллиптические галактики, в то время как из быстро вращающихся родились сплюснутые спиральные галактики.
- В результате силы тяготения очень медленно вращающийся вихрь сжимался в шар или несколько сплюснутый эллипсоид. Размеры такого правильного гигантского водородного облака были от нескольких десятков до нескольких сотен тысяч световых лет. Нетрудно определить, какие из водородных атомов вошли в состав рождающейся эллиптической, точнее говоря эллипсоидальной галактики, а какие остались в космическом пространстве вне нее. Если энергия связи сил гравитации атома на периферии превышала его кинетическую энергию, атом становился составной частью галактики. Это условие называется критерием Джинса. С его помощью можно определить, в какой степени зависела масса и величина протогалактики от плотности и температуры водородного газа.
- Протогалактика, которая вообще не вращалась, становилась родоначальницей шаровой галактики. Сплюснутые эллиптические галактики рождались из медленно вращающихся протогалактик. Из-за недостаточной центробежной силы преобладала сила гравитационная. Протогалактика сжималась и плотность водорода в ней возрастала. Как только плотность достигала определенного уровня, начали выделяться и сжимается сгустки водорода. Рождались протозвезды, которые позже эволюционировали в звезды. Рождение всех звезд в шаровой или слегка приплюснутой галактике происходило почти одновременно. Этот процесс продолжался относительно недолго, примерно сто миллионов лет. Это значит, что в эллиптических галактиках все звезды приблизительно одинакового возраста, т.е. очень старые. В эллиптических галактиках весь водород был исчерпан сразу же в самом начале, примерно в первую сотую существования галактики. На протяжении последующих 99 сотых этого периода звезды уже не могли возникать. Таким образом, в эллиптических галактиках количество межзвездного вещества ничтожно.
- Спиральные галактики, в том числе и наша, состоят из очень старой сферической составляющей ( в этом они похожи на эллиптические галактики) и из более молодой плоской составляющей, находящейся в спиральных рукавах. Между этими составляющими существует несколько переходных компонентов разного уровня сплюснутости, разного возраста и скорости вращения. Строение спиральных галактик, таким образом, сложнее и разнообразнее, чем строение эллиптических. Спиральные галактики кроме этого вращаются значительно быстрее, чем галактики эллиптические. Не следует забывать, что они образовались из быстро вращающихся вихрей сверхгалактики. Поэтому в создании спиральных галактик участвовали и гравитационная и центробежная силы.

- Если бы из нашей галактики через сто миллионов лет после ее возникновения (это время формирования сферической составляющей) улетучился весь межзвездный водород, новые звезды не смогли бы родиться, и наша галактика стала бы эллиптической.

- Но межзвездный газ в те далекие времена не улетучился, и, таким образом гравитация и вращение могли продолжать строительство нашей и других спиральных галактик. На каждый атом межзвездного газа действовали две силы - гравитация, притягивающая его к центру галактики и центробежная сила, выталкивающая его по направлению от оси вращения. В конечном итоге газ сжимался по направлению к галактической плоскости. В настоящее время межзвездный газ сконцентрирован к галактической плоскости в весьма тонкий слой. Он сосредоточен прежде всего в спиральных рукавах и представляет собой плоскую или промежуточную составляющую, названную звездным населением второго типа.

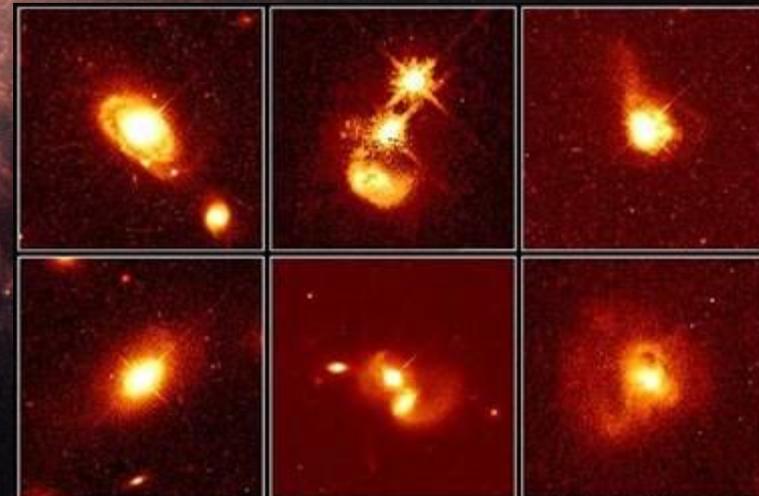
На каждом этапе сплющивания межзвездного газа во все более утончающийся диск рождались звезды. Поэтому в нашей галактике можно найти, как старые, возникшие примерно десять миллиардов лет назад, так и звезды родившиеся недавно в спиральных рукавах, в так называемых ассоциациях и рассеянных скоплениях. Можно сказать, что чем более сплющена система, в которой родились звезды, тем они моложе.



- \*2.8 Новая теория образования галактик
- Команда учёных из Института астрофизики имени Макса Планка (Германия) и Еврейского университета в Иерусалиме (Израиль) предложила новую теорию формирования галактик. Недавние наблюдения молодой Вселенной (современные телескопы позволяют заглянуть более 10 миллиардов лет назад) выявили, что в массивных галактиках уже на ранних стадиях происходило очень интенсивное образование звёзд.
- Команда учёных из Института астрофизики имени Макса Планка (Германия) и Еврейского университета в Иерусалиме (Израиль) предложила новую теорию формирования галактик.
- Недавние наблюдения молодой Вселенной (современные телескопы позволяют заглянуть более 10 миллиардов лет назад) выявили, что в массивных галактиках уже на ранних стадиях происходило очень интенсивное образование звёзд.
- Это никак не укладывалось в уже существующие модели образования галактик, согласно которым формирование звёзд внутри дисков должно идти довольно медленно.
- Новая теория объясняет этот процесс действием потоков холодных газов (в основном водорода). Компьютерное моделирование показало, что струи холодного газа проходят сквозь тёмную материю, и пространство, заполненное горячим газом, и, достигнув центра галактики, образует вращающийся диск.
- Этот диск потом разбивается на несколько огромных скоплений вещества, внутри которых и идёт интенсивное формирование звёзд. Расчёты ученых полностью совпали с наблюдаемыми.



- 2.9 Вращение галактик
- Отдельные звезды, звездные скопления и газовые облака непрерывно движутся в галактике, причем каждый объект описывает довольно сложную незамкнутую траекторию вокруг центра масс галактики. Но непосредственно измерить перемещение звезд или облаков газа невозможно. Определение скорости движения различных объектов основано на эффекте Доплера, и производится по измерениям сдвига линий в их спектрах. Для звезд – это линии поглощения, для облаков ионизованного газа – линии излучения в оптическом спектре. Для облаков холодного газа, не излучающего света, используются радиолинии излучения водорода (длина волны 21 см) или молекулярных соединений, прежде всего – молекулы CO; большинство этих радиолиний лежит в сантиметровом и миллиметровом диапазонах. Разумеется, измерения дают лишь величину проекции скорости на луч зрения, а восстановление полного вектора скорости требует определенных предположений о характере движения объектов.
- Оценка скоростей газа и звезд в галактиках имеет одну особенность: объекты, скорости которых определяются, обычно не видны по отдельности, так что измерения дают некоторые средние значения скоростей в данном месте галактики. При этом каждая звезда или облако газа может иметь скорость, заметно отличающуюся от средней. Поэтому часто говорят не о скорости отдельных объектов, а о скорости газа или звезд данного типа в определенной области галактики.
- Скорости движения газа и звезд составляют от нескольких десятков километров в секунду в карликовых галактиках до 200–300 км/с (в редких случаях – до 400 км/с) в гигантских спиральных галактиках.
- Все галактики вращаются, но не как твердые тела: орбитальный период объектов возрастает с увеличением расстояния до центра вращения (центра масс) галактики. При этом совокупность звезд и межзвездный газ могут иметь различные скорости вращения даже на одинаковом расстоянии от центра. Характер вращения галактик различных типов также не одинаков.
- Эллиптические галактики. Скорости звезд в них тем больше, чем массивнее галактика, но скорости соседних звезд, как правило, имеют различное направление, так что среднее значение скорости в каждом локальном объеме галактики оказывается небольшим. Поэтому даже при высоких скоростях движения звезд вращение галактики как целого довольно медленное – несколько десятков километров в секунду. Любопытно, что степень сжатия галактики, вопреки ожиданиям, оказалась не связанной со скоростью ее



Quasar Host Galaxies

HST • WFPC2

PRC96-35a • ST ScI OPO • November 19, 1996

J. Bahcall (Institute for Advanced Study), M. Disney (University of Wales) and NASA

# Глава 3 Звездообразование

- 3.1 Звезды

- Звезда— это тело, в котором идут, шли или будут идти термоядерные реакции. Звёзды представляют собой массивные светящиеся газовые (плазменные) шары. Основными характеристиками звезды, которые могут быть тем или иным способом определены из наблюдений, это: мощность ее излучения (светимость), масса, радиус и химический состав атмосферы, а так же ее температура. При этом, зная еще некоторые дополнительные параметры можно рассчитать возраст звезды. История изучения химического состава звёзд начинается с середины XIX в. Ещё в 1835 г. французский философ Огюст Конт писал, что химический состав звёзд навсегда останется для нас тайной. Но вскоре был применён метод спектрального анализа, который теперь позволяет узнать из чего состоят не только Солнце и близкие звёзды, но и самые удалённые галактики и квазары. Спектральный анализ дал неоспоримые доказательства физического единства мира. На звёздах не обнаружено ни одного неизвестного химического элемента. Единственный элемент – гелий был открыт сначала на Солнце и лишь потом на Земле. Но неизвестные на Земле физические состояния вещества (сильная ионизация, вырождение) наблюдаются именно в атмосферах и недрах звёзд. Наиболее обильным элементом в звёздах является водород. Приблизительно втрое меньше содержится в них гелия. Правда, говоря о химическом составе звёзд, чаще всего имеют в виду содержание элементов тяжелее гелия. Доля тяжёлых элементов невелика (около 2%), но они, по выражению американского астрофизика Дэвида Грея, подобно щепотке соли в тарелке супа, придают особый вкус работе исследователя звёзд. От их количества во многом зависят и размер, и температура, и светимость звезды. После водорода и гелия на звёздах наиболее распространены те же элементы, которые преобладают в химическом составе Земли: кислород, углерод, азот, железо и др. Химический состав оказался различным у звёзд разного возраста. В самых старых звёздах доля элементов тяжелее гелия значительно меньше, чем на Солнце. В некоторых звёздах содержание железа меньше солнечного в сотни и тысячи раз. А вот звёзд, где этих элементов было бы больше, чем на Солнце, сравнительно немного. Эти звёзды (многие из них двойные), как правило, являются необычными и по другим параметрам: температуре, напряжённости магнитного поля, скорости вращения. Некоторые звёзды выделяются по содержанию какого-нибудь одного элемента или группы элементов. Таковы, например, бариевые или ртутно-марганцевые звёзды. Причины подобных аномалий пока малопонятны. На первый взгляд может показаться, что исследование этих малых добавок немного дает для понимания эволюции звезд. Но на самом деле это не так. Химические элементы тяжелее гелия образовались в результате термоядерных и ядерных реакций в недрах очень массивных звёзд, при вспышках новых и сверхновых звёзд предыдущих поколений. Изучение зависимости химического состава от возраста звёзд позволяет пролить свет на историю их образования в различные эпохи, на химическую эволюцию Вселенной в целом.

- Важную роль в жизни звезды играет её магнитное поле. С магнитным полем связаны практически все проявления солнечной активности: пятна, вспышки, факелы и др. На звёздах, магнитное поле которых значительно сильнее солнечного, эти процессы протекают с большей интенсивностью. В частности, переменность блеска некоторых таких звёзд объясняют появлением пятен, аналогичных солнечным, но закрывающих десятки процентов их поверхности. Однако физические механизмы, обуславливающие активность звёзд, ещё не до конца изучены. Наибольшей интенсивности магнитные поля достигают на компактных звёздных остатках – белых карликах и особенно нейтронных звёздах.
- За период немногим более двух столетий представление о звёздах изменилось кардинально. Из непостижимо далёких и равнодушных светящихся точек на небе они превратились в предмет всестороннего физического исследования. Как бы отвечая на упрек де Сент-Экзюпери, взгляд на эту проблему выразил американский физик Ричард Фейнман: «Поэты утверждают, что наука лишает звёзды красоты. Для нее звезды – просто газовые шары. Совсем не просто. Я тоже люблю звёзды и чувствую их красоту. Вот только кто из нас видит больше?»
- Благодаря развитию наблюдательных технологий астрономы получили возможность исследовать не только видимое, но и невидимое глазу излучение звезд. Сейчас уже многое известно об их строении и эволюции, хотя немало остается и непонятого.



- 3.2 Звездообразование

- Звездообразование - крупномасштабный процесс в галактике- процесс массового формирования звёзд из межзвездного газа.
- Проблема звездообразования - одна из центральных в современной астрофизике. Звезды - наиболее распространенные во Вселенной объекты, из них состоят большие структурные образования - галактики. И вопрос о том, почему в различных регионах Вселенной вещество преимущественно формируется именно в звезды, при каких условиях и каким образом это случается, не может не волновать астрономов.
- В современной астрофизике есть две основных концепции происхождения звезд.

- 3.3 «Классическая» теория звездообразования

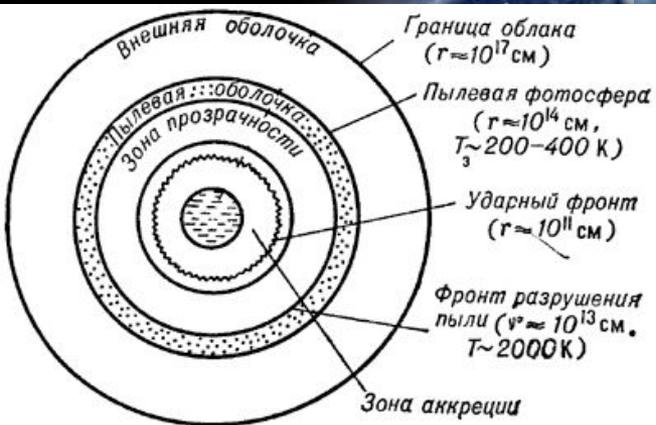
- Теория, которая получила название «классической», исходит из того, что звезды образуются в процессе конденсации газа в холодных газопылевых комплексах, гигантских бесформенных клочковатых образованиях размерами во много десятков и сотен световых лет, которые состоят главным образом из молекул водорода.
- Формирование звезд начинается из того, что в газопылевой туче или в какой-то ее части развивается так называемая гравитационная неустойчивость. Другими словами, в туче происходит процесс нарастания возмущений плотности и скорости движения вещества, небольших отклонений этих физических величин от их средних значений для данной тучи. Из теории значит, что однородное распределение вещества при наличии сил тяготения не может быть устойчивым. Вещество должно распадаться на отдельные сгустки. По одному из основных законов физики любая физическая система всегда стремится к такому состоянию, при котором ее потенциальная энергия будет минимальной. При образовании сгустков и их сжатии гравитационная энергия переходит в кинетическую энергию вещества, которое сжимается, которая в свою очередь может переходить в тепловую энергию и излучаться. Таким образом, вследствие процесса фрагментации и образования сгустков уменьшается потенциальная энергия. Фрагментация становится возможной в том случае, когда масса фрагмента превосходит критическое значение  $m_{Дж} = (k/Gm_{атмН})^{3/2} T^{3/2} \rho^{-1/2}$ , где  $T$  - температура и плотность газа,  $mН$  - масса атома водорода.

- Кроме гравитационной неустойчивости, в процессе фрагментации газовых туч определенную роль играет так называемая термохимическая неустойчивость, которая возникает вследствие того, что скорость образования молекул внутри газопылевого  $m \gg m_{Дж}$  и скорость охлаждения газа за счет излучения этих молекул в радиодиапазоне отличаются одна от другой. . Если облако массивное ( ), то в нём постепенно выделяется центральная плотная часть. Температура этой части облака, несмотря на постепенное увеличение его плотности, остаётся низкой вследствие интенсивного остывания газа. При достижении определённой степени плотности становятся эффективными столкновения молекул газа с частицами пыли, которая приобретает температуру газа. Излучение пыли в субмиллиметровом и длинноволновом  $m_{Дж}$ -диапазоне, уносящее значительное количество энергии, удерживает газ холодным. Каждый из возникших фрагментов облака газа снова сжимается под действием собственной гравитации, и когда величина для него становится много меньше его массы, он в свою очередь распадается на серию более мелких фрагментов. Этот процесс называется иерархической или каскадной

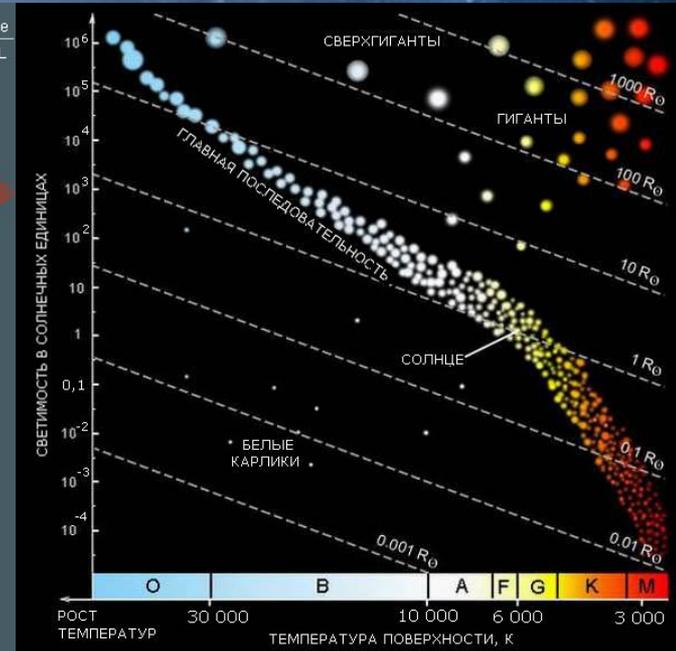
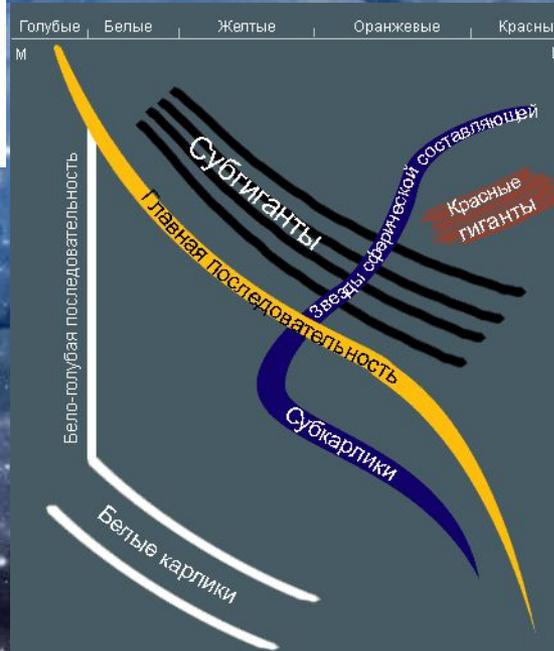
- Процесс продолжается до тех пор, пока на какой-то стадии плотность газа станет столь высокой, что очередные фрагменты уже будут непрозрачными для излучения, уносящего выделяющуюся теплоту. Сжатие непрозрачных фрагментов сопровождается адиабатическим ростом температуры, который приводит к увеличению  $\rho$ , а следовательно, к невозможности дальнейшей фрагментации.
- Фрагменты делятся на еще более мелкие сгустки и так до тех пор, пока в результате гравитационного сжатия плотность этих сгустков возрастет настолько, что в их центральных частях образуются звездообразные ядра – протозвезды - непрозрачные массы газа, в которых гравитация уравнивается внутренним давлением. Расчёты показывают, что при достижении газом состояния непрозрачности масса фрагментов имеет вполне определённую величину, которая выражается практически только через фундаментальные константы - скорость света, гравитационную постоянную, постоянную Планка, заряд и массу электрона. Эта величина близка к наблюдаемым массам звёзд.
- Как показывают расчеты, в тех случаях, когда масса сгустка превосходит три массы Солнца, вещество оболочки свободно падает на ядро. Благодаря этому, масса таких протозвезд быстро увеличивается, возрастает их светимость, и на некоторой стадии светимость становится столь высокой, что излучение, нагревая газ в оболочке, рассеивает последнюю в межзвёздном пространстве. Поэтому дальнейший рост массы ядра протозвезды прекращается, и оно уже окончательно эволюционирует в звезду. Согласно расчётам, максимальные массы, которые могут образоваться путём аккреции протозвездой вещества оболочки, не превышают нескольких десятков солнечных масс, что соответствует примерно массам OB-звёзд.



- Сформировавшаяся звезда сначала имеет размеры, значительно превышающие размеры звезд такой же массы на более поздней стадии эволюции и потому излучает большое количество энергии. На этой стадии она находится в верхней правой части Герцшпрунга-Ресселла диаграммы (Г.-Р. д.), т.е. в области красных гигантов и сверхгигантов. Высвобожденные от оболочек ядра некоторое время еще продолжают сжиматься и излучать довольно значительное количество энергии. Источником свечения является выделяющаяся при сжатии гравитационная энергия. По мере сжатия растёт температура поверхности, а полная светимость уменьшается (из-за уменьшения площади излучающей поверхности). В результате протозвезда перемещается на Г.-Р. д. влево и вниз, в сторону главной последовательности. В конце концов температура в центре достигает значений, при которых включаются термоядерные источники энергии, и дальнейшее сжатие останавливается. Этот момент, собственно, и означает превращение протозвезды в звезду (на Г.-Р. д. протозвезда достигает главной последовательности). Для протозвезды продолжительность этого процесса сравнительно недолго (у звезд с массой  $1 M_{\odot}$  - около  $5 \cdot 10^4$  лет).



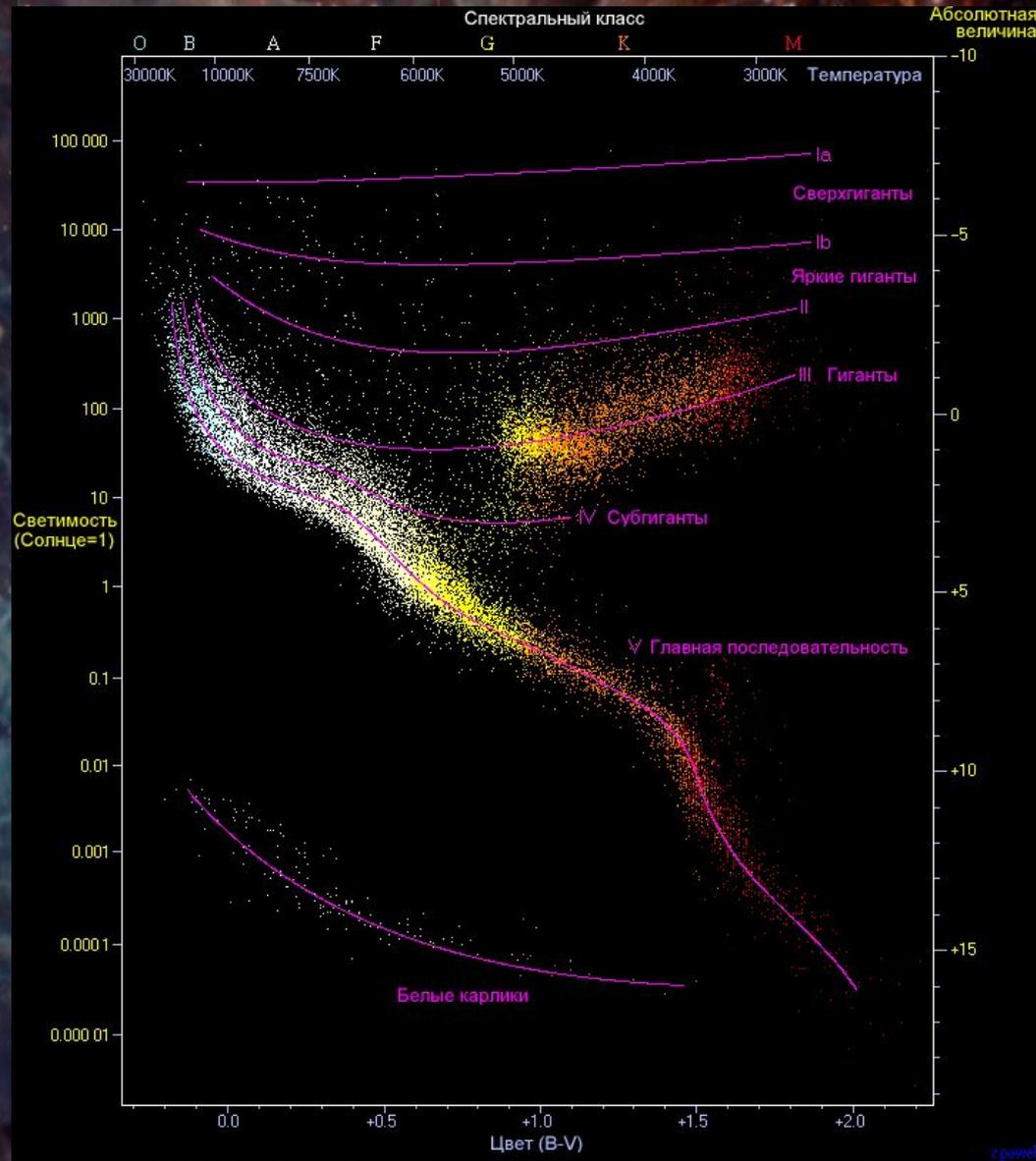
Строение протозвездного облака на стадии аккреции вещества из газовой оболочки на образовавшееся ядро. Температура внешней поверхности непрозрачной в оптическом диапазоне пылевой оболочки составляет несколько сотен Кельвинов, внутренней - 2000 К. Оболочка излучает в ИК-диапазоне (по Д.Н. Усепову, 1982).



- Такой наиболее популярной в современной астрофизике является схема образования звезд из холодного газа в газопылевых комплексах. Подтверждается ли она астрономическими наблюдениями? Поскольку оболочки вокруг протозвезд, что формируются, содержат большое количество пыли, насквозь они не просматриваются и это намного затрудняет наблюдение начальной стадии формирования звезд.

- Тем не менее с развитием радио- и инфракрасной астрономии появилась некоторая возможность «заглянуть» в таинственные «звездные колыбели», поскольку пыль и газ прозрачны для этих электромагнитных излучений. В ряде районов выявлены компактные зоны радио- и инфракрасного излучения, которые истолковываются приверженцами классической концепции как зоны, где содержатся чрезвычайно молодые звезды, которые в оптическом диапазоне наблюдать еще нельзя.

- Конденсационной концепции придерживаются большинство современных астрономов. Тем не менее это обстоятельство само по себе еще не может быть окончательным доказательством ее справедливости. Тем более, что таких наблюдательных данных, которые подтверждали бы ее однозначно, пока что не существует. Еще Галилео Галилей отмечал, что в науке мысль одного может оказаться более правильной чем мысль тысячи. Поэтому сейчас нельзя сбросить со счета и другие точки зрения.



### 3.3 Процессы, замедляющие звездообразование

- Тесная связь компактных областей HII, ИК- и мазерных источников излучения с плотными молекулярными облаками показывает, что звездообразование происходит в молекулярных облаках. Т.о., следует ожидать, что облака атомарного водорода должны становиться молекулярными перед тем, как в них начнётся звездообразование. Масса отдельных молекулярных облаков и их комплексов составляет  $10^5 M_{\odot}$  от 20 до , температура - от 10 до 80 К. В диффузных молекулярных облаках  $n \approx 20 \text{ см}^{-3}$  интрация молекул , в тёмных облаках  $n > 10^3 \text{ см}^{-3}$ . Полагают, что тёмные облака возникают благодаря быстрому сжатию диффузных. Минимальная величина гравитационно связанной массы (джинсовской массы) для молекулярных облаков  $\approx 20 - 30 M_{\odot}$ . Полагают, что тёмные облака возникают благодаря быстрому сжатию диффузных. Минимальная величина гравитационно связанной массы (джинсовской массы) для молекулярных облаков  $\approx 20 - 30 M_{\odot}$ . Масса же тёмных облаков  $M_{dc} \approx 100 - 200 M_{\odot}$ . Если в таких облаках не действуют стабилизирующие факторы (давление, турбулентность, вращение и магнитное поле), то  $\sim 10^9 M_{\odot}$  должны сжиматься. Полная масса молекулярных облаков в Галактике  $n_H \approx 10^3 \text{ см}^{-3}$  этих условиях, если гравитационное сжатие происходит за время свободного падения  $t(f)$ , близкое к  $10^6$  лет при  $\sim 10^3 M_{\odot}$ , звездообразование в Галактике должно было бы составить в год. Это значительно больше, чем следует из данных наблюдений. Т.о., в плотных облаках газа должны действовать стабилизирующие факторы, препятствующие гравитационному сжатию. Не может быть существенным стабилизирующим фактором давление, т.к.  $t_c \ll t_f$  для турбулентности могла остановить сжатие, она должна быть сверхзвуковой. Однако сверхзвуковая турбулентность генерирует ударные волны, энергия которых преобразуется в энергию излучения и высвечивается за время , так что турбулентность не может удержать облака от сжатия.
- Стабилизирующим фактором может быть вращение. Первоначально слабое исходное вращение газовых облаков усиливается в процессе сжатия из-за сохранения углового момента. Скорость вращения массивных облачных комплексов, по данным наблюдений,  $0,4-2 \text{ км/с/пк}$ , массивных облаков  $0,4-2 \text{ км/с/пк}$ , тёмных облаков  $2-3 \text{ км/с/пк}$ , т.е. вращение, по-видимому, способно удержать тёмные облака от сжатия. Звёзды образуются из вращающихся облаков, поэтому они также должны вращаться.
- Анализ влияния магнитного поля на гравитационное сжатие диффузных и тёмных молекулярных облаков позволяет сделать следующие выводы. Время диффузии магнитного поля из тёмных облаков мало, следовательно, магнитное поле не влияет на их устойчивость и вращение. В диффузных облаках ситуация обратная. Силовые линии магнитного поля длительно связывают газ облака с окружающей средой, что приводит к передаче части момента вращения облака окружающей среде и замедлению вращения. В этом случае магнитное поле может способствовать гравитационному сжатию. Для предотвращения сжатия энергия магнитного поля в диффузных облаках должна быть порядка гравитационной энергии (тогда давление поля остановит сжатие). Для стабилизации, например, диффузного облака поперечником 5 пк и массой  $400 M_{\odot}$  (число частиц в  $1 \text{ см}^3$   $n=20$ ) напряжённость магнитного поля в нём должна быть не меньше  $3 \cdot 10^{-6}$  Э, что вполне реально.

- 3.4 Процессы, стимулирующие звездообразование
- Поскольку молекулярные облака удерживаются от сжатия стабилизирующими факторами, звездообразование может начаться только при воздействии триггеров (спусковых механизмов), стимулирующих гравитационное сжатие облаков. Это следует из наблюдений молекулярных облачных комплексов, связанных с OB-ассоциациями. Детальное изучение ближайших OB-ассоциаций показало, что они состоят из субгрупп различных возрастов. Например, самая старая и одновременно самая протяжённая субгруппа молодых звёзд в созвездии  $\text{C} \approx 12 \cdot 10^3$  (1) имеет возраст  $\approx 2 \cdot 10^6$  лет, самая молодая — лет. В старых субгруппах меньше межзвёздного газа, в молодых — больше. Молодые OB-субгруппы расположены территориально очень близко к молекулярным облакам. Изучение расположенных в молекулярных облачных комплексах  $\text{H}_2\text{O}$ -мазеров, ярких ИК-источников, "горячих пятен" CO (областей интенсивного излучения молекул CO) показало, что звёзды, по-видимому, возникают в плотных фрагментах, локализованных вблизи поверхностей молекулярных облаков. Такие же объекты — индикаторы 3.- наблюдаются вблизи поверхностей ионизационных фронтов. По-видимому, формирование OB-субгрупп есть нек-рый систематич. процесс, к-рый, "стартуя" на одном конце молекуляр  $\approx 3 \cdot 10^4$  пк, распространяется к противоположному. Различия возрастов близких субгрупп — лет, расстояния между ними  $\approx 0-140$  пк. Можно считать, что процесс 3. в OB-ассоциациях распространяется со скоростью  $\approx 10$  км/с.
- К процессам, эффективно увеличивающим внеш. давление на молекулярные облака и стимулирующим их гравитац. сжатие, относят: ударные волны, порождённые вспышками сверхновых звёзд; ионизационные фронты; волны плотности в галактиках; столкновения облаков; звёздный ветер.
- Роль вспышки сверхновой как триггерного механизма рассматривается, в частности, во многих гипотезах о происхождении Солнечной системы. Имеются и другие теоретические соображения и основанные на наблюдениях доказательства того, что порождённые вспышками сверхновых ударные волны могут стимулировать звездообразование. На это указывают, например, наблюдения окрестностей остатка вспышки сверхновой в созвездии Большого Пса. Другой триггерный механизм, "включающий" звездообразование, — спиральные волны плотности — характерен для спиральных галактик. Можно считать практически доказанным, что наблюдаемая в нашей и других подобных галактиках спиральная структура имеет волновую природу. Т.к. доля газа в Галактике мала (2-5% по массе), то волны плотности распространяются по звёздному населению — в спиральных рукавах концентрация звёзд повышается и гравитационный потенциал превышает среднее значение на 5-15%. Межзвёздный газ, попадая в зону действия гравитационного поля спиральной волны, приобретает дополнительную скорость по нормали к её фронту. Возникает скачок плотности — ударная волна, способная служить триггером для сжатия облаков газа, пересекающих границу спиральных ветвей Галактики. Галактическая спиральная волна плотности способствует развитию в газовых облаках неустойчивости Рэлея-Тейлора и образованию в них уплотнений. Действием этой волны объясняют также появление на внутренних краях спиральных рукавов тёмных полос — уплотнений пыли.

### • 3.5 Бюраканская теория

- В современной астрофизике существует еще одна концепция звездообразования, которую на протяжении ряда лет разрабатывает школа академика В. А. Амбарцумяна. По названию обсерватории, директором которой он есть, эта концепция получила наименование бюраканской. Ее приверженцы считают, что звезды образуются вследствие распада на части более плотных, а возможно и сверхплотных объектов. Эти объекты могут быть остатками того «первоначального» вещества, из которого образовалась наша Вселенная.
- В отличие от классической концепции бюраканскую в физическом и математическом плане разработано не так детально. Однако академик Амбарцумян считает, что такая разработка заблаговременная, поскольку здесь речь идет о таинственнейших космических процессах, относительно которых у нас еще очень мало фактов.
- В споре этих двух концепций идетя по сути не только о путях формирования звезд, а и о направленности эволюционных процессов во Вселенной вообще: или идут они от разреженных состояний к плотным или, наоборот, - от плотных до разреженных?
- Различаются и те исследовательские программы, которые соблюдают приверженцы противоборствующих концепций. Тогда как «классики» считают, что в основе разработки астрофизической теории должен лежать метод построения математических и физических моделей, даже при отсутствии необходимой полноты наблюдательных данных, «бюраканцы» считают, что теория должна строиться только на основе фактов, а к созданию конкретных теоретических моделей нужно приступать лишь тогда, когда данные наблюдений дают возможность при построении теории обойтись практически без произвольных дополнительных предположений.

# Глава 4 Эволюция звезд

- Основная часть жизни подавляющего большинства звезд - это период, когда в их недрах происходит термоядерная реакция синтеза более тяжелых элементов из более легких. На этом этапе равновесие звезды поддерживается равновесием между давлением раскаленного газа в ее недрах, который стремится расширить звезду, и силами притяжения, которые стремятся ее сжать.
- При этом, если термоядерные реакции в недрах звезды чему-то ускоряются поступление тепла с ее глубин к поверхности превышает теплоотдачу в мировое пространство, то температура в недрах звезды повышается, давление газа возрастает и звезда начинает расширяться. Центральная зона охлаждается, и термоядерная реакция приходит к норме. Наоборот, если теплоотдача в окружающее пространство оказывается большей, чем энергосодержание, то звезда начинает охлаждаться, давление в ее недрах падает и силы притяжения начинают сжимать звезду. Благодаря этому недра звезд разогреваются, термоядерная реакция ускоряется и тепловое равновесие, а вместе с тем и баланс сил внутри звезды приходят к норме. Итак, звезды - это саморегулирующиеся системы, созданные самой природой.
- Новый, по сути заключительный, период в существовании звезды наступает тогда, когда ее основное ядерное топливо - водород полностью исчерпывается. В процессе термоядерной реакции в центральной части звезды образовывается гелиевое ядро. Потом это ядро начинает сжиматься, а внешние пласты - оболочка звезды - расширяться. Звезда переходит в стадию
- красного гиганта. В ее недрах по мере дальнейшего сжимания одни термоядерные реакции сменяют другие при участии все более тяжелых элементов. И происходит это до тех пор, пока не будут исчерпаны все термоядерные источники энергии.
- Дальнейшая судьба умирающей звезды зависит от ее массы. Звезды, масса которых близка к солнечной или немного превышает ее, превращаются в так называемые белые карлики, т.е. в звезду с радиусом в сотни раз меньше радиуса Солнца. Плотность вещества таких звезд намного превышает плотность солнечного вещества. В каждом кубическом сантиметре пространства белых карликов помещаются десятки и сотни тонн вещества. Белый карлик - постоянное образование. Его равновесие поддерживается, тем не менее, внутренним давлением не обычного, а электронного газа, который образован большим количеством свободных электронов. Плотность этого газа целиком достаточная для того, чтобы прекратить гравитационное сжатие звезды. В таком газе существенным образом проявляются квантовые эффекты, и физики называют его «вырожденным». По этой причине и белых карликов нередко называют «вырожденными звездами».
- Температура поверхности наиболее горячих вырожденных карликов может достигать 50-100 тыс. кельвинов. Под тонкой атмосферой такой звезды расположена плотная масса, которая имеет до самого центра одинаковую температуру. Потери энергии на излучение у белых карликов сравнительно небольшие, поэтому такие звезды охлаждаются

- Если же масса звезды, которая завершает свой жизненный путь, заходит за 1,4 массы Солнца, то сжатие на стадии вырожденного карлика не останавливается, под действием сил тяготения оно длится дальше. Возникает так называемый гравитационный коллапс - безудержное падение вещества звезды к ее центру.
- На этом этапе может произойти мощный взрыв звезды-вспышка сверхновой\*. При этом остаток звезды, что взорвалась, может образовать объект, в недрах которого под действием колоссального давления электроны окажутся «впечатанными» к протонам. Протоны превратятся в нейтроны.



*Крабовидная туманность*

твое тело диаметром всего около 15-20 км. Средняя плотность вещества около 10 граммов в кубическом сантиметре. Это плотность ядерного вещества в 10 раз атомное ядро.

Было теоретически предусмотрено еще в довоенные года выдающимися астрофизиками обнаружить их удалось только в 1967 г. по непривычному импульсному излучению есть нейтронные звезды, что быстро вращаются. Если рожденный ею радиолуч будет описывать периодические круги в секунду. И каждое прохождение такого луча через антенну радиотелескопа.

Согласно теории, утверждая, что гравитационное сжатие должно заканчиваться Черной дырой.

Звезда может закончить свой жизненный путь одним из четырех способов: взорваться как сверхновая звезда и, в конце концов, стать Черной дырой. Возможно, и наоборот, если звезда сплывет это предположение, что конечное состояние в форме Черной дыры и параметров».

- \*Среди явлений, которые происходят в звездных мирах, одним из самых грандиозных является так называемые вспышки сверхновых звезд.
- Согласно современным теоретическим представлениям подобные вспышки возникают на завершающем этапе существования довольно массивной звезды при переходе от стадии белого карлика к стадии нейтронной звезды или Черной дыры.
- В 1758 году французский астроном Шарль Мессье, который занимался поисками комет, выявил в созвездии Тельца туманное светящееся пятно, которое он принял за неизвестную комету. Однако позднее выяснилось, что в отличие от комет, которые перемещаются среди звезд, эта туманность продолжает оставаться на одном и том самом месте. С появлением более мощных телескопов удалось рассмотреть ее более детально. Оказалось, что туманность имеет довольно причудливую форму, которая чем-то напоминает гигантского фантастического краба с многочисленными клешнями. В связи с этим туманность получила название Крабовидной.
- Позднее выяснилось, что газы, которые входят в состав Крабовидной туманности, разлетаются по радиальным направлениям от определенного центра со скоростью приблизительно 100 км/с. Это означало, что около 900 лет назад все вещество Крабовидной туманности было сконцентрировано в одном месте. Что же произошло в этом районе неба в начале второго тысячелетия нашей эры?
- Ответ на этот вопрос был найден в китайских хрониках тех времен. Как выяснилось, в 1054 году в созвездии Тельца вспыхнула чрезвычайно яркая звезда. Она светила так сильно, что на протяжении трех недель ее было хорошо видно на дневном небе при свете Солнца. Потом она погасла, а на месте вспышки образовалась газовая туманность, что и получила со временем название Крабовидной.
- Из этого видно, что речь идет именно о вспышке сверхновой звезды.

# Заключение

- Образование Звезд и Галактик-это очень сложные процессы,до конца ещё не объясненные и не понятые учеными мира. Все это потому что хоть и технологии Космологии перешли на новый уровень-новейшие телескопы позволяют увидеть далекие космические тела,определить эрицентр «Большого взрыва», спутники и робо-механизмы так же позволяют получить новую информацию- все ещё остаются неясными множество вопросов. Осознавая,что все мы-лишь очень малая часть всей Вселенной,можно говорить о том, что мы не очень далеко продвинулись в изучении Космоса. До сих пор теории образования Галактик и звезд неоднозначны,иногда появляются новые теории. Люди стремятся познать Космическое пространство,оно притягивает,манит к себе своей мистикой, неизвестностью,неопределенностью... Хотя все открытия в сфере Космологии,что были сделаны за всю историю человечества-это ценнейший клад,который надо хранить и преумножать.

# Список используемой литературы

1. Шкловский, И. С. Звезды: их рождение, жизнь и смерть/ И. С. Шкловский.- "Наука", 1984 г.-384 с.
2. Российская астрономическая сеть: портал [Электронный ресурс].-Режим доступа: <http://www.astronet.ru/>
3. Куликовский П. Г. Звездная астрономия/П. Г. Куликовский.- "Наука", 1978 г.-256 с.
4. Известия науки: портал [Электронный ресурс].-Режим доступа: <http://www.inauka.ru/>
5. Астрономический сайт : портал [Электронный ресурс].-Режим доступа: <http://cosmoportal.net/>