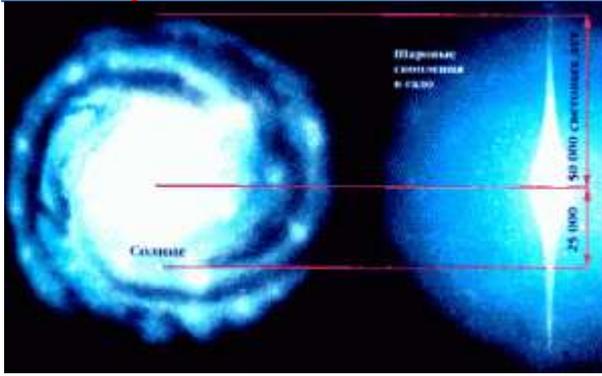


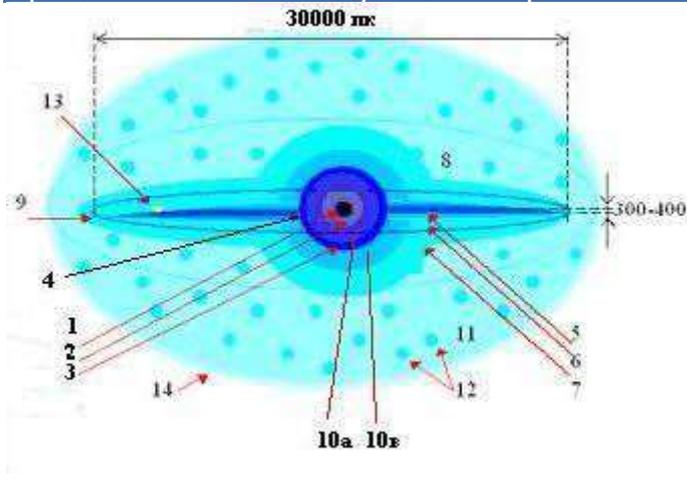
## Лекция 10 декабря

### 3. Строение Галактики



Первую модель Галактики в 1785г предложил В. Гершель, исходя из подсчета количества звезд в 1083 площадках одинакового углового размера, на которые он поделил звездное небо. По Гершелю Галактика неправильный диск поперечником 5800 и толщиной 1100 св.лет. Доказал, что Млечный Путь с Солнцем обособленная звездная

система, хотя окончательно наличие галактик установил **Эдвин Поуэлл ХАББЛ** (1889-1953, США) в 1923г. Современное строение Галактики представляется следующим образом.



- 1 - Керн
- 2 - Ядро Галактики
- 3 - Балдж ("вздутие"): сферическое население центра Галактики
- 4 - Бар – галактическая "перемычка".
- 5 - Молодая плоская подсистема (звезды классов O, B, ассоциации)
- 6 - Старая плоская подсистема (звезды класса A)
- 7 - Диск Галактики (звезды

главной последовательности, Новые, красные гиганты, планетарные туманности)

8 - Промежуточная сферическая составляющая (старые звезды, долгопериодические переменные)

9 - Спиральные рукава (диффузные газопылевые туманности, молодые звезды классов O, B, A, F)

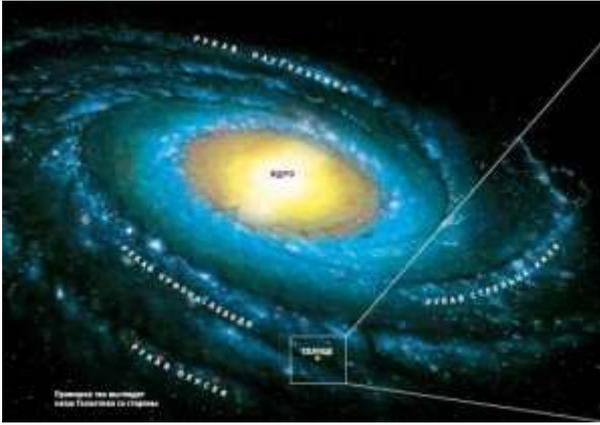
10 - Зоны концентрации ГМО вблизи ядра (10а) и в "молекулярном кольце" (10в)

11 - Древнейшая сферическая подсистема (гало) (шаровые скопления, короткопериодические цефеиды, субкарлики)

12 - Шаровые скопления

13 - Солнечная система

14 - Газовая корона Галактики.



**Ядро Галактики** (**Балдж**), составляющее около 8 тысяч парсек в поперечнике, наблюдается в созвездии Стрельца ( $\alpha = 17^{\text{h}}38^{\text{m}}$ ,  $\delta = 30^{\circ}$ ), занимая часть созвездий Щита, Скорпиона и Змееносца. Ядро полностью скрыто за мощными темными газопылевыми облаками (ГМО) общей массой  $3 \times 10^8 M_{\odot}$  в 700 пк от центра Галактики, поглощающими видимое, но пропускающими радио- и инфракрасное излучение. В их отсутствие ядро Галактики было бы самым ярким после Солнца и Луны небесным светилом. В центре ядра размером порядка 10 пк, наблюдается сгущение - **кern** - околоядерный газовый диск. Всего в 400 св. годах от центра, в недрах газопылевой туманности массой  $10^5 M_{\odot}$  скрывается черная дыра **Стрелец**

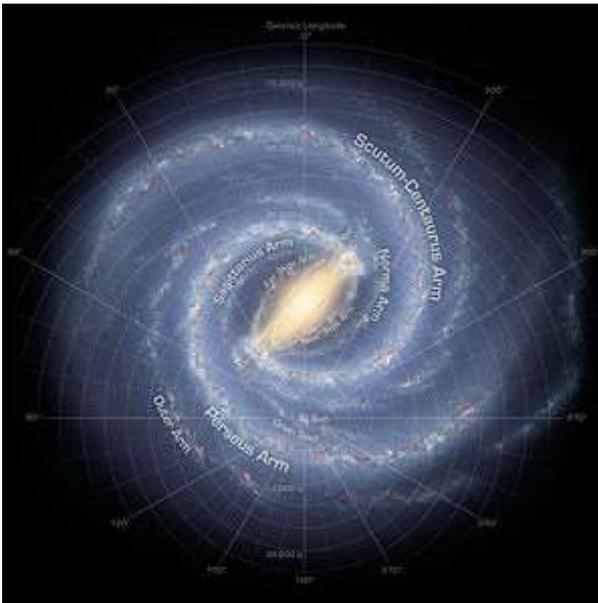


**A\*** массой около  $4,6 \times 10^6 M_{\odot}$ . В области размерами около 1 кпк и массой  $5 \times 10^6 M_{\odot}$ , вероятно, находится очень плотное скопление голубых сверхгигантов (до 50000 звезд). Так в 2003г обнаружена группа из пяти молодых звезд находится на расстоянии всего 0.26 световых лет. Ее нашла **Джессика Лу** из Калифорнийского университета с помощью телескопа Кекс I. Предположительно, звездам "всего"

около 10 миллионов лет. В начале 2005 г обнаружена вторая группа молодых звезд в непосредственной близости возле гигантской черной дыры в центре нашей Галактики. Ядро нашей Галактики в 1948-м году впервые удалось сфотографировать в тепловых (инфракрасных) лучах советским

астрономам **В.Б.Никонову**, **В.И.Красовскому** и **А.А.Калиняку** в Крымской обсерватории (Справо на фотографии КА Спитцер центр в инфракрасных лучах).

**Диск** - **содержит:** галактические молекулярные облака "молекулярного кольца", звезды главной последовательности, красные гиганты и сверхгиганты, туманности, рассеянные звездные скопления, межзвездная среда, космические лучи. Общая масса балджа в 20 миллиардов раз превышает массу Солнца. Диск достигает в поперечнике почти 100 тысяч световых лет, а его толщина колеблется от трехсот до трех тысяч световых лет. На долю тонкого диска приходится всего пять процентов галактической массы, зато он излучает до 90 процентов света, ведь в основном здесь находятся молодые звезды. Здесь также много газопылевых облаков, где еще миллиарды лет будут рождаться новые звезды.



**Спиральная ветвь** - диффузные газопылевые туманности, звездные ассоциации, молодые звезды классов O, B, A, F, межзвездная среда, космические лучи. Наша Галактика имеет перемычку - **бар**, из концов которого в 4 тысячах парсек от центра Галактики начинают закручиваться спиральные рукава. **Солнечная система** находится на расстоянии 8,5 тысяч парсек от галактического центра, вблизи плоскости Галактики (смещение к Северному полюсу Галактики составляет всего 10 парсек), на внутреннем краю рукава, носящего

название **рукав Ориона**. Такое расположение не даёт возможности наблюдать форму рукавов визуально. Новые данные по наблюдениям молекулярного газа (CO) говорят о том, что у нашей Галактики есть два рукава, начинающиеся у бара во внутренней части Галактики. Кроме того, во внутренней части есть ещё пара рукавов. Затем эти рукава переходят в четырёхрукавную структуру, наблюдающуюся в линии нейтрального водорода во внешних частях Галактики. Период обращения спиральной структуры 50 млн.лет, а перемычки 15-18 млн.лет.



**Сферическая составляющая** - **Гало** - редконаселенная область, почти сферической формы эллипсоид диаметром более 600 тысяч световых лет, окружающий галактический диск. Его масса составляет от двух до шести триллионов солнечных масс и температура около  $5 \times 10^5$  K. Вращается гало очень медленно. В гало Галактики наблюдаются "высокоскоростные" облака атомарного водорода, перемещающиеся независимо от ее вращения, звезды классов K, M, короткопериодические цефеиды, субкарлики, долгопериодические переменные, шаровые звездные скопления, межзвездная среда. Одни облака, в составе которых около 0,1 % тяжелых химических элементов, состоят из вещества, притянутого Галактикой из окружающего пространства. Другие облака образованы выбросами вещества из галактического диска при вспышках Сверхновых в звездных скоплениях и других космических явлениях; их состав включает до 1% тяжелых химических элементов.

**Темная материя** - основной состав гало. Изучение динамики звезд и межзвездного вещества показывает, что наблюдаемое светящееся вещество составляет до 10% общей массы Галактики. Остальное - так называемое темное вещество, еще не идентифицированное. По сравнению с диском и центральным балджем, в гало имеется очень мало

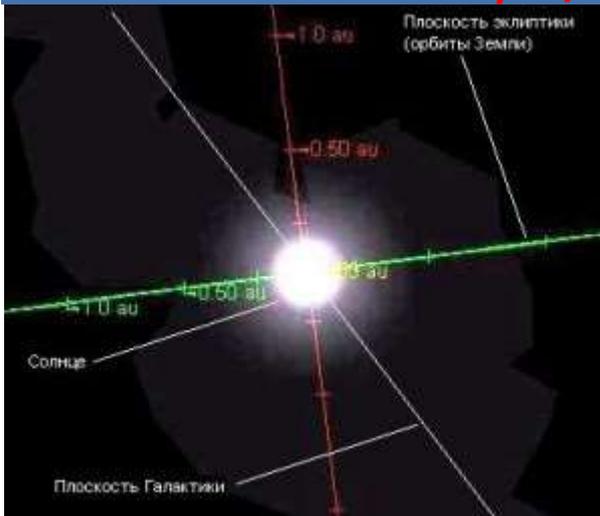
светящегося вещества, хотя изучение гравитационного поля показывает, что невидимая компонента массы Галактики, вероятно, распределена в сфере вокруг Галактики, а не сконцентрирована в диске. Предполагается, что это темное вещество распространено в пространстве на расстояниях до 300000 световых лет, заполняя область, которую иногда называют галактической **короной**. Эта область выходит далеко за пределы гало, определенные видимыми объектами. По оценке ученых ее количество составляет до 82% вещества во Вселенной. А согласно данным, которые стали известны в 2003 году благодаря зонду WMAP - 74 процента Вселенной составляет "темная энергия", 22 - "темная материя" и 4 - обычное вещество.

Ядро	Диск	Спиральные ветви
Черная дыра	ГМО "молекулярного кольца"	Диффузные газопылевые туманности
Керн - околоядерный газовый диск	Звезды главной последовательности, красные гиганты и сверхгиганты	Звездные ассоциации
ГМО	Туманности	Звезды классов O, A, F
Туманности	Рассеянные звездные скопления	Межзвездная среда
Звезды различных классов	Межзвездная среда	Космические лучи
Межзвездная среда	Космические лучи	

4.

## Вращение

## Галактики

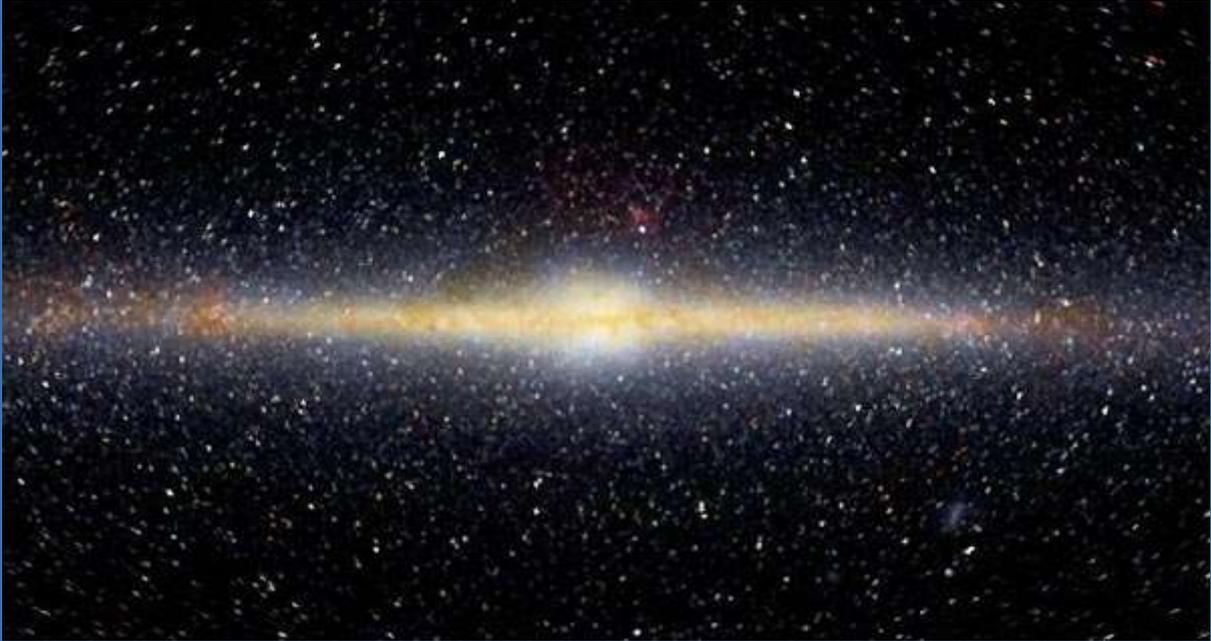


Галактика обладает сложным дифференцированным характером вращения вокруг своей оси. Галактика в целом вращается, но не как жесткое тело, а поэтому она постоянно деформируется.

Собственные скорости звезд в ядре достигает 1000-1500 км/с. Скорость обращения галактических рукавов ниже скорости движения отдельных звезд на том же расстоянии от центра Галактики.

Солнечная система располагается вблизи экваториальной плоскости Галактики в 26000 св. лет от ее центра (на расстоянии совпадения скорости вращения Галактики и движения ее спиральных рукавов). Период обращения Солнечной системы вокруг центра Галактики составляет 225-250 миллионов лет. Средняя продолжительность **галактического года** ( $T_G$ ) равна 213 млн. лет. Из анализа собственных движений 300000 звезд по смещению линий в спектрах благодаря эффекту Доплера установлено, что Солнечная система перемещается относительно ближайших звезд со скоростью 20 км/с в направлении созвездия Геркулеса и вместе с ними вращается вокруг центра Галактики со скоростью 250 км/с в направлении созвездий Лебедя и Цефея. Точка небесной сферы, в направлении которой движется Солнечная система, называется **апексом** (от лат. "вершина" -  $\alpha=17^h38^m$ ,  $\delta=+30^\circ$ ).

Плоскость Галактики и плоскость Солнечной системы не совпадают, а находятся под углом друг к другу и планетная система Солнца скорее катится, чем плавает, совершая оборот вокруг центра Галактики. На схеме показано положение Солнечной системы (ее наклон) относительно плоскости Галактики (направление на Солнце и центр Галактики совпадают).



На данном изображении, полученном спутником "Исследование космического фона" показана наша Галактика в инфракрасном свете. Тонкая полоска диска нашей спиральной Галактики содержит звезды, показанные белым цветом, и межзвездную пыль, показанную красным цветом.

**Карл ЯНСКИЙ** (1905-1950, США) радиоинженер, в декабре 1931 года открыл космическое радиоизлучение на длине волн 14,6м (при изучении атмосферных помех, шумов и свистов). Определяет периодичность в 23 часа 56 минут (оборот Земли) и к апрелю 1933г направление -идущее из Млечного Пути из созвездия Стрельца (Центр Галактики). Так было **открыто радиоизлучение Галактики**

Первый радиотелескоп построил в 1937г радиоинженер **Гроут Ребер** (1911-2002, США), самостоятельно сделавший у себя в саду из листов железа 9-метровый рефлектор, в принципе такой же, как нынешние гигантские параболические антенны. Ребер составил в 1942г первую радиокарту неба и обнаружил, что на волне 1,85 м излучает весь Млечный Путь, но наиболее сильно – его центральная часть.

Излучение космических радиоисточников бывает двух типов: **тепловое** и **нетепловое** (обычно синхротронное). Тепловое излучение рождается в горячем газе от случайного (теплого) движения заряженных частиц – электронов и протонов. Его интенсивность в широком диапазоне спектра почти постоянна, но на длинных волнах она быстро уменьшается. Такое излучение характерно для эмиссионных **туманностей**. Остальные источники имеют нетепловое излучение, интенсивность которого растет с увеличением длины волны. В этих источниках излучение возникает при движении очень быстрых электронов в магнитном поле.

Звезды – слабые источники радиоволн. В 1970-х годах Р.Хелминг и К. Уэйд из Национальной радиоастрономической обсерватории США открыли радиоизлучение от газовых оболочек, сброшенных **новой** Дельфина 1967 и новой Змеи 1970. Затем они обнаружили радиоизлучение красного сверхгиганта Антареса и рентгеновского источника в Скорпионе. В.Бааде

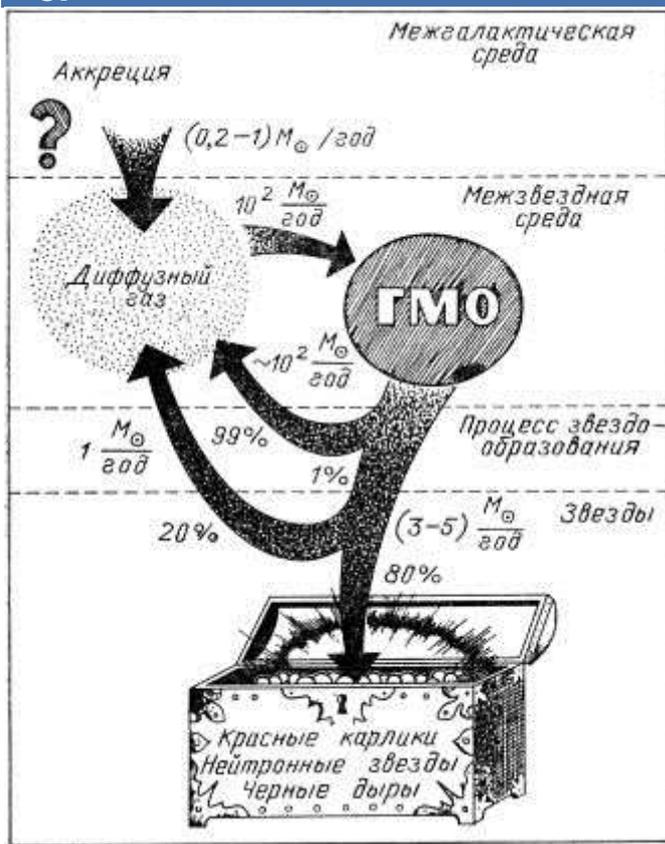
и Р.Минковский из обсерваторий Маунт-Вилсон и Маунт-Паломар (США) отождествили многие яркие радиоисточники с оптическими объектами. Мощный радиоисточник в Тельце они отождествили с остатком взрыва **сверхновой** звезды 1054. Мощный источник в Кассиопее также оказался остатком сверхновой, вспыхнувшей всего лет 300 назад, но не замеченной никем.

В 1967 Э.Хьюиш, Дж.Белл и их коллеги из Кембриджа (Англия) открыли необычные переменные радиоисточники – **пульсары**. Излучение каждого пульсара представляет строго периодическую последовательность импульсов; у открытых пульсаров периоды лежат в интервале от 0,0016 с до 5,1 с.

Нейтральный атомарный водород – возможно, самый распространенный элемент в межзвездном пространстве. Он способен излучать радиолинию с длиной волны 21 см, которая была предсказана в 1944 нидерландским теоретиком Х. ван де Хюлстом и обнаружена в 1951 Х.Юэном и Э.Парселом из Гарвардского университета (США). Около 5% водорода в Галактике вследствие высокой температуры находится в ионизованном состоянии.

## 6.

## Эволюция



Основным "поставщиком" межзвездного газа являются звезды, особенно на последних стадиях своей эволюции: голубые и красные гиганты и сверхгиганты, Новые и Сверхновые порождают в год около  $1 M_{\odot}$  межзвездного газа. Вероятно, Галактика притягивает газ из окружающего ее пространства (до  $1,2-2 M_{\odot}$  в год). Поэтому количество межзвездного газа в Галактике уменьшается очень медленно. Из межзвездного газа возникают опять звезды.

Заметно изменяется его химический состав. В звездах I поколения возрастом 12-13 миллиардов лет концентрация тяжелых элементов составляет около 0,1%. Звезды II поколения главной последовательности

возрастом 5-7 миллиардов лет содержат до 2 % тяжелых элементов. А вот вклад некоторых источников пыли в Галактике.

Источники пыли	
Красные гиганты	

Взрывы новых	
Взрывы сверхновых	
Протозвезды	
Планетарные туманности	
Звезды типа Вольфа - Райе	

### 3. Задания для самостоятельной работы

1. Как выглядел бы Млечный Путь, если бы Земля находилась: а) в центре Галактики; б) на краю галактического диска, в 50000 св. лет от центра Галактики; в) в одном из шаровых скоплений сферической составляющей; г) на расстоянии 10000 св. лет над северным полюсом Галактики; д) для наблюдателя в Большом Магеллановом Облаке? [без учета других окружающих галактик **а)** все небо было бы светящимся от звезд и газовых облаков **б)** Млечный путь наблюдался бы с концентрацией звезд к одной стороне неба, в то время как противоположная содержала бы незначительное число звезд, много наблюдалось бы шаровых скоплений **в)** в шаровом зависит от места в нем. Если в центре, то вокруг наблюдалось бы огромное число звезд этого шарового скопления. Если на краю, то наблюдалась бы в одной стороне неба громадная яркая спиральная система Галактики, а с другой яркая система шарового скопления **г)** с одной стороны огромную спиральную структуру Галактики, яркая освещенность неба, с другой шаровые скопления **д)** в зависимости от местоположения, но в любом случае одну сторону неба представляла бы довольно большая спиральная структура Галактики]
2. В 1974 году по программе SETI к шаровому звездному скоплению M13 в созвездии Геркулеса (расстояние 24000 св. лет) было отправлено радиосообщение о земной цивилизации. Как вы думаете, дождутся ли и, если "да", то когда дождутся наши потомки ответа? [если есть цивилизация способная по уровню технического развития ответить, то  $t = s/v = 2R/c = 2 \cdot 24000 = 48000$  лет. Но возможно и раньше, если сигнал примет цивилизация с более ближней звезды, попавшей в зону возможности приема]

