

16. Млечный путь и другие галактики

16.1. Форма и размеры Галактики

В ясную безлунную ночь наше внимание привлекает слабосветящаяся туманная полоса, пересекающая все небо, – Млечный Путь (см. фото), имеющая сложную клочковатую структуру, неодинаковую в разных местах яркость и представляющая собой совокупность огромного числа слабых звезд.

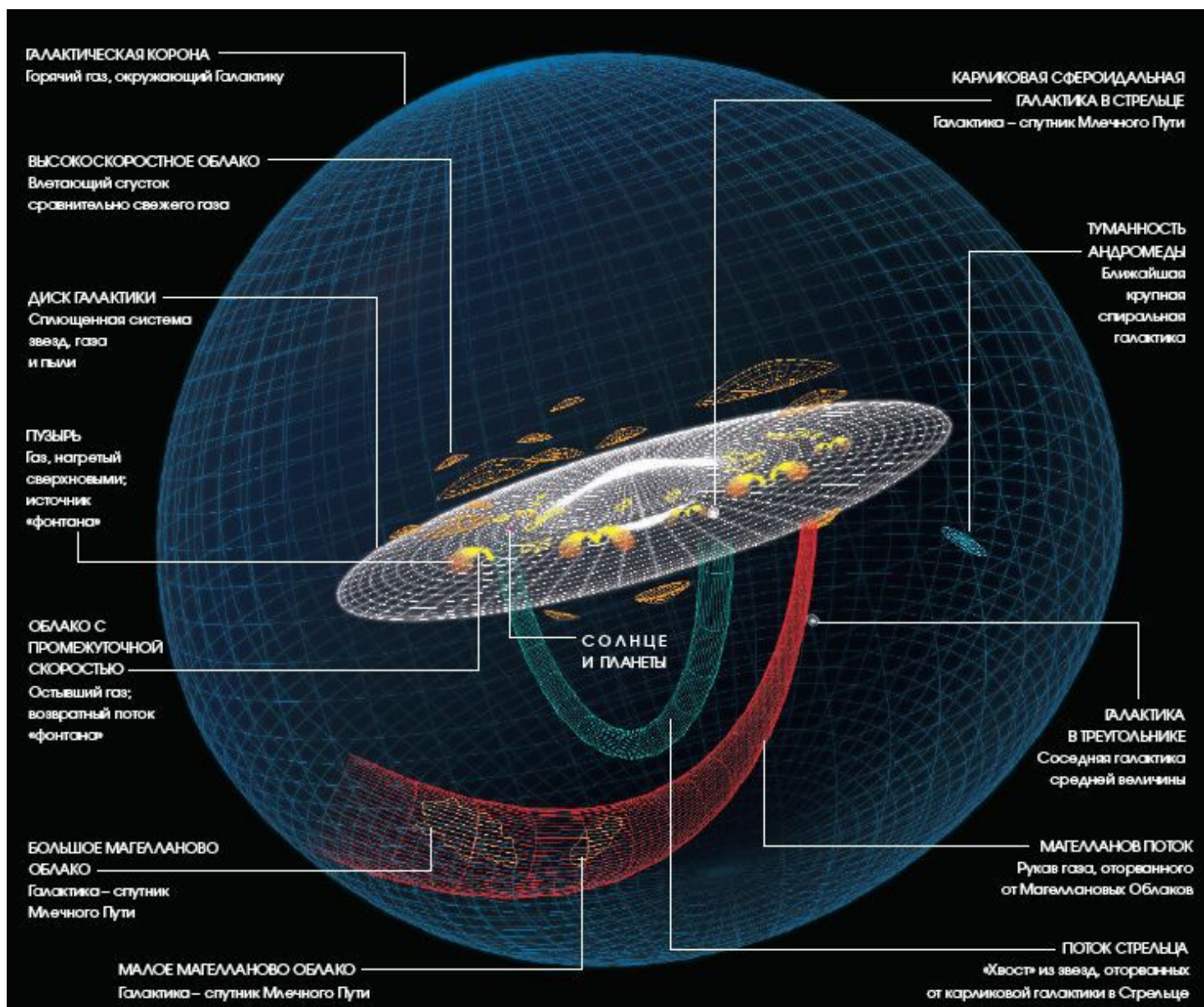


Еще в XVIII в. В. Гершель предположил, что Млечный Путь представляет собой гигантскую звездную систему – Галактику (древнегреческое название Млечного Пути) и предложил метод исследования его структуры. Метод заключается в подсчете звезд определенной яркости, видимых в данном направлении. Переходя ко все более и более слабым звездам, мы подсчитываем число звезд, находящихся на все больших и больших расстояниях. Сопоставляя подсчеты, сделанные в разных направлениях, можно получить представление о форме, размерах и строении нашей звездной системы. Если речь идет о нашей звездной системе, то Галактика – имя собственное и пишется с большой буквы; если говорится о других звездных системах, то галактика – имя нарицательное и пишется с маленькой буквы.

Галактика – гигантская звездная система. Ее диаметр около 30 кпк (30 000 пк), а общая масса видимой материи около 10^{41} кг, или 10^{11} масс Солнца. Галактику окружает так называемая галактическая корона, состоящая из огромного числа звезд малой массы ($M = 0,2 \div 0,3 M_{\odot}$).

Большая часть звезд Галактики сосредоточена в объеме, напоминающем по форме линзу, диаметр которой равен диаметру Галактики (30 000 пк), а толщина не превышает 4 кпк. Эта область называется галактическим диском, вдоль его плоскости симметрии – галактической плоскости – располагаются тонким слоем (200 пк) газовые и газопылевые облака. Солнце расположено вблизи галактической плоскости примерно в 8 000 пк от центра Галактики (см. рис.).

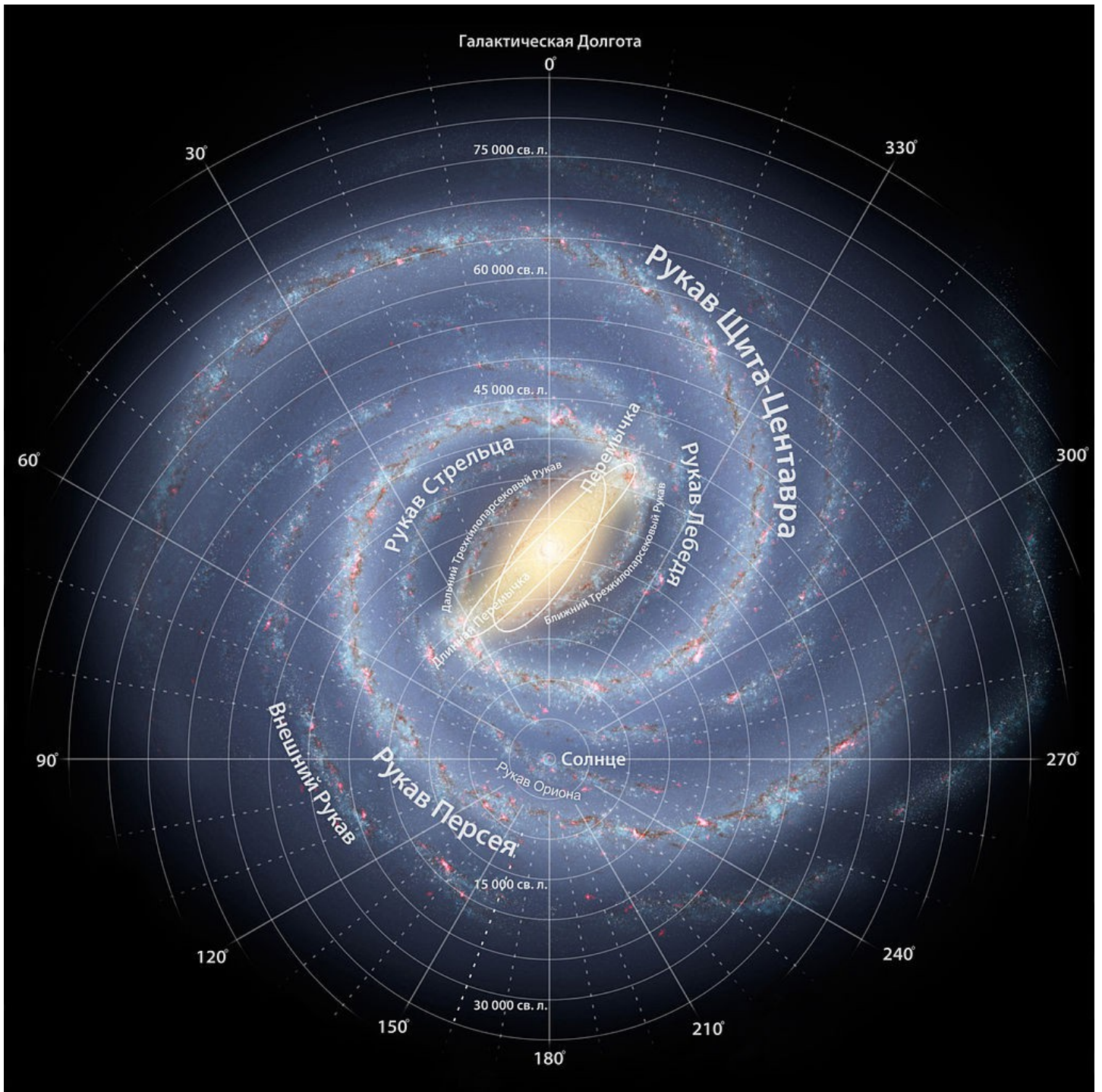
Напоминание: 1пк (парсек) – единица измерения межзвёздных и межгалактических расстояний. 1 пк = 3,26 св. года.



Исследования распределения звезд в пространстве показывают, что в Галактике существует выраженная спиральная структура, хорошо соответствующая спиральным структурам других галактик и состоящая из нескольких спиральных рукавов (см. рис.). Они представляют собой волны плотности, распространяющиеся в сторону, противоположную вращению Галактики (точнее, ее диска).

Красные карлики, шаровые скопления, красные гиганты, короткопериодические цефеиды образуют сферическую составляющую Галактики. Они занимают сферический объем, и их концентрация быстро увеличивается к центру. О распределении звезд короны мы практически ничего не знаем, но наиболее вероятно, что они распределены в сферическом объеме радиусом в несколько раз больше, чем радиус Галактики.

В самом центре Галактики располагается ее ядро. Оно закрыто от нас огромным облаком поглощающей материи, поэтому исследуется только в инфракрасном свете и радиоизлучении. Процессы в ядре Галактики изучены плохо. В самом центре или непосредственно рядом с ним обнаружен источник нетеплового (т. е. не связанного с горячим газом) радиоизлучения, природа которого неясна. В пределах 300 пк от центра обнаружено множество признаков образования массивных звезд. Там имеется газовый диск, масса которого, возможно, достигает 50 млн масс Солнца. Диск вращается с очень большой скоростью, причем вдоль его оси из ядра выбрасывается довольно значительное количество газа.



Недавно получены данные, свидетельствующие о наличии в Галактике массивной (несколько миллионов масс Солнца) черной дыры. Черные дыры наблюдаются, когда на ее поверхность падает газ (в галактиках это межзвездный газ). При падении на дыру газ разогревается до миллионов кельвин и светится в рентгеновском диапазоне. В Галактике, по-видимому, несколько миллионов лет назад произошло падение на черную дыру массивного тела. Это вызвало мощнейший взрыв, в результате которого межзвездный газ выбросило из окрестностей черной дыры.

16.2. Вращение Галактики

Исследования собственных движений звезд в Галактике показывают, что галактический диск вращается. Период вращения для разных расстояний от центра различен (т. е. Галактика вращается не как твердое тело). Для Солнца и окружающих его звезд он равен примерно 180 млн. лет. Линейная скорость вращения при удалении от центра сначала быстро возрастает, затем на очень большом расстоянии остается постоянной или даже увеличивается. Аналогичное распределение скоростей вращения характерно и для других галактик. Такая зависимость скорости вращения звезд от расстояния до центров галактик не согласуется с наблюдаемым распределением звезд (см. рис.), что и привело к заключению о существовании у галактик ненаблюдаемых галактических корон. Многочисленные наблюдения скоростей галактик в их скоплениях привели к заключению, что масса ненаблюдаемой (темной) материи в 10 раз превышает массу видимых звезд. Природа этой массы пока остается неизвестной.



16.3. Звёздные скопления

Структурными составляющими Галактики являются звёздные скопления. Звёздные скопления – это гравитационно-связанные группы звёзд, которые имеют общее происхождение. Звёздные скопления движутся в поле тяготения Галактики как единое целое.

По внешнему виду они подразделяются на рассеянные и шаровые.

Рассеянное звёздное скопление – это не имеющая правильной формы сравнительно неплотная группа звёзд, содержащая от нескольких десятков до нескольких тысяч звёзд. Размеры таких скоплений – 6–14 пк. Ближайшие к нам рассеянные звёздные скопления – Плеяды и Гиады – находятся в созвездии Тельца.

Невооружённым глазом можно различить в Плеядах 5–7 слабых звёздочек, располагающихся в виде маленького ковша (см. фото.).

В настоящее время известно около 1200 рассеянных звёздных скоплений. Общее же их число в Галактике оценивается в 20 тыс. объектов. Все они концентрируются у галактической плоскости и состоят из молодых бело-голубых звёзд главной последовательности.



Шаровые звёздные скопления имеют сферическую или эллипсоидальную форму (см. на фото. шаровое скопление M13), они насчитывают от десятков тысяч до миллионов звёзд.



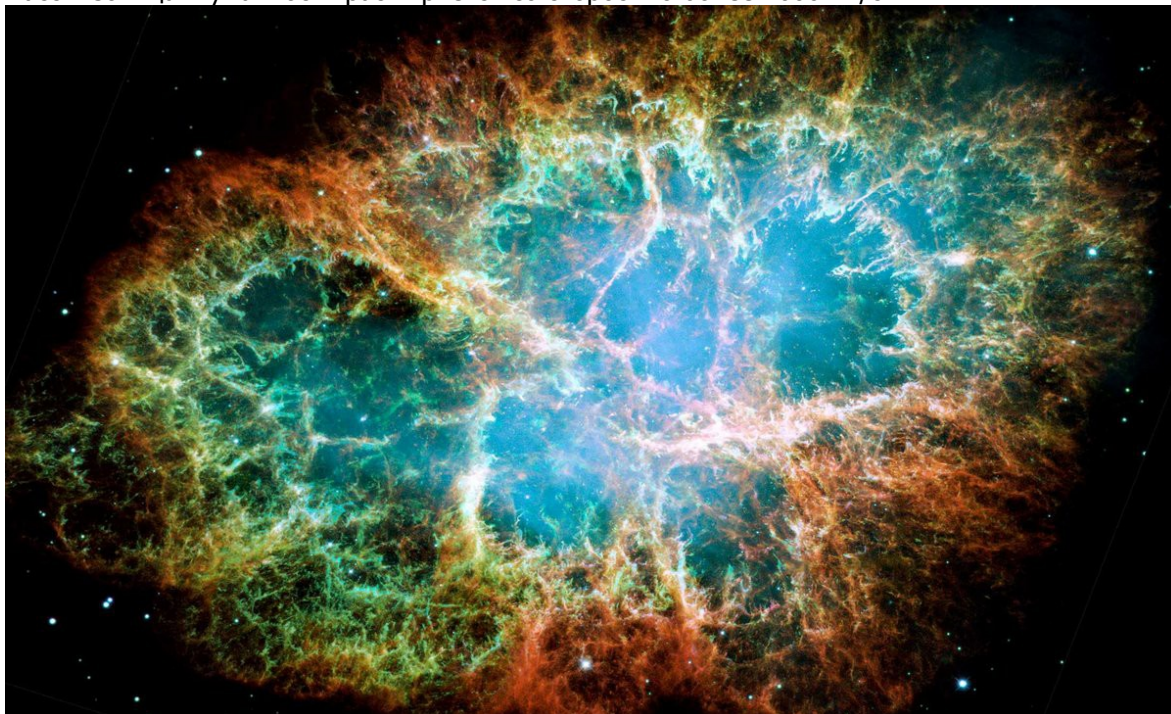
Диаметры таких звёздных скоплений лежат в пределах от 20 до 100 пк. Пространственная концентрация звёзд резко возрастает к центру скопления, достигая десятков тысяч в кубическом парсеке (в окрестностях Солнца – $0,13 \text{ пк}^{-3}$). Шаровые скопления образуют протяжённое гало вокруг центра Галактики, сильно концентрируясь к нему. Всего в Галактике открыто около 150 шаровых скоплений, а их общее число примерно составляет около 500. Звёздное население шаровых скоплений состоит из давно проэволюционировавших звёзд – красных гигантов и сверхгигантов. Шаровые скопления нашей Галактики – одни из старейших. Их возраст составляет 10–15 млрд лет.

16.4. Туманности

В различных созвездиях можно увидеть в телескоп туманные пятна, которые (в основном) состоят из газа и пыли, – это туманности, они тоже входят в состав нашей Галактики. Туманности неправильной, клочковатой формы называют диффузными, а те, которые имеют правильную форму и в небольшие телескопы напоминают по виду планеты, – планетарными. Если вблизи большого газопылевого облака находится яркая звезда, то туманность, отражая или переизлучая излучение этой звезды, становится видимой как светлая диффузная туманность. Пример светлой диффузной туманности – большая газопылевая туманность в созвездии Ориона М42 (см. фото.). Расстояние до нее около 500 пк, диаметр центральной части туманности – 6 пк, масса примерно в 100 раз больше массы Солнца.



Интересна небольшая диффузная туманность, названная Крабовидной туманностью (см. рис.) за свою необычную сетку из ажурных газовых волокон. Установлено, что эта туманность – остаток сверхновой звезды, вспыхнувшей в 1054 г. в созвездии Тельца. Значит, возраст Крабовидной туманности чуть более 950 лет. Крабовидная туманность удалена от нас на расстояние не менее 1,5 кпк. Ее диаметр около 1 пк, масса всех волокон около 0,1 массы Солнца. Туманность расширяется со скоростью более 1000 км/с.



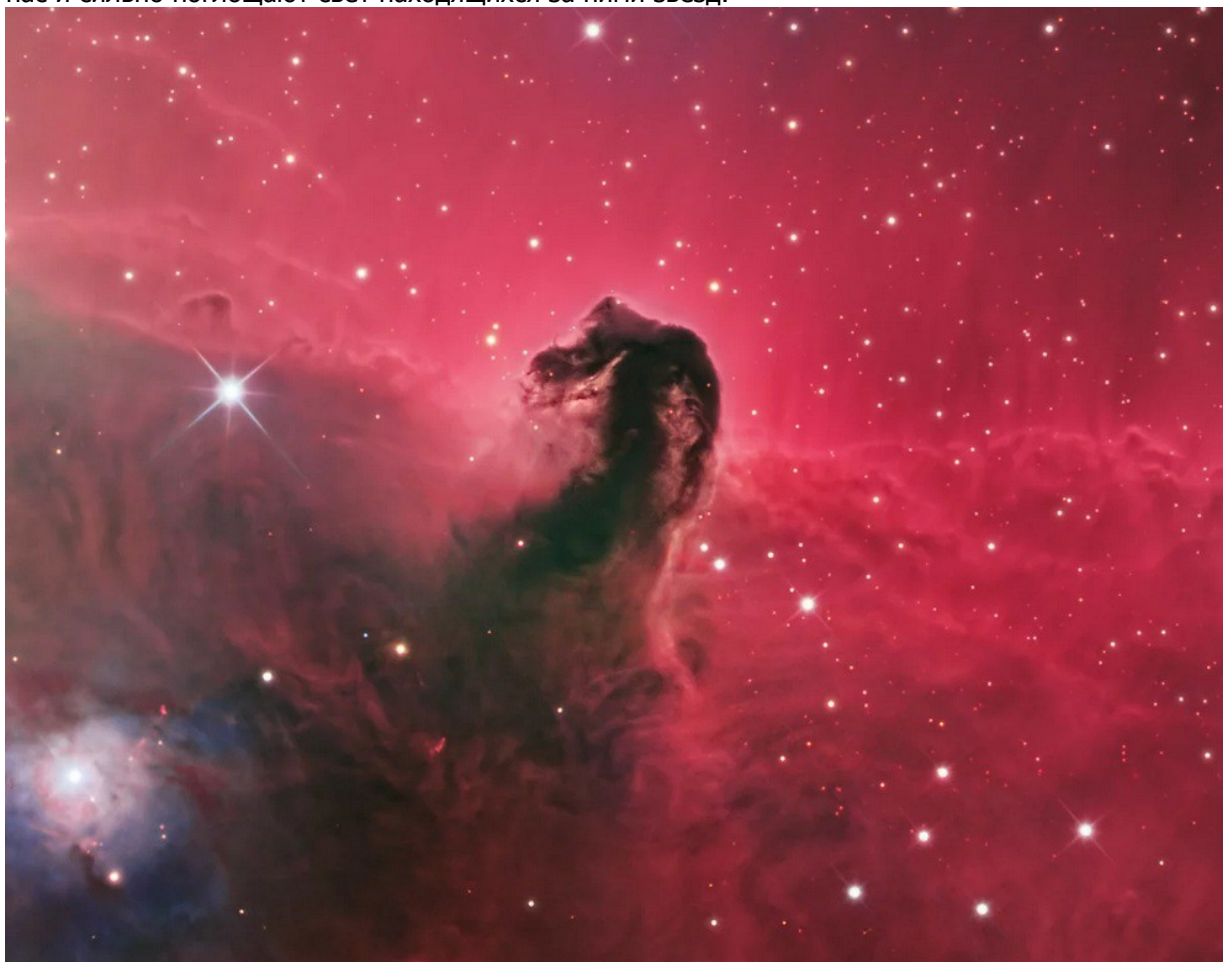
Пример планетарной туманности – туманность NGC 7293 Улитка или Глаз бога (см. фото.). В центре планетарной туманности находится горячая звезда. Газ, из которого состоит планетарная туманность, входил когда-то в состав атмосферы этой звезды. Коротковолновое излучение звезды переизлучается газом планетарной туманности в видимое излучение. Таким процессом (флуоресценцией), а не простым отражением объясняется свечение планетарных туманностей.



Туманность NGC 6302 Бабочка, несмотря на то, что визуально она не напоминает планету, тоже относится к планетарным (см. фото.).



Туманности, в основном состоящие из пыли, выделяются на фотографиях звездного неба в виде темных участков (см. фото. туманности IC 434 Конская голова). Многие темные туманности расположены сравнительно близко от нас и сильно поглощают свет находящихся за ними звезд.



16.6. Космические лучи и магнитные поля

Но даже там, где не видно ни звезд, ни туманностей, пространство не пусто. Оно заполнено очень разреженным межзвездным газом и межзвездной пылью. В межзвездном пространстве существуют и различные поля (гравитационное и магнитное). Пронизывают межзвездное пространство и космические лучи, представляющие собой потоки электрически заряженных частиц, которые при движении в магнитных полях разогнались до скоростей, близких к скорости света, и приобрели огромную энергию.

16.7. Открытие других галактик

В 1924 г. с помощью крупнейшего в то время телескопа Эдвин Хаббл установил, что туманность Андромеды образована огромным числом звезд, сливающихся в сплошное туманное пятно при наблюдении в менее мощный телескоп. Большинство других известных туманностей оказались такими же удаленными гигантскими системами, состоящими из миллионов и миллиардов звезд. Гигантские гравитационно-связанные системы звезд и межзвездного вещества, расположенные вне нашей Галактики, стали называть галактиками. Современные мощные телескопы сделали доступной регистрацию сотен миллиардов галактик.

16.8. Многообразие галактик

Мир галактик поражает своим разнообразием. Галактики резко отличаются размерами, числом входящих в них звезд, светимостями, внешним видом. Они обозначаются номерами, под которыми их вносят в каталоги. Одни и те же галактики фигурируют в разных каталогах под разными номерами. Например, М 31, М 82 (каталог Мессье) или NGC 224, NGC 3034 («Новый общий каталог» – New General Catalogue).

По внешнему виду галактики условно разделены на три основных типа: эллиптические, спиральные и неправильные.



Пространственная форма эллиптических галактик – эллипсоиды с разной степенью сжатия (M32 Сомbrero, см. рис. выше). Среди эллиптических галактик встречаются гигантские и карликовые. Почти четверть всех изученных галактик относится к эллиптическим. Это наиболее простые по структуре галактики. Распределение звезд в них равномерно убывает от центра, пыли и газа почти нет. Самые яркие звезды – красные гиганты.

Спиральные галактики – самый многочисленный тип галактик (NGC 2903, см. фото,



или M95, см. фото)



К нему же относятся наша Галактика и гигантская Туманность Андромеды (M 31 или NGC 224, см. фото), удаленная от нас примерно на 2,5 млн. св. лет. Это одна из немногих галактик, видимых невооруженным глазом. Массы спиральных галактик – порядка 10^9 – 10^{12} масс Солнца. Их строение и состав похож на нашу Галактику.



Неправильные галактики не имеют центральных ядер и не обнаруживают закономерностей в своем строении. Жители Южного полушария Земли могут невооруженным глазом видеть две неправильные галактики – Большое и Малое Магеллановы Облака, являющиеся спутниками нашей Галактики (см. фото).

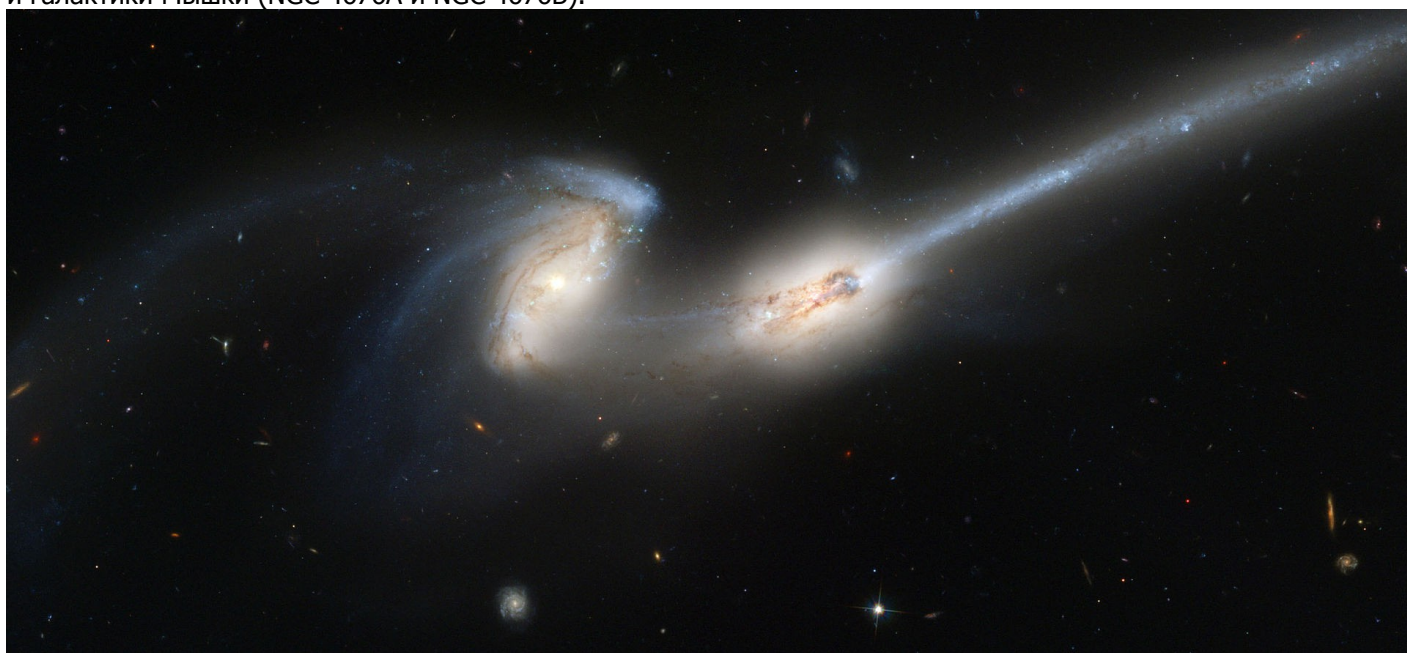


Они находятся сравнительно недалеко от нас, на расстоянии всего лишь в полтора раза большем диаметра Галактики. Магеллановы Облака значительно меньше нашей Галактики по массе и размерам. Изучение Магеллановых Облаков позволяет получить ценнейшие сведения о звездах, звездных скоплениях и диффузной материи.

Нередко встречаются и другие виды галактик, которые по своим свойствам отличаются от эллиптических, спиральных и неправильных. Таковы, например, взаимодействующие галактики. Они обычно находятся на небольших расстояниях друг от друга, связаны «мостами» из светящейся материи, иногда как бы пронизывают одна другую. На рисунках показаны галактики Антенны

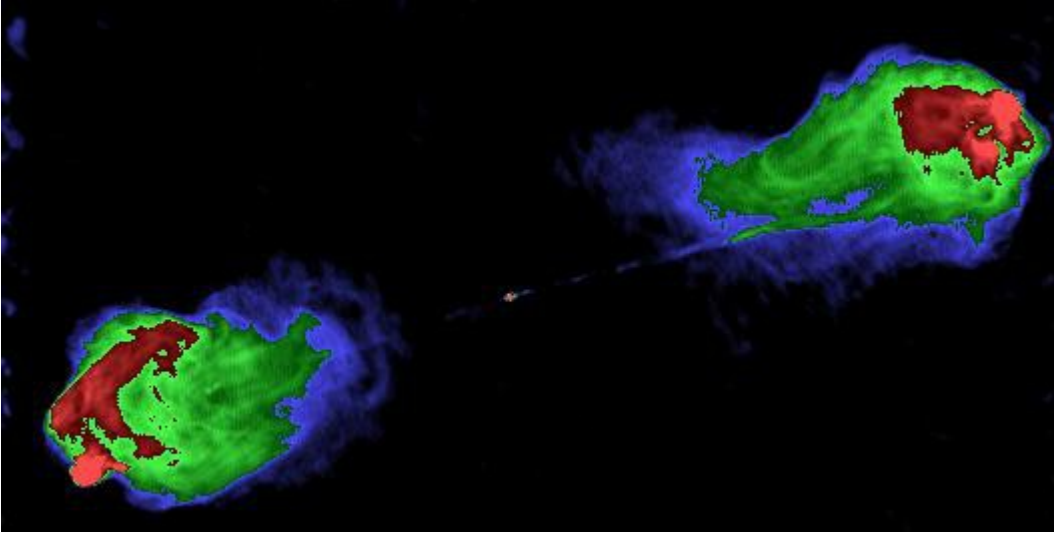


и галактики Мышки (NGC 4676A и NGC 4676B).

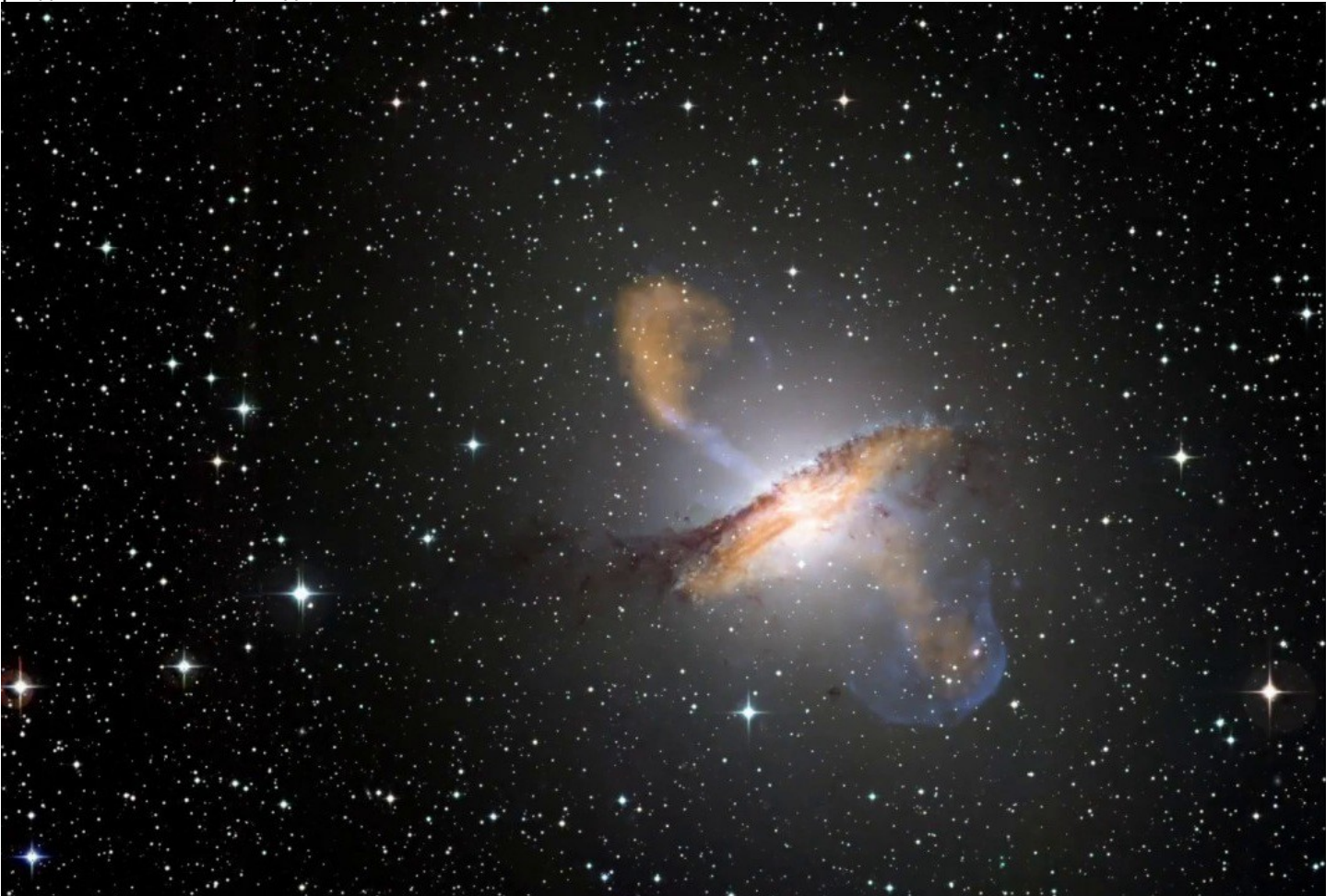


16.9. Радиогалактики

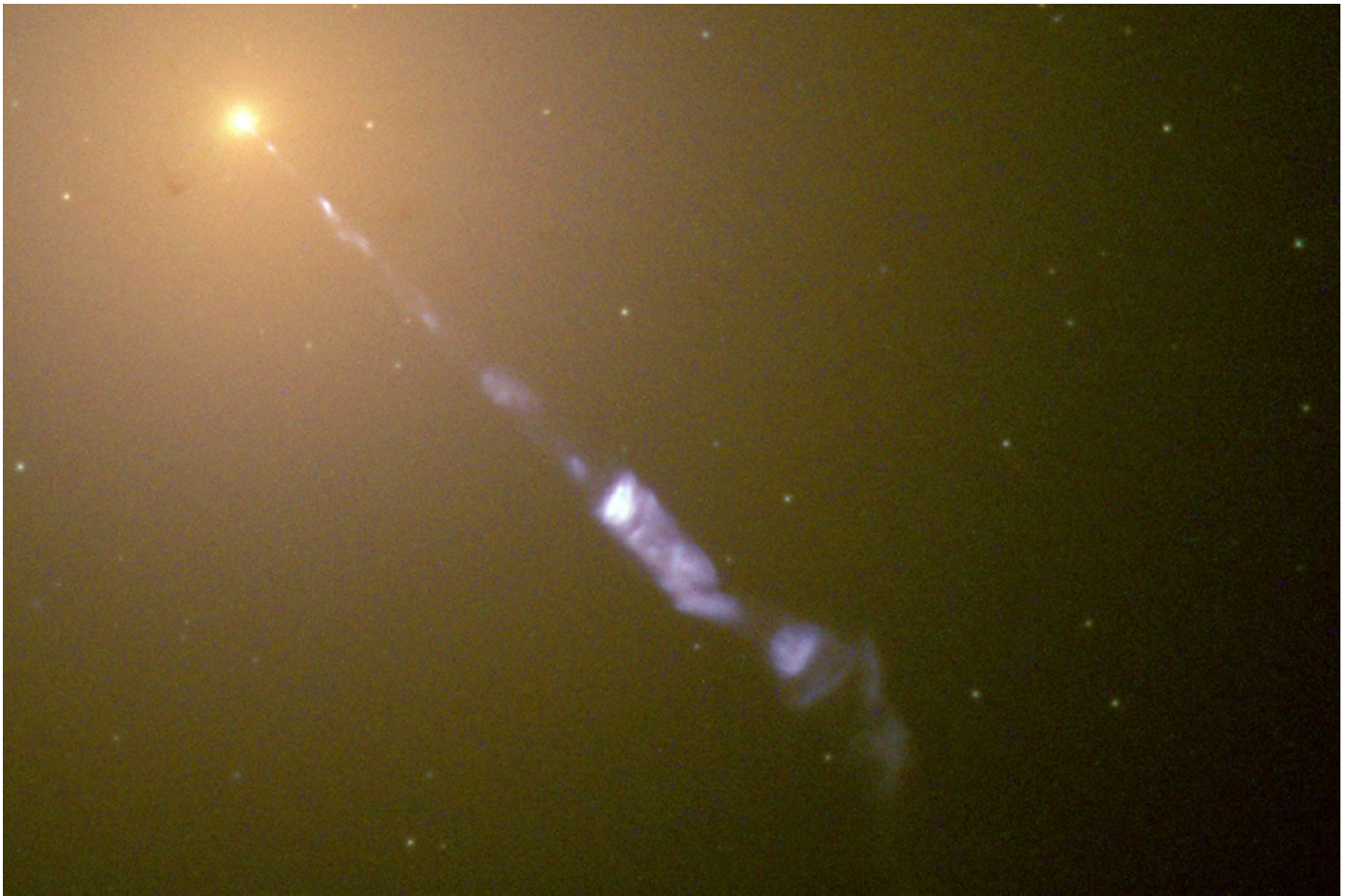
Некоторые галактики обладают исключительно мощным радиоизлучением, превосходящим видимое излучение. Это радиогалактики. Одна из них находится в созвездии Лебеда (Лебедь А, см. ее изображение в радиодиапазоне). Ее видимая звездная величина – примерно 18^m (будучи столь слабым объектом в оптическом диапазоне, эта галактика даже не была внесена в каталог NGC). Но абсолютная звездная величина галактики Лебедь А, находящейся от нас на расстоянии около 200 Мпк, достигает $-20,5^m$. Это такая же гигантская система, как и наша Галактика. Но, в отличие от нашей и других «нормальных» галактик, Лебедь А излучает в радиодиапазоне больше энергии, чем в оптическом диапазоне. В Лебеде А видно два ядра, образование которых скорее всего связано с мощным взрывом в центре этой галактики (хотя, возможно, это результат столкновения двух галактик).



Другой известный источник радиоизлучения – шаровая галактика NGC 5128 в созвездии Центавра (см. фото). На фотографии этой галактики четко выделяются огромные облака темной пылевой материи, которые как бы разделяют галактику на две части.



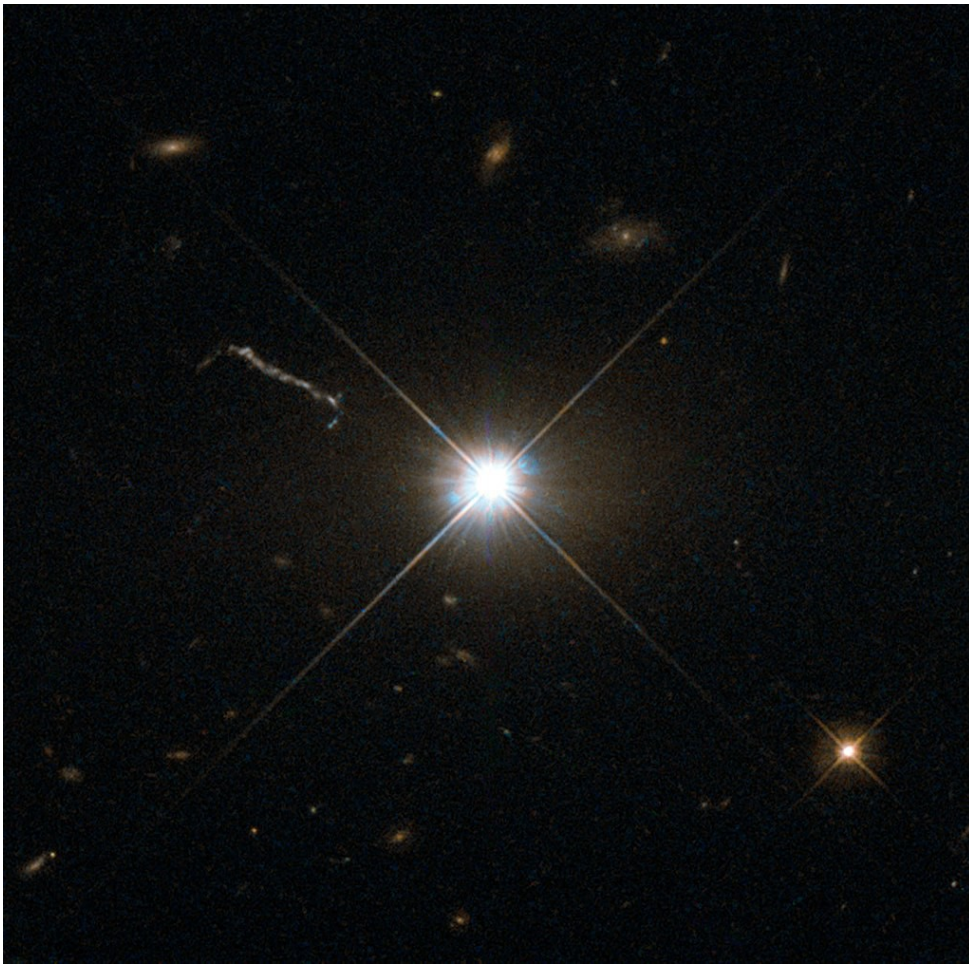
В одной из ближайших к нам радиогалактик (Дева А; М 87 или NGC 4486) хорошо видна газовая струя, устремленная из ядра (см. фото). Длина струи достигает нескольких тысяч световых лет, внутри нее заметны отдельные сгущения.



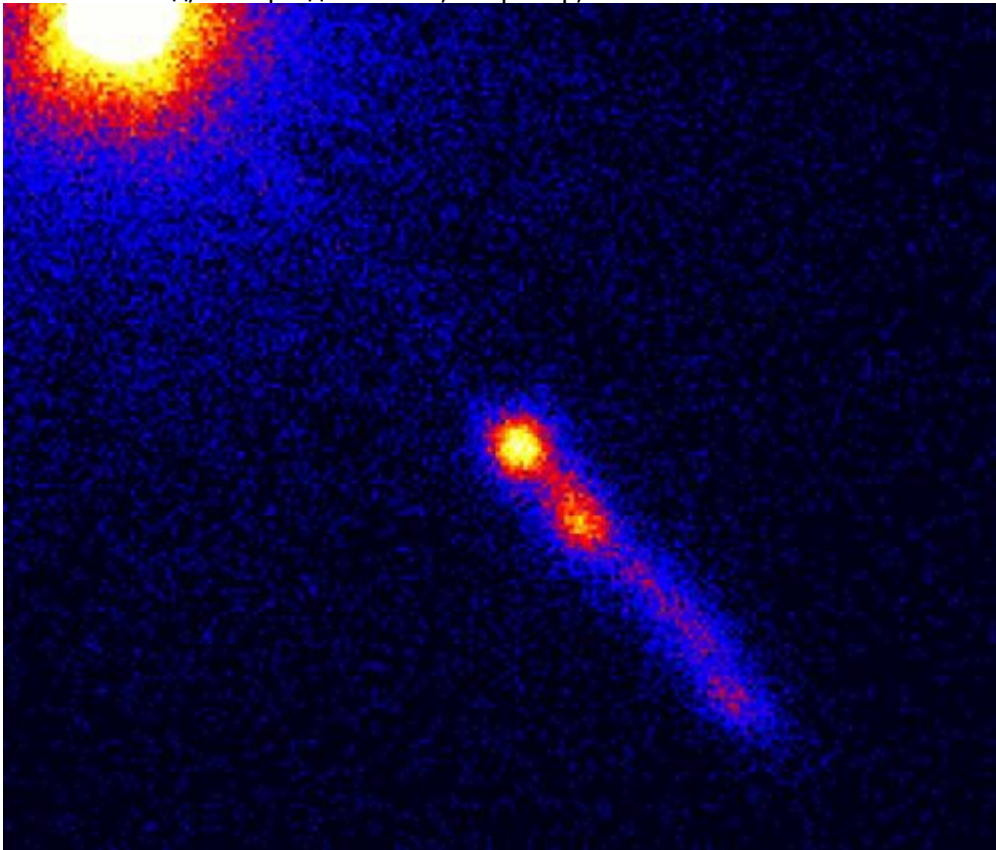
Еще недавно считалось, что самые грандиозные проявления взрывных процессов – вспышки сверхновых. Однако при взрывах в ядрах галактик выделяется во много раз больше энергии. Наблюдаемая активность ядер галактик проявляется в следующих основных формах: непрерывное истечение потоков вещества; выбросы сгустков газа и облаков газа с массой в миллионы солнечных масс; нетепловое (т. е. не связанное с нагреванием) радиоизлучение из околядерной области; взрывы, превращающие галактику в радиогалактику. Причина активности ядер галактик пока не выяснена. На протяжении многих лет активность ядер галактик исследовали академик В. А. Амбарцумян и его ученики.

16.10. Квезары

Радионаблюдения привели в 1963 г. к открытию удивительных звездоподобных источников радиоизлучения. Они были названы квазарами. Сейчас их открыто более тысячи. Самый яркий квазар, имеющий обозначение 3C 273 (3C – сокращенное название третьего Кембриджского каталога радиоисточников), виден как звезда $12,6^m$ (см. фото). В действительности этот квазар, находящийся от нас на расстоянии около 3 млрд. св. лет, излучает больше энергии в оптическом диапазоне, чем самые яркие галактики.



Светимость этого квазара в 500 раз превосходит светимость галактики в Андромеде. В радиодиапазоне мощность излучения 3C 273 сравнима с радиоизлучением Лебедя А. Кроме того, этот квазар оказался одним из самых мощных источников рентгеновского излучения (см. фото 3C 273 в рентгеновском диапазоне). Сравнивая между собой старые фотографии участка звездного неба, полученные в то время, когда эта «слабая звезда» ничем не привлекала к себе внимание, обнаружили, что блеск квазара не оставался постоянным. Это позволило оценить размеры квазара. Они не превышают одного светового года. Следовательно, квазар, по крайней мере, больше обычных звезд, но гораздо меньше, например, нашей Галактики.



Квazarы не похожи на обычные звезды и своими массами. Вычисления показывают, что массы квазаров достигают многих миллионов солнечных масс. Чтобы вызвать и длительное время поддерживать сверхмощное излучение квазаров, требуется энергия, которую не может обеспечить ни один из известных ныне источников, включая термоядерный синтез. Свет и радиоизлучение от самых далеких из известных ныне квазаров идет к нам более 10 млрд. лет. Скорее всего квазары – это исключительно активные ядра очень далеких галактик.

Вопросы

1. Что такое «Млечный путь»?
2. Что представляет собой Галактика как звездная система?
3. Как расположены звезды в Галактике?
4. Что представляют собой спиральные рукава Галактики?
5. Где в Галактике расположены красные карлики, шаровые скопления, красные гиганты, короткопериодические цефеиды?
6. Что находится в центре Галактики и какие процессы там происходят?
7. Где в Галактике, судя по всему, находится массивная (несколько миллионов масс Солнца) черная дыра?
8. Как происходит вращение галактического диска?
8. Какая зависимость скорости вращения звезд от расстояния до центров галактик привела к гипотезе о «тёмной материи»?
9. Как велика масса тёмной материи по сравнению с массой видимых звезд?
10. Что представляют собой звездные скопления?
11. Рассеянное звездное скопление – это...
12. Сколько, примерно, рассеянных звездных скоплений в Галактике и где они расположены?
13. Шаровое звездное скопление – это...
14. Сколько, примерно, шаровых звездных скоплений в Галактике и где они расположены?
15. Дайте общую характеристику туманностям.
16. Откуда и как появилась Крабовидная туманность?
17. Что такое «планетарная туманность»?
18. Назовите три основных типа галактик.
19. Коротко охарактеризуйте эллиптические галактики.
20. Коротко охарактеризуйте спиральные галактики.
21. Коротко охарактеризуйте неправильные галактики.
22. Чем радиогалактики отличаются от других типов галактик?
23. Чем квазары отличаются от галактик?