

Галактики

Эд Вазоров, Новочебоксарск, Чувашия
<http://vazhorov.wordpress.com/>
vazhorov@mail.ru

Галактики

Исторический очерк



- Изучая многочисленные туманности, В. Гершель пришел к выводу, что некоторые из них являются далекими звездными системами. Он писал: -”...Небеса состоят из участков, в которых солнца собраны в системы. Эти туманности могут быть названы млечными путями-с малой буквы в отличие от наше системы”.
- Убедившись, что большинство туманных объектов оказались обычными туманностями, которые находятся в нашей Галактике, Гершель под конец жизни пришел к выводу, что «Все, что за пределами нашей собственной системы, покрыто мраком неизвестности».
- Англ. астроном Агнесса Кларк в 1890г. писала в своей книге «Система звезд»: «...ни один компетентный ученый... не станет придерживаться мнения, что хотя бы одна туманность является звездной системой, сравнимой по размерам с Млечным путем.»
- Все эти пессимистические настроения были связаны с тем, что ученые тогда не умели определять расстояния до галактик. По измерениям 1907г. Галактика в Андромеде, якобы, расположена от нас всего в 19 св. г, чуть позже, в 1600 св. лет.

Галактики

Исторический отчерк

- Природу спиральных туманностей окончательно удалось установить Эдвину Хабблу, который в конце 1923г. обнаружил в Туманности Андромеды первую цефеиду и оценил расстояние до галактики в 900000 св. лет (в реальности, 2,3 млн. св. лет).
- Это доказывало, что спиральные туманности являются галактиками, подобными нашей - грандиозными образованиями из миллиардов звезд и находятся на расстоянии в миллионы св. л. от нас.
- В 1929 году Эдвин Хаббл вывел свой знаменитый закон: галактики разлетаются со скоростью пропорциональной расстоянию между ними ($v=Hr$). Это было сделано на статистическом уровне: расстояние до галактики в среднем обратно пропорционально квадрату ее яркости. Скорость убегания была определена красным смещением (эффект Доплера).
- Вместе с ОТО Эйнштейна и решениями Фридмана показывающими нестационарность Вселенной, этот закон изменил мировоззрение: вместо вечной и неизменной мы получили расширяющуюся эволюционирующую Вселенную возникшую миллиарды лет назад.



Галактики

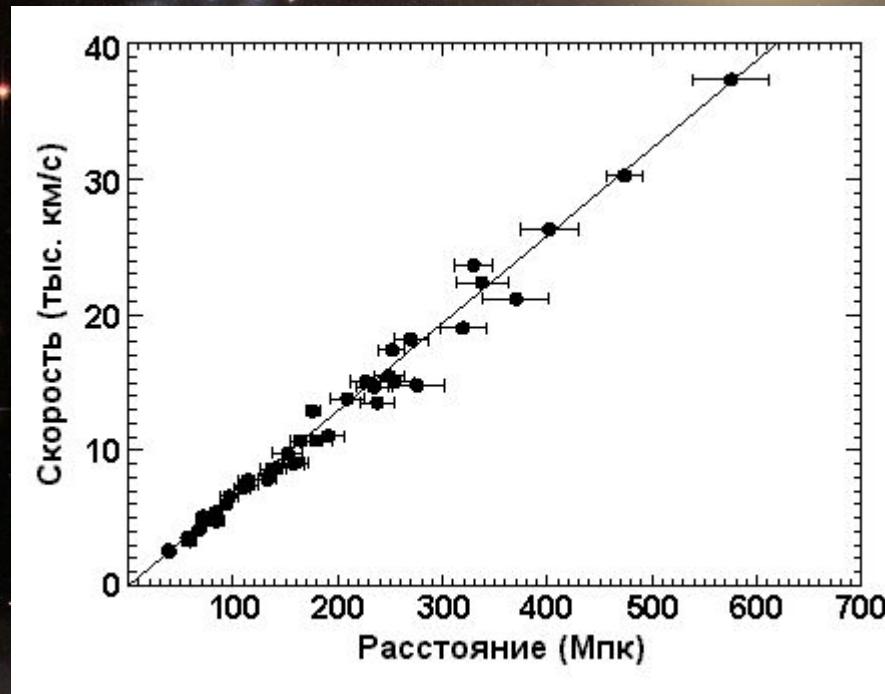
Закон Хаббла и определение расстояний до галактик



- Еще в начале нашего века было установлено, что в спектрах большинства галактик линии всех химических элементов смещены в красную сторону. Мерой этого красного смещения является величина $z = (\lambda' - \lambda_0) / \lambda_0$
- Смещение в спектрах галактик объясняется эффектом Доплера, согласно которому чем быстрее удаляется от нас какой-либо объект, тем больше величина красного смещения. Связь между скоростью удаления v и z $v = cz$. Самая далекая галактика имеет $z=6.68$
- В 1929 году американский астроном Эдвин Хаббл сделал замечательное открытие: лучевая скорость v любой галактики (измеренная с помощью красного смещения) пропорциональна расстоянию r от нее: $v = Hr$, где H - коэффициент пропорциональности, называемый постоянной Хаббла.
 $55 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк}) < H < 75 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк}) \sim 65 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$.
- Главным методом измерения внегалактических расстояний является метод “стандартной свечи”. В качестве «свеч» выбираются цефеиды (до 100млн. св. лет) и сверхновые звезды типа Ia, имеющие одну светимость ($10^{11} L_{\odot}$) (более млрд. св. лет).

Галактики

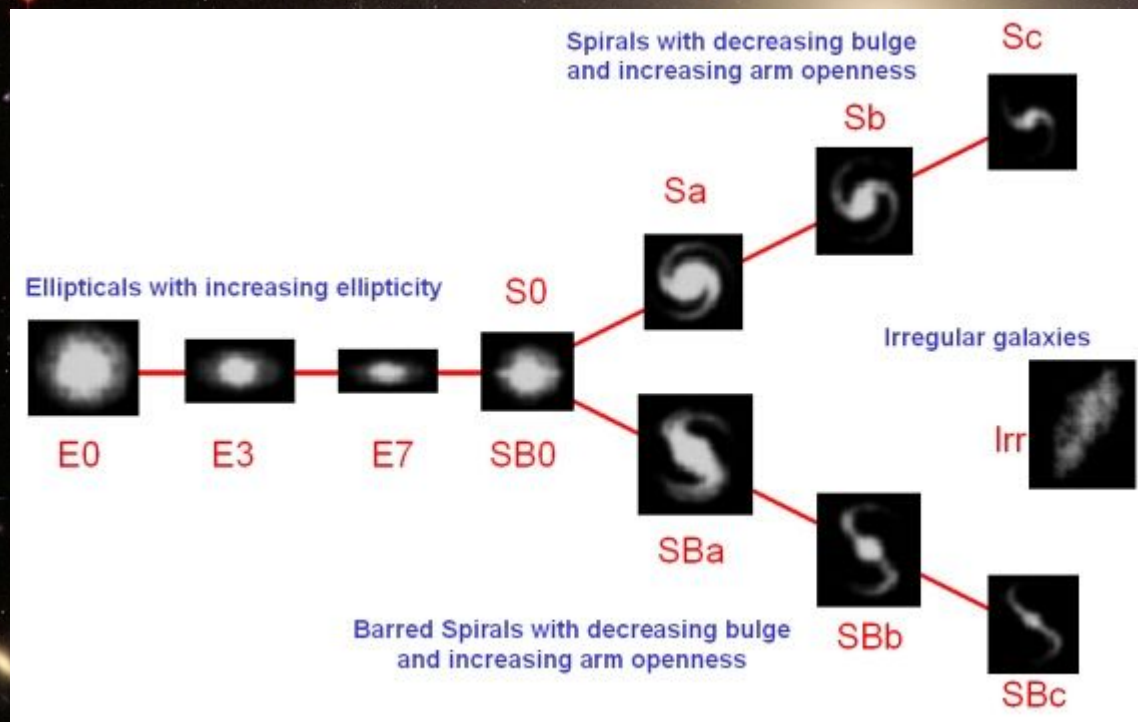
Закон Хаббла и определение расстояний до галактик



Линейность соотношения между скоростью удаления галактик и расстоянием до них. Расстояния до галактик вычислены с помощью сверхновых типа Ia

Галактики

Камертонная классификация Хаббла



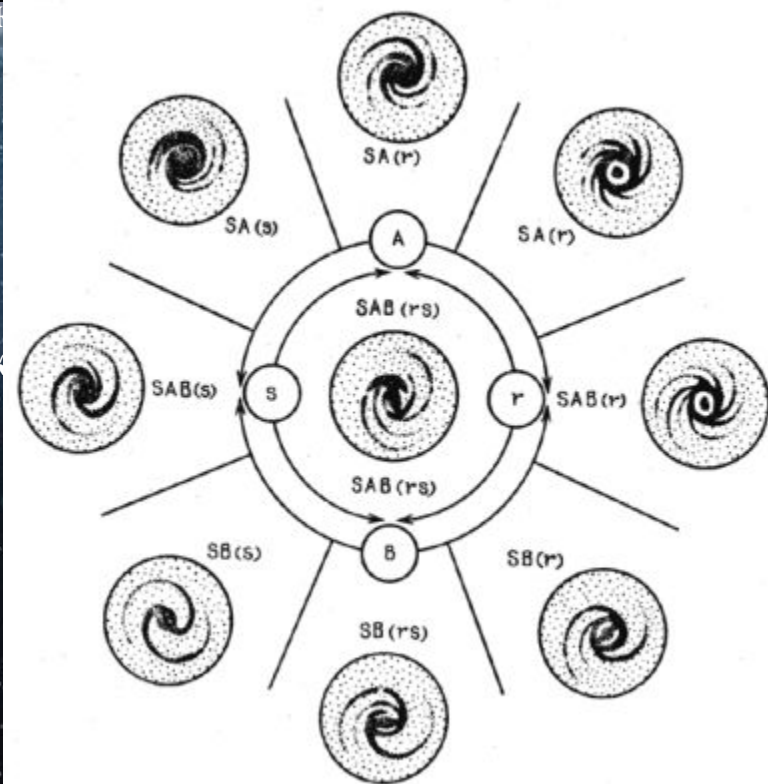
Класс	Абс. Величина	Масса, M_{\odot}	Диаметр, кПк
Эллиптические	От -8 до -23	От 10^7 до 10^{13}	0,3 – 100
Спиральные	От -16 до -23	От 10^9 до 10^{12}	5 – 100
Неправильные	От -13 до -20	От 10^8 до 10^{10}	1 – 10

Во Вселенной 25% галактик – эллиптические, 50%-спиральные (из них половина SB), 20% - линзовидные S0 и 5%-неправильные.

Галактики

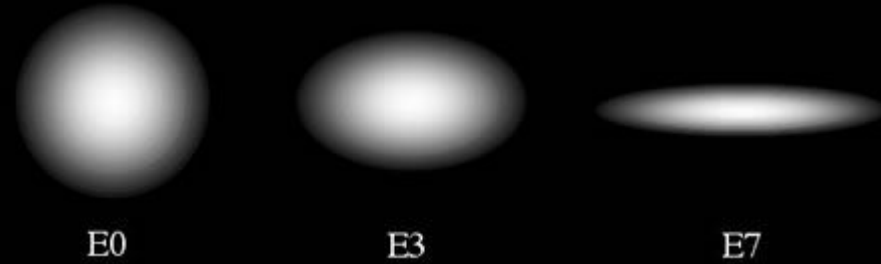
Спиральные галактики

- Галактика, основным наблюдаемым элементом которой является вращающийся диск с выделяющимися на нем спиральными ветвями, называется спиральной.
- К числу таких галактик относится наша Галактика и ближайшие крупные галактики - Туманность Андромеды (M31) и Туманность Треугольника (M33).
- Спиральные ветви галактик выделяются повышенной яркостью на фоне галактических дисков благодаря концентрации в них звезд высокой светимости и звездных скоплений.
- Содержат области, где концентрируются облака межзвездного газа и происходит рождение звезд.
- Спиральные ветви возникают в результате распространения гигантских по размеру волн сжатия и разряжения по диску галактики.



Галактики

Эллиптические галактики



- Многочисленный класс галактик, не обладающих ни ярким звездным диском, ни спиральными ветвями. Среди эллиптических галактик находятся как самые массивные галактики (с массой до 10^{12} масс Солнца), так и самые маломассивные (10^7 - 10^9 масс Солнца).
- Эллиптические галактики не имеют резких границ, их яркость монотонно уменьшается с удалением от центра.
- Эллиптические галактики почти не содержат холодного межзвездного газа и молодых звезд.
- Звезды эллиптических галактик, как правило, имеют возраст, превышающий 10 миллиардов лет.
- Ряд близких карликовых эллиптических галактик является спутниками нашей Галактики.
- Много эллиптических галактик высокой светимости содержится в ближайшем к нам крупном скоплении галактик в созвездии Девы.

Галактики

Спиральные галактики с перемычкой

- Примерно у половины спиральных галактик через ядро проходит яркая перемычка (бар), идущая далеко за пределы ядра (пересечённые спиральные Г.).
- От концов перемычки и начинают закручиваться спиральные рукава. Такая система при взгляде "сверху" напоминает известный демонстрационный физ. прибор "сегнерово колесо".
- Пересечённые (SB) спиральные галактики подразделяются на подтипы SBa, SBb, SBc и т. д. по относительным размерам ядра и диска (размеры ядра убывают от SBa к SBc).



Галактики

Неправильные галактики

- Неправильная галактика имеет асимметричную форму и клочковатую структуру, не характерную для типичных эллиптических или спиральных галактик.
- В различных системах морфологической классификации галактик неправильные обозначают как I, Ir или Irr (от англ. irregular, неправильный). Примером неправильных галактик служат Магеллановы Облака. По сравнению с нашей Галактикой, неправильные галактики имеют, как правило, небольшие размеры и массы, и содержат много межзвездного газа и молодых звезд. Ядро галактики и балдж в них слабо выражены или отсутствуют.
- Неправильная галактика (иначе иррегулярная галактика) - галактика, не имеющая четко выраженной структуры (в отличие от спиральных или эллиптических галактик). Отличаются в среднем повышенным содержанием газа и пыли и высоким темпом звездообразования.
- Общая доля Н.Г. во Вселенной составляет несколько процентов (<5%).
- Ближайшие Н.Г. - спутники нашей Галактики Большое и Малое Магеллановы Облака, видимые невооруженным глазом в южном полушарии. Расположены на расстоянии около 60 кпк.

Галактики

Активные галактики

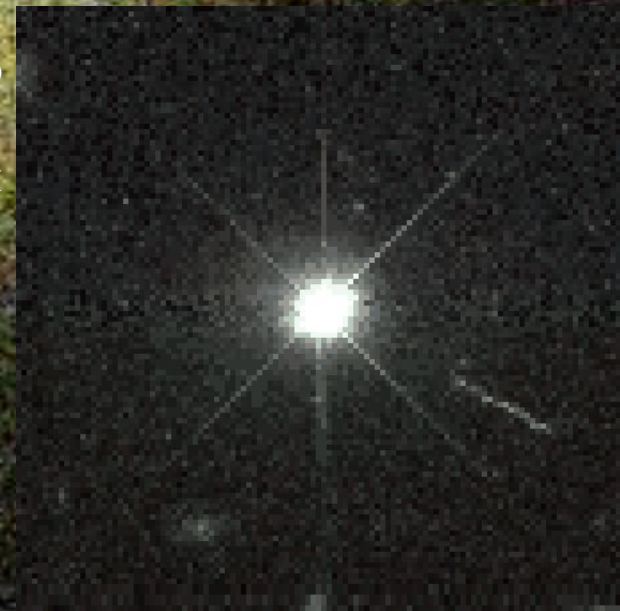
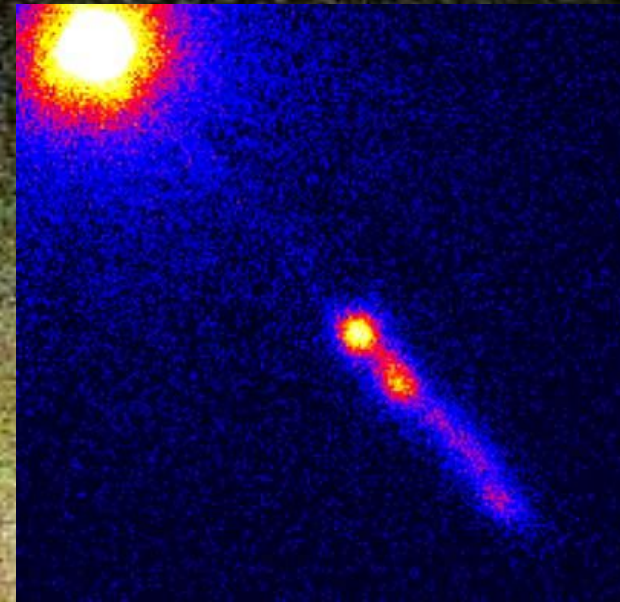


- **Активные галактики** (взрывающиеся галактики, галактики Сейферта, Маркаряна, радиогалактики, лацертиды и т.д.) выделяются интенсивным свечением в радио- или ультрафиолетовом диапазоне, испусканием γ -квантов высоких энергий, необычайно яркими ядрами с двойными и даже кратными источниками излучения, в которых происходят бурные процессы, сопровождаемые выбрасыванием мощных потоков газа (джетов) со скоростью свыше 1000 км/с (до 1% от общего числа галактик).
- Джеты начинают формироваться в непосредственной близости (менее 0,1 пк) от сверхмассивных черных дыр массой 10^8 – 10^9 кг в центрах ядер активных галактик; на расстоянии около 1 пк не отождествленная сила (вероятно, закрученное сверхмощное магнитное поле) сжимает поток частиц в десятки раз, превращая его в узкую струю длиной в 10^3 – 10^4 пк.
- Активность ряда галактик может объясняться процессами, происходящими в результате их тесного взаимодействия (слияния).

Галактики

Квazarы и квазаги

- От англ. quasar - QUASi stellAR radio source, т.е. похожий на звезду радиоисточник. Это класс внегалактических объектов, отличающихся очень высокой светимостью и настолько малым угловым размером, что в течение нескольких лет после открытия их не удавалось отличить от точечных источников – "звезд".
- Впервые квазары обнаружили в 1960 г. как радиоисточники, совпадающие в оптическом диапазоне со слабыми звездообразными объектами. В 1963 г. М.Шмидт (США) доказал, что линии в их спектрах сильно смещены в красную сторону (т.е., квазары оказались самыми далекими объектами в наблюдаемой Вселенной)
- **Квазаги и квазары** - мощные квазизвездные источники оптического и радиоизлучения небольших размеров (< 1 св. мес.): в опт.диапазоне они излучают до 10^{39} Дж/с - в сотни раз больше обыкновенных галактик, а радиоизлучение квазаров в 100-1000 раз мощнее оптич.



Галактики

Квazarы и квазаги



- На сегодняшний день обнаружено уже более 5000 квазаров. Ближайший из них и наиболее яркий (3C 273) имеет блеск около 13^m и красное смещение $z=0.158$ (что соответствует расстоянию около 2 млрд световых лет).
- Самые далекие квазары, благодаря своей гигантской светимости видны на расстоянии более 10 млрд св. лет.
- Изучая ближайшие квазары, удалось определить, что они располагаются в ядрах крупных галактик; вероятно, это характерно и для остальных квазаров.
- Нерегулярная переменность блеска квазаров указывает, что область генерации их излучения имеет малый размер, сравнимый с размером Солнечной системы. В этом и заключается главная загадка квазаров: какой физический процесс обеспечивает выделение гигантской энергии в столь малой области?
- Вероятно, это сверхмассивные черные дыры с массой в миллиарды масс Солнца. Около 10% падающего на них по спирали вещества превращается в энергию (процесс, в 10 раз эффективнее водородной бомбы). Эта энергия разгоняет частицы до скорости, близкой к скорости света в виде лучей, наблюдаемых в рентгеновском, видимом и радиодиапазонах.

Галактики

Взаимодействующие галактики

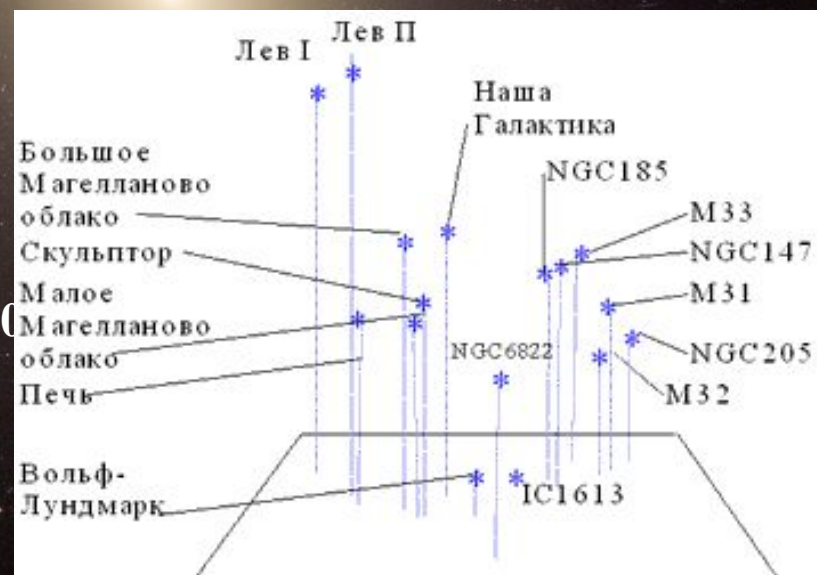
- **Взаимодействующие галактики** - две или несколько пространственно близких галактик, форма которых имеет явные признаки искажения: резко асимметричная структура, общий звездный "туман", газовые или звездные "хвосты" и перемычки.
- Основная причина искажений связана с действием гравитационных (приливных) сил между галактиками, приблизившимися друг к другу.
- Взаимодействие галактик часто приводит к усилению звездообразования в них и к появлению активного ядра.



Галактики

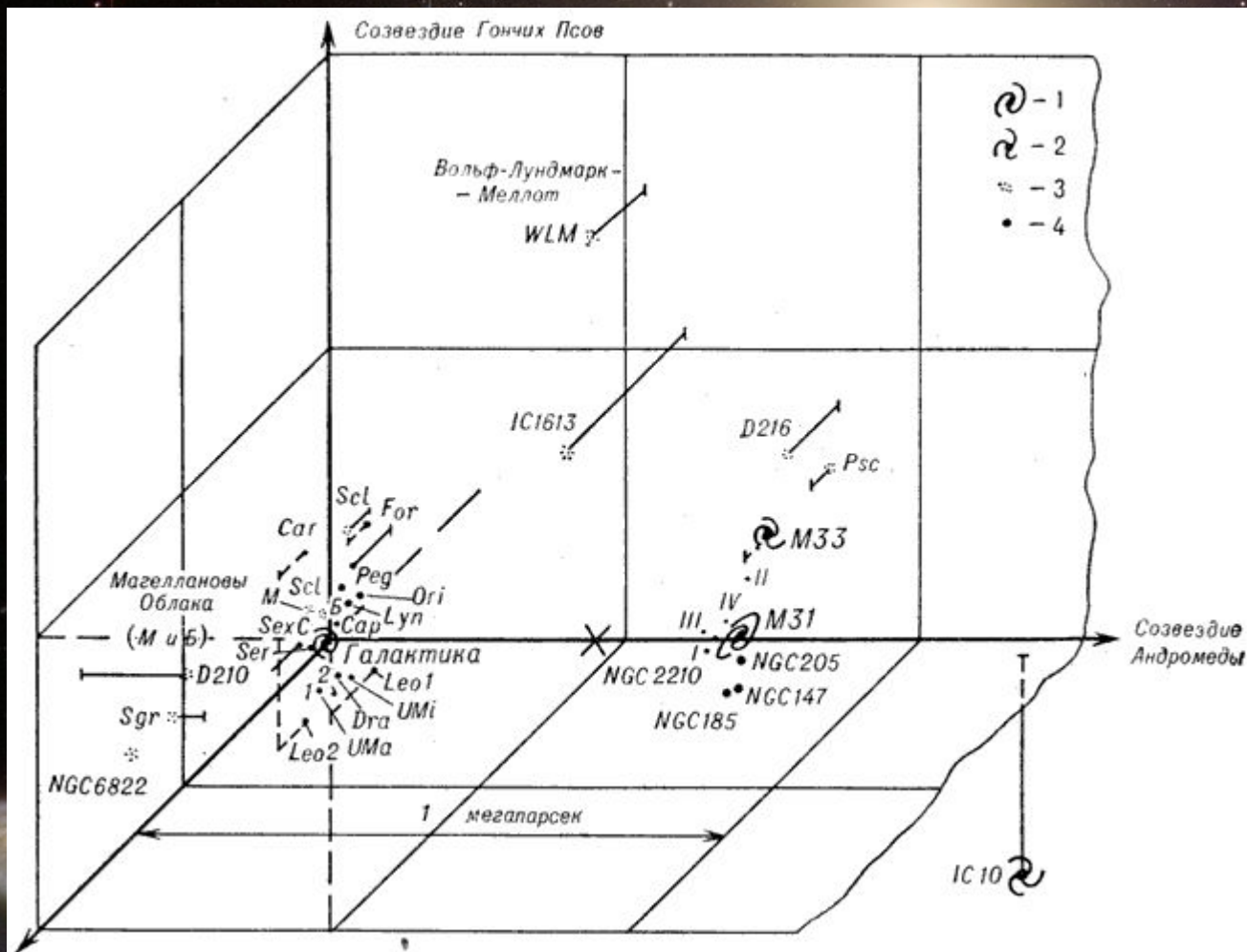
Местная группа галактик

- Группы галактик включают в себя до 100 галактик с их спутниками, имеющих общее происхождение, гравитационно-связанных между собой и перемещающихся в пространстве как единое целое.
- В Местную группу галактик размерами до 140 кпк входит 38 объектов, в том числе 4 спиральных, 20 эллиптических и 14 неправильных галактик.
- Её центр масс расположен на линии, соединяющей нашу Галактику с М31 на расстоянии 40 кпк от последней.
- Взаимное сближение галактик Местной группы может привести к тому, что 10^{11} - 10^{12} лет спустя они сольются в одну Сверхгалактику.



Галактики

Местная группа галактик



Пространственное расположение галактик, входящих в Местную группу

Галактики

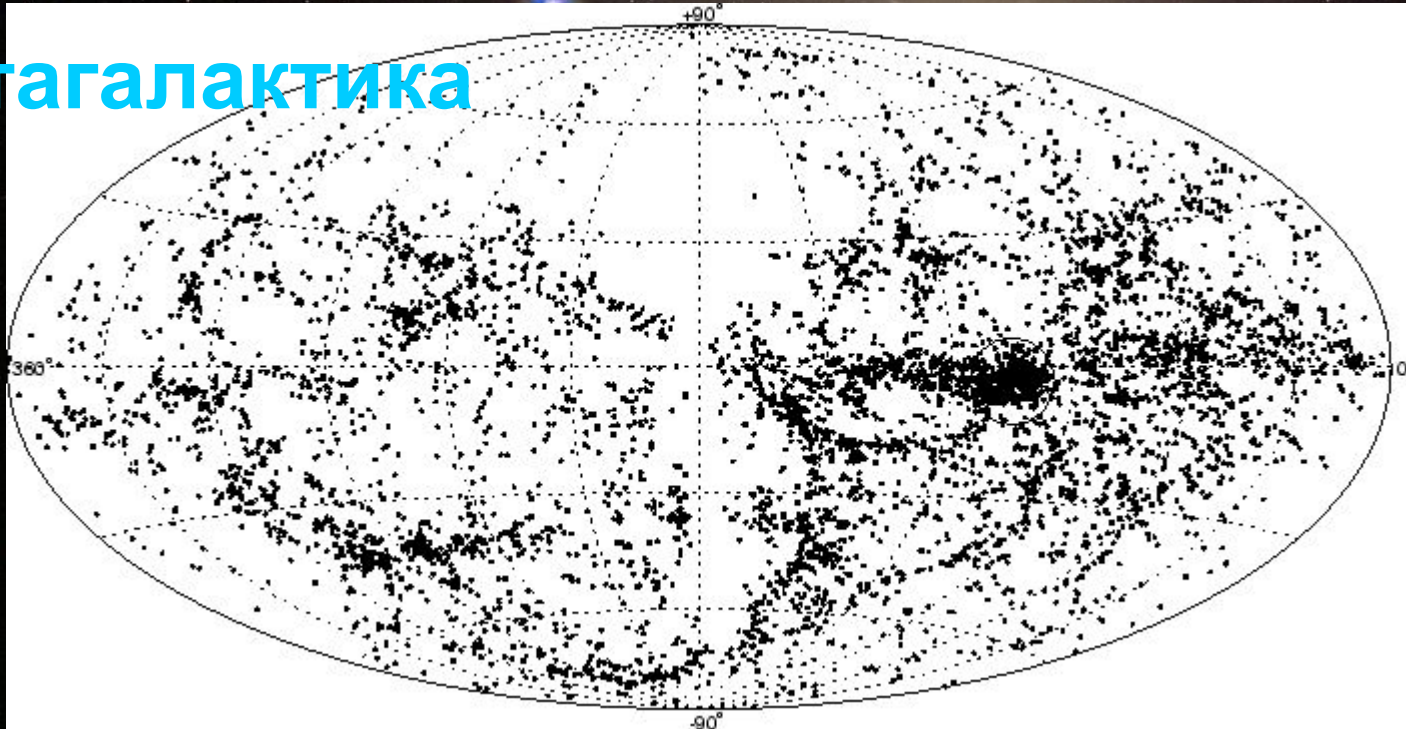
Скопления галактик

- Скопления галактик - системы галактик, связанных общностью происхождения и силами взаимного тяготения. 7000 известных скоплений размерами от 3 до 20 Мпк включают в себя до 90% всех галактик.
- Местная группа галактик входит в скопление галактик в созвездии Девы размерами до 5 Мпк, включающем в себя свыше 200 галактик высокой и средней светимости. Под действием сил тяготения она перемещается со скоростью 600 км/с в направлении созвездия Гидры, к Великому Аттрактору ("Притягивателю") – гигантскому скоплению галактик АСО 3627 массой свыше $10^4 M_{\odot}$, удаленному на расстояние 70 Мпк.
- Скопление в Деве представляет собой центральное сгущение нашего Сверхскопления, размерами до 60 Мпк, включающего в себя более 20000 крупных галактик. Его ближайшие соседи - Сверхскопление в созвездии Льва (до него 140 Мпк) и в Геркулесе (150 Мпк).



Галактики

Метагалактика



- Сверхскопления галактик представляют собой системы скоплений галактик размерами 50-150 Мпк, состоящие из нескольких богатых скоплений, мелких групп и одиночных галактик.
- В состав Сверхскоплений входит до 50000 галактик. В настоящее время известно около 50 Сверхскоплений.
- Система Сверхскоплений галактик образует структуру **Метагалактики** - части Вселенной, в которой мы живем и которая доступна нашим наблюдениям.

Галактики

Проблема скрытой массы галактик

- Наиболее точный способ определения масс галактик заключается в наблюдении скоростей дифференциального вращения периферийных, промежуточных и центральных частей спиральных галактик. Они вращаются вокруг своей оси по закону, который зависит от распределения массы. С помощью таблиц по закону вращения разных частей спиральной галактики можно оценить её полную массу.
- У эллиптич. галактик массу оценивают по расширению линий в их спектрах, к-рое вызывается движением звёзд: чем больше скорости звёзд, тем больше масса галактики и шире линии в её спектре.
- Для близких к нам систем подсчитывают яркие звёзды и по ним оценивают массу всей системы, т. к. на каждую яркую звезду должно приходиться в среднем определённое число звёзд др. светимостей и масс. Такая зависимость (её наз. функцией светимости звёзд) позволяет определить массы звёздных систем, имеющих сходные формы и звёздный состав.
- Оценки масс галактик по последнему методу получаются меньшими, чем по вращению. Расхождение растёт более массивных галактик, его наз. "парадокс скрытой массы". Это вызвано присутствием в коронах галактик значит. масс: звёзд с малой светимостью, а также слабовзаимодействующих элементарных частиц.

Галактики

Образование галактик

- Процесс образования гал. скоплений, галактик и входящих в их состав объектов тесно связан с эволюцией газовых облаков и зависит от их основных физических характеристик: массы, размеров, распределения плотности, наличия и скорости их вращения вокруг своей оси, магнитного поля, температуры и состава вещества.
- Гравитационное сжатие протогалактического облака может быть остановлено силами внутреннего давления газа у "теплового предела", центробежной силой у "вращательного предела", процессами звездообразования у "конденсационного предела" и т.д. или комбинированным действием этих сил.
- При увеличении плотности облака к его центру вблизи него начинались интенсивные процессы звездообразования, уменьшавшие концентрацию газа и уравнивающие сжатие облака у "конденсационного предела".
- При однородной плотности облака процесс сжатия происходил до тех пор, пока давление распяляющегося газа внутри облака не останавливало сжатие у "теплового предела".
- Изначально вращавшееся облако при сжатии увеличивало скорость своего вращения до тех пор, пока центробежная сила не останавливала сжатие у "вращательного предела".

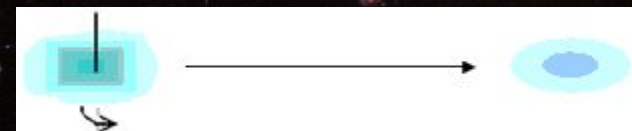
Галактики

Образование галактик

- Протогалактические облака превращались в галактики за промежуток времени от 10 миллионов до 1 миллиарда лет.
- Если сумма тепловой, вращательной, магнитной и т. д. энергий в начале сжатия была меньше гравитационной энергии облака, оно превращается в черную дыру, сжимаясь до размеров "гравитационного радиуса": $R_g \leq 2GM/c^2$

Если облако обладало начальным вращением, но было однородным по плотности, образуется неправильная галактика. В неправильные галактики превращаются не сформировавшиеся спиральные галактики, испытавшие взрыв вблизи центра или потерявшие форму при взаимодействии с другой галактикой.

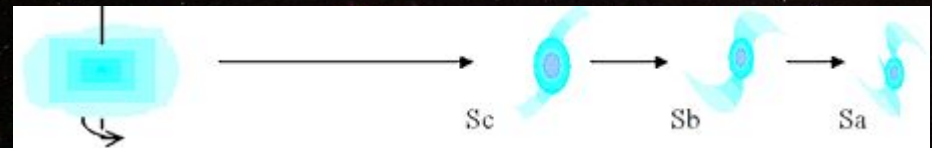
- Если начальная плотность в центре облака была значительно выше, чем на периферии, образовывалась линзовидная галактика.



Галактики

Образование галактик

- Если облако не обладало начальным вращением, а плотность его увеличивалась к центру, образуется эллиптическая галактика.
- Сферические скопления галактик с преобладанием эллиптических и линзовых систем образовались из относительно небольших, не имевших вращательного момента сгустков газа;
- Если облако обладало начальным вращением и плотность его увеличивалась по направлению к центру, образуется спиральная галактика: облако с большим вращательным моментом развивается в класс Sc, со средним - в класс Sb и с малым в класс Sa.
- Скопления спиральных галактик возникали при дроблении больших облаков на фрагменты с большим числом вариантов распределения вращательного момента среди отдельных сгустков.



Галактики

Список литературы

- М.М.Дагаев и др., *Астрономия* - М.:Просвещение, 1983г.
- М.М.Дагаев, В.М.Чаругин “*Астрофизика. Книга для чтения по астрономии*” - М.:Просвещение, 1988г.
- Псковский Ю.П., *Галактики*. URL <http://www.astronet.ru/db/msg/1180524>
- Агекян Т. А., *Звезды, галактики, Метагалактика*, 3 изд., М., 1981;
- Ефремов Ю. Н., *В глубины Вселенной*, 2 изд., М., 1977;
- П. Ходж. *Галактики* – М.: Наука, 1992г.

