Наука, изучающая строение и эволюцию Вселенной, называется космологией.

Большое значение для развития современных представлений о строении и эволюции Вселенной имеет общая теория относительности, созданная А. Эйнштейном (1879—1955). Она обобщает теорию тяготения Ньютона на большие массы вещества и скорости его движения, сравнимые со скоростью света. Действительно, в галактиках сосредоточена колоссальная масса вещества, а скорости далёких галактик и квазаров сравнимы со скоростью света. Согласно общей теории относительности гравитационное взаимодействие передаётся с конечной скоростью, равной скорости света. (В теории Ньютона предполагается, что гравитационное взаимодействие передаётся мгновенно.)

Общая теория относительности накладывает определённые ограничения на геометрические свойства пространства, которое уже нельзя считать евклидовым. Согласно этой теории движение и распределение материи в пространстве нельзя рассматривать в отрыве от геометрических свойств пространства и времени.

Расширяющаяся Вселенная.

Впервые космологическую модель Вселенной в рамках общей теории относительности рассмотрел советский математик А. Фридман. Он показал, что Вселенная, однородно заполненная веществом, должна быть нестационарной, и, исходя из этого, объяснил наблюдаемую картину разбегания галактик. Он показал, что в зависимости от средней плотности вещества Вселенная должна либо расширяться, либо сжиматься. При расширении Вселенной скорость разбегания галактик должна быть пропорциональна расстояниям до них — вывод, который подтвердил Хаббл открытием красного смещения в спектрах галактик.

Критическое значение плотности вещества, от которой зависит характер его движения: где G — гравитационная постоянная, а Н — постоянная Хаббла.

Учитывая, что 1 Мпк = 3,08 • 1019 км, найдём Н = 2,3 согласно формуле (16.3) критическая плотность вещества.

По теории Фридмана, если средняя плотность Вселенной больше критической (р > ркр), то в будущем расширение Вселенной сменится сжатием, а при средней плотности, равной или меньшей критической (р < ркр), расширение не прекратится.

Средняя плотность вещества, сосредоточенная в виде звёзд в галактиках, равна приблизительно 2 • 10 30 г/см3, что почти в 5 раз меньше критической.

Наблюдаемое разбегание галактик указывает на расширение Вселенной.

Благодаря работам Нобелевских лауреатов С. Перлмуттера, А. Райсса и Б. Шмидта (2011), наблюдавших за вспышками сверхновых звёзд в очень удалённых галактиках, стало ясно, что Вселенная расширяется с ускорением, т. е., кроме всемирного тяготения, существует всемирное антитяготение -— отталкивание одних галактик от других. Эта сила, природа которой пока не ясна, проявляет себя на больших космологических расстояниях и связана, вероятно, с заполняющей всё межгалактическое пространство тёмной энергией. Таким образом, можно предположить, что в будущем расширение Вселенной не прекратится, а будет происходить всё быстрее и быстрее.

Кроме этого, во Вселенной присутствует особый вид материи, который не испускает электромагнитное излучение и не взаимодействует с ним, что вызывает большие сложности при исследовании этой тёмной материи. Мы можем обнаружить её только по влиянию её гравитационного поля на взаимодействие и скорости вращения галактик. Учёные предполагают, что тёмная материя является холодной, т. е. состоит из тяжёлых частиц (возможно, из гипотетических тяжёлых суперсимметричных частиц).

Тёмная материя и тёмная энергия — это физические объекты, изучение которых только начинается.

Радиус Вселенной. Его можно легко оценить с помощью закона Хаббла. Так как максимальная скорость не может превышать скорости света, то максимальное расстояние R, до которого мы можем наблюдать небесные тела, соответствует скорости разбегания галактик v = с — 3 • 105 км/с, откуда.

Возраст Вселенной. Если наблюдения пока не позволяют нам точно определить характер будущего расширения Вселенной, то оценить, когда в прошлом это расширение началось, можно с помощью закона Хаббла.

Действительно, если наблюдаемая нами галактика удаляется со скоростью v и сейчас после «начала» расширения находится на расстоянии г от Земли, то своё удаление она начала в момент.

Эти рассуждения применимы для любой галактики.

Таким образом, около 13 млрд лет назад всё вещество видимой Вселенной было сосредоточено в небольшом объёме и плотность вещества была настолько высокой, что ни галактик, ни звёзд не существовало. Пока не ясны ни физические процессы, протекавшие до этого сверхплотного состояния вещества, ни причины, вызвавшие расширение Вселенной. Ясно одно: со временем расширение привело к значительному уменьшению плотности вещества и на определенном этапе расширения стали формироваться галактики и звёзды.

Наблюдаемое разбегание галактик напоминает разлёт вещества во время взрыва, поэтому описанная теория расширения Вселенной получила название теории Большого взрыва.

Время в 13,7 млрд лет, прошедшее с начала Большого взрыва, называют возрастом Вселенной.

Модель «горячей Вселенной». В 1968 г. было обнаружено излучение, которое не связано ни с одним известным источником радиоизлучения. Оно идёт со всех сторон

и похоже на излучение абсолютно чёрного тела. Это микроволновое излучение имеет максимум на длине волны Я-тах = 1 мм> что согласно закону смещения Вина соответствует температуре излучения 2,7 К.

В прошлом, на ранних этапах эволюции Вселенной, плотность и температура этого излучения были существенно выше.

Таким образом, в прошлом не только плотность, но и температура вещества были очень высокими. Так, например, когда возраст Вселенной был всего несколько секунд, температура вещества и излучения была десятки и сотни миллионов кельвинов.

Конечно, ни о каких галактиках и звёздах в этот период говорить не приходится. Они образовались значительно позднее, когда температура и плотность вещества стали ниже. Так как наблюдаемое микроволновое излучение с температурой 2,7 К связано с горячим веществом на ранних этапах эволюции Вселенной, то излучение получило название реликтового (оставшегося от прошлых эпох), а модель расширяющейся Вселенной называют моделью «горячей Вселенной».