

§ 67. Строение и эволюция вселенной

Звёзды во Вселенной объединены в гигантские звёздные системы, называемые галактиками. Звёздная система, в составе которой находится наше Солнце, называется Галактикой (или Млечным Путём, поскольку слово «галактика» в переводе с греческого означает «млечный, молочный»).

Число звёзд в Галактике порядка 10^{12} . Светлая серебристая полоса звёзд, опоясывающая всё небо, которую мы называем Млечным Путём, представляет собой основную часть нашей Галактики, по форме напоминающую линзу или чечевицу (рис. 191). Диаметр Галактики приблизительно равен 30 000 пк¹ или почти 100 000 световых лет². Галактика не имеет чётких границ — по краям звёздная плотность постепенно сходит на нет. В центре Галактики расположено ядро диаметром 1000—2000 пк — гигантское уплотнённое скопление звёзд. Масса Галактики приблизительно равна $2 \cdot 10^{11}$ масс Солнца.



Рис. 191. Галактика (вид с ребра)

Помимо звёзд, планет и малых тел, имеющих в некоторых звёздных системах, в состав Галактики входит ещё рассеянная материя — межзвёздный газ, пыль, излучаемые звёздами заряженные частицы. Масса рассеянной материи составляет 1/1000 часть массы Галактики.



Эдвин Пауэлл Хаббл (1889-1953)

Американский астроном. Основные труды посвящены изучению галактик. Обнаружил смещение спектральных линий в длинноволновую область в спектрах далёких галактик

По классификации, проведённой американским астрономом Эдвином Хабблом, существует три вида галактик: эллиптические, спиральные и неправильные. Наша Галактика является спиральной (рис. 192). Солнечная система расположена между двумя спиральными ветвями, где количество звёзд сравнительно невелико.



Рис. 192. Млечный Путь — спиральная галактика

Большинство галактик сосредоточено в скоплениях. Вся система скоплений галактик (из которых нам пока известна только их часть) называется Метагалактикой.

Для выяснения прошлого и будущего наблюдаемой Вселенной важное значение имеет создание теоретических моделей изучаемого объекта. Первые научно обоснованные модели Вселенной были созданы российским физиком Александром Александровичем Фридманом.. Для ответа на важные космологические вопросы, например о стационарности или нестационарности Вселенной, о её форме, радиусе кривизны и многие другие, он воспользовался созданной Эйнштейном в 1916 г. общей теорией относительности (теорией всемирного тяготения).



Александр Александрович Фридман (1888-1925)

Российский математик, физик и геофизик. Создатель первых научно обоснованных моделей Вселенной, предсказал расширение Вселенной

В 1922 г. Фридман проанализировал систему из десяти сложнейших уравнений теории относительности и пришёл к фундаментальному выводу о том, что ни при каких условиях

их решение не может быть единственным. Это означает, что общая теория относительности не даёт одного определённого ответа на поставленные вопросы. Тем не менее Фридман понял, как можно получить ответ (хоть и неоднозначный) на вопрос, что может представлять собой Вселенная с точки зрения общей теории относительности. Он нашёл новые, вполне определённые решения уравнений общей теории относительности в виде трёх возможных моделей нестационарной Вселенной. Две из них описывали монотонно расширяющуюся Вселенную (с монотонно растущим радиусом кривизны), а третья — периодическую Вселенную (радиус кривизны её пространства сначала возрастал от нуля до некоторой величины, после чего уменьшался до нуля).

Из этих моделей следует вывод о том, что Вселенная не может оставаться постоянной, она должна расширяться или сжиматься под действием гравитационных сил.

Во времена Фридмана о движении галактик ничего не было известно. Но в 1929 г. Хаббл, наблюдая спектры далеких галактик с помощью телескопа с большим разрешением, обнаружил, что спектральные линии смещены в длинноволновую область, т. е. в сторону красных линий. В соответствии с эффектом Доплера³ это означало, что расстояния между наблюдателем с Земли и галактиками увеличивались, а частота исследуемого излучения уменьшалась. Более того, сопоставив расстояния до галактик и величину смещения в их спектрах, Хаббл открыл следующий закон (названный впоследствии его именем): скорости удаления галактик пропорциональны расстоянию до них.

$$v = HR,$$

где v — скорость движения галактики относительно наблюдателя, R — расстояние до неё, $H = 70 \text{ км/(с} \cdot \text{Мпс)}$ — постоянная Хаббла.

По смещению спектральных линий можно определять не только скорости галактик, но и расстояния до них.

Данный закон следовал из моделей Фридмана, описывающих расширяющуюся Вселенную. Поэтому можно сказать, что возможность расширения Вселенной была теоретически предсказана до открытия закона Хабблом.

¹ Парсек (пк) — это такое расстояние, с которого средний радиус земной орбиты (равный 1 а. е.), перпендикулярный лучу зрения, виден под углом в одну угловую секунду ($1''$), $1 \text{ пак} = 3,26 \text{ св. года} - 206\,265 \text{ а. е.}$

² Световой год (св. год) — расстояние, пройденное светом в течение года.

³ Эффект Доплера — изменение частоты принимаемых волн при относительном движении источника и наблюдателя (приёмника волн). При их сближении частота увеличивается, а при удалении друг от друга — уменьшается. Эффект Доплера наблюдается как для звуковых, так и для электромагнитных волн. Назван в честь австрийского физика Христиана Доплера, теоретически обосновавшего этот эффект в 1842 г.