

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»).



Рис. 191. Галактика
(вид с ребра)



ЭДВИН ПАУЭЛЛ ХАББЛ

(1889—1953)

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

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 $30\,000\text{ пк}^1$ 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 $1000\text{—}2000\text{ пк}$ — гигантское уплотнённое скопление звёзд. Масса Галактики приблизительно равна $2 \cdot 10^{11}$ масс Солнца.

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 $\frac{1}{1000}$ часть массы Галактики.

По классификации, проведённой американским астрономом *Эдвинном 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.

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 ($1''$), $1\text{ пк} = 3,26\text{ св. года} = 206\,265\text{ а. е.}$

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



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).

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 опи-



**АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ
ФРИДМАН**

(1888—1925)

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

сывали 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 оста-

ваться 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 Доплера*¹ 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, $H = 70$ км/(с · 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 *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.

Вопросы

1. Что называется световым годом?
2. Какой вывод следовал из моделей Вселенной, полученных А. А. Фридманом?
3. Кто, когда и каким образом экспериментально подтвердил факт расширения Вселенной?



ЗАДАНИЕ

1. Определите центростремительное ускорение Луны при её обращении вокруг Земли. Необходимые для решения задачи данные найдите самостоятельно.
2. Используя дополнительную литературу и ресурсы Интернета, подготовьте доклад на тему «Планеты-карлики в Солнечной системе».