

с гравитационным потенциалом, то изучение этого смещения может дать нам важную информацию о массах небесных тел¹.

Приложение IV

Структура пространства, согласно общей теории относительности (дополнение к § 32)

Со времени публикации первого издания этой работы наши знания о структуре пространства в больших областях («космологическая проблема») получили важное развитие, о котором необходимо упомянуть даже в популярном изложении данного вопроса.

Раньше мы рассуждали, исходя из следующих предположений.

1. Существует некоторая средняя плотность материи во всем пространстве, которая всюду одна и та же и отлична от нуля.

2. Размеры («радиус») пространства не зависят от времени.

Оба эти предположения могут быть согласованы с общей теорией относительности лишь после добавления в уравнения поля гипотетического члена, который не следует из теории и не представляется естественным с теоретической точки зрения («космологический член в уравнениях гравитационного поля»).

В то время предположение (2) представлялось мне неизбежным, поскольку я считал, что в случае отказа от него открываются безграничные возможности для всевозможных спекуляций.

Однако уже в двадцатых годах русский математик Фридман показал, что с чисто теоретической точки зрения более естественным является иное предположение. Он показал, что, опуская предположение (2), можно сохранить предположение (1), не вводя довольно неестественный космологический член в уравнения гравитационного поля. Именно первоначальные уравнения поля допускают решение, в котором «радиус мира» зависит от времени (расширяющееся пространство). В этом

¹Гравитационное красное смещение впервые наблюдалось в 1924 году Адамсом в спектре спутника Сириуса — белого карлика Сириус-B, при этом величина смещения оказалась эквивалентной доплеровскому смещению при скорости удаления источника около 20 км/сек. Наблюдаемое красное смещение спектральных линий в гравитационном поле Солнца соответствует 0,6 км/сек. В 1960 году Паунд и Ребка с помощью эффекта Мессбауэра впервые наблюдали красное смещение спектральных линий в гравитационном поле Земли. Это смещение у поверхности Земли при разности высот в 21 м составляет $7,5 \cdot 10^{-5}$ см/сек. — *Прим. ред.*

смысле, согласно Фридману, можно сказать, что теория требует расширения пространства.

Несколькокими годами позже Хэббл в специальных исследованиях внегалактических туманностей показал, что спектральные линии обнаруживают красное смещение, которое непрерывно возрастает с увеличением расстояния до туманности. В соответствии с нашими современными знаниями это можно интерпретировать только в смысле принципа Доплера как всестороннее расширение системы звезд, требуемое, согласно Фридману, уравнениями гравитационного поля. Поэтому открытие Хэббла можно рассматривать до некоторой степени как подтверждение теории.

Однако возникает странная трудность. Интерпретация галактического смещения спектральных линий, открытого Хэбблом, как расширения (в котором трудно сомневаться с теоретической точки зрения) приводит к заключению, что существовало начало расширения «все-го лишь» около 10^9 лет назад, тогда как, по данным физической астрономии, развитие отдельных звезд и звездных систем продолжалось значительно большее время. Пока неизвестно, как преодолеть это противоречие¹.

Далее, я хотел бы заметить, что теория расширяющейся Вселенной вместе с наблюдательными данными астрономии не позволяет решить вопрос о том, является (трехмерное) пространство конечным или бесконечным, в то время как первоначальная модель «статической» Вселенной приводила к замкнутому (конечному) пространству.

Популярная книжка Эйнштейна «О специальной и общей теории относительности», сыгравшая большую роль в пропаганде идей теории относительности, издавалась много раз в Германии. Первый раз она вышла в серии «Sammlung Vieweg» (Н. 38. Braunschweig, Vieweg, 1917). В третьем издании к ней были добавлены два приложения: «Простой вывод преобразования Лоренца» и «Четырехмерный мир Минковского». Начиная с 10-го издания в нее включалось третье приложение: «Экспериментальная проверка общей теории относительности», написанное специально для английского издания 1920 г. В 14-м издании добавлено еще Приложение IV, касающееся космологических проблем. В 15-м издании 1952 г. добавлено Приложение V «Относительность и проблема пространства».

На русском языке книжка выходила четыре раза: в Государственном издательстве (Петроград, 1922) и в Научном книгоиздательстве (Петроград,

¹После более точного определения шкалы расстояний «возраст» возрос до $\sim 13 \cdot 10^9$ лет. — *Прим. ред.*

1922); второе русское издание включало и перевод «Диалога» (статья 43). Книжка вышла также двумя русскими изданиями в переводе Г. Б. Идельсона в Берлине в издательстве «Слово» (1921 и 1922).

Известны издания: американское (Нью-Йорк, 1921, 1931, 1933, 1946, 1948, 1954), испанское (Тоledo, 1921), итальянское (Болонья, 1921), французское (Париж, 1921), венгерское (Будапешт, 1922), еврейское (Варшава, 1923) и иврит (древнееврейское) (Тель-Авив, 1928).