

Эту поверхность F мы можем измерить масштабным квадратом. Для евклидова мира $F = 4\pi r^2$; если же мир сферический, то F всегда меньше $4\pi r^2$. С возрастанием r площадь поверхности F растет от нуля до некоторого максимума, определяемого «радиусом мира», а при дальнейшем возрастании r величина F снова постепенно уменьшается до нуля. Выходящие из начальной точки радиальные прямые сначала все более удаляются друг от друга, а затем снова сближаются и в конце концов вновь сходятся в точке, «противолежащей» начальной точке; таким образом, они промеряют все сферическое пространство. Легко убедиться, что трехмерное сферическое пространство вполне аналогично двумерному (поверхности сферы). Оно конечно (т. е. имеет конечный объем), но не имеет границ.

Заметим, что существует еще одна разновидность сферического пространства, а именно «эллиптическое пространство». Его можно представить себе как сферическое пространство, в котором «противолежащие точки» совпадают. Таким образом, эллиптический мир можно рассматривать до некоторой степени как центрально-симметричный сферический мир.

Из сказанного следует, что мыслимы замкнутые пространства, не имеющие границ. Среди них выделяется своей простотой сферическое (и соответственно, эллиптическое) пространство, все точки которого равнозначны. Отсюда перед астрономами и физиками возникает чрезвычайно интересный вопрос: является ли мир, в котором мы живем, бесконечным или же он, подобно сферическому миру, конечен? Наш опыт далеко не достаточен для ответа на этот вопрос. Однако общая теория относительности дает возможность ответить на этот вопрос со значительной достоверностью; при этом разрешается также затруднение, изложенное в § 30.

§ 32. Структура пространства, согласно общей теории относительности¹

Согласно общей теории относительности, геометрические свойства пространства не самостоятельны: они обусловлены материей. Отсюда можно сделать какое-либо заключение о геометрической структуре

¹ См. приложение IV (стр. 212). — Прим. ред.

мира, лишь положив в основу рассмотрение предположения о том, что состояние материи является известным. Из опыта известно, что, при соответствующем выборе системы координат, скорости звезд малы по сравнению со скоростью распространения света. Поэтому мы можем в грубом приближении выяснить свойства мира в целом, считая материю покоящейся.

Из предшествующих рассуждений мы уже знаем, что поля тяготения, т. е. распределение материи, влияют на поведение часов и масштабов. Отсюда уже ясно, что не может быть и речи о точной применимости евклидовой геометрии в нашем мире. Однако мыслимо, что наш мир мало отклоняется от евклидова; это предположение допустимо, поскольку, согласно расчету, даже массы порядка массы нашего Солнца лишь совершенно незначительно влияют на метрику окружающего нас пространства. Можно представить себе, что наш мир по своим геометрическим свойствам подобен поверхности, неравномерно искривленной в некоторых частях, нигде, однако, не отклоняющейся значительно от плоскости, и похож на поверхность слабо волнующегося моря. Такого рода мир можно назвать квазиевклидовым. Он был бы пространственно бесконечным. Однако вычисления показывают, что в квазиевклидовом мире средняя плотность материи должна равняться нулю. Следовательно, такой мир не может всюду быть заполнен материей; он приводит к той неудовлетворительной картине, которую мы набросали в § 30.

Но если средняя плотность материи в мире даже очень мало отличается от нуля, то мир не может быть квазиевклидовым. Больше того, вычисления показывают, что при равномерно распределенной материи мир с необходимостью должен быть сферическим (или эллиптическим). Так как в действительности в отдельных областях материя распределена неравномерно, то реальный мир в отдельных частях будет отклоняться от сферического; он будет квазисферическим. Однако он должен быть конечным. Теория дает простое соотношение¹ между пространственной протяженностью мира и средней плотностью материи в нем.

¹ А именно, для «радиуса мира» R получается соотношение

$$R^2 = \frac{2}{\pi\rho}.$$

При этом в системе СГС $2/\pi = 1,08 \cdot 10^{27}$, а ρ — средняя плотность материи.