Доклады Академии Наук СССР
1940. Том XXVI, № 2

АСТРОНОМИЯ

М. С. ЭЙГЕНСОН

ВСЕЛЕННАЯ ЛАМБЕРТА И ПАРАДОКС ЗЕЕЛИГЕРА

(Представлено академиком В. Г. Фесенковым 4 XII 1939)

Автор ([1]) недавно показал, что допущение реальности модели Вселенной типа Шарлье ([2]) привело бы к чрезвычайно специальному и потому весьма маловероятному ограничению ее количественных характеристик как в физическом, так, повидимому, даже и в геометрическом отношениях.

Ввиду этого автор в приведенном им объяснении парадокса Ольберса с точки зрения бесконечной Вселенной ([2]) исходил в общем из идеи о космическом ослаблении света в противоположность альтернативно возможной структурной точке зрения, из которой исходил Шарлье при также инфинитном решении этого вопроса. При этом автор, конечно, ни в какой степени не отбрасывал последнюю точку зрения вообще.* Однако большой по сравнению с вероятными размерами Метагалактики градиент космической экстинкции вследствие красного смещения сделал, вообще говоря, излишней какую бы то ни было спецификацию структуры для объяснения парадокса Ольберса и только для последнего. Как известно, модель Вселенной типа Шарлье имела то немаловажное преимущество, что она была призвана одновременно разрешать как фотометрический, так и гравитационный парадоксы. Ввиду этого показанная в цитированных выше работах неизбежность отказа от этого типа космологических моделей требует и пересмотра вопроса о способах инфинитного решения последнего парадокса. Ниже показывается, что возможность такого решения однозначно следует из допущения реальности Вселенной типа Ламберта. Действительно, модель Шарлье является, как известно, лишь особой количественной спецификацией гораздо более общей модели Ламберта и притом спецификацией, предназначавшейся именно и только для одновременного объяснения обоих знаменитых парадоксов. Поэтому непригодность первой отнюдь не означает непригодности второй, которая, в свете сказанного, если и должна быть, возможно, несколько ограничена, однако лишь настолько, чтобы объяснить один только гравитационный парадокс. В настоящее время не может быть сомнений в том, что реальная Вселенная действительно представляет собой Вселенную типа Ламберта, т. е. что она действительно есть двухмерное множество космических систем последовательно возрастающего порядка сложности**.

* Более того, им даже альтернативно были описаны 2 и 3 структурных «барьера» именно для объяснения парадокса Ольберса.

** Иными словами, что она есть совокупность конечных систем, например, порядка от $i=-\infty$ до $i=+\infty$, причем в k_i-ую систему i-го порядка входит n_k систем $(i-1)$-го порядка.

В самом деле, в этом нас убеждает, во-первых, вся история структурной астрономии и, в частности, то, что в настоящее время можно утверждать уже реальность, считая от звезды, космических систем Ламберта, по крайней мере, 3-го, а, может быть, 4-го или 5-го порядка [например, для наблюдателя на Земле это будет: I—солнечная система, II (эвентуально)—локальная звездная система, III—Галактика, IV (эвентуально)—местное «галактическое» скопление внегалактических туманностей, V—Метагалактика]. Во-вторых, и из теории гравитационной неустойчивости в смысле Джинса вытекает космогоническая неизбежность космологической модели типа Ламберта. Ввиду этого допущение реальности Вселенной этого типа приходится признать теоретически чрезвычайно вероятным. Но из этого «допущения», являющегося, вернее, аксиомой (аксиомой существования непосредственно наблюдаемой астрономической Вселенной), тотчас же следует, что динамическое поведение любой частицы в каждой из конечных космических систем-конституэнтов Вселенной Ламберта для (в космогоническом смысле) не слишком больших промежутков времени может быть с достаточной точностью описано во внутренних терминах этой системы, т. е. с опущением внешнего поля. Действительно, в ином случае модель Ламберта не была бы реализована, так как такие системы не были бы автономны друг от друга, а это могло иметь место лишь на ранних стадиях их эволюции.

Здесь мы опустим вообще возможный анализ точного выражения тех ограничений, которые этот тезис об автономности систем-конституэнтов Вселенной Ламберта накладывает на их количественные характеристики. Дело в том, что для самой возможности выполнения такого *количественного* анализа необходимо заранее ввести дополнительные гипотезы о характере структуры Вселенной, каковые для общности решений, очевидно, желательнее не делать. Ввиду этого отметим лишь, что, например, α для изотропно равномерного, для любого значения i, типа моделей Вселенной Ламберта верное для любого i условие:

$$K_i \gg R_i\,, \tag{1}$$

где R_i (средний)—линейный радиус системы i-го порядка, а K_i (среднее)—расстояние двух таких смежных систем—является, как нетрудно показать, достаточным для внешней гравитационной устойчивости систем любого порядка. Заметим, что в известных уже нам космических системах первых нескольких порядков условие (1) действительно всегда выполняется. Отсюда вытекает возможность описания в первом приближении (для неслишком больших промежутков времени) динамики частицы в данной системе во внутренних терминах последней. Но из этого тезиса об автономности системы следует также, что для указанных выше промежутков времени каждую такую систему можно с достаточным правом считать и внутренне стационарной. В самом деле, этим нимало не ограничивается возможность, а в ряде случаев и неизбежность статистической диссипации систем, влияющей, очевидно, однако, лишь на верхнюю границу интересующего нас интервала времени. Из этой (в космогоническом смысле) квазистационарности данной системы вытекает необходимость выполнения теоремы Пуанкаре о вириале, согласно которой линейная поступательная скорость v данной частицы в системе, например, относительно центра последней, связана следующим соотношением с потенциалом V в точке местонахождения частицы:

$$v \sim V^{\frac{1}{2}}. \tag{2}$$

В простейшем случае $|\alpha|$:

$$V_r \alpha \frac{M_r}{r}\,, \tag{3}$$

где V_r—значение гравитационного потенциала на расстоянии r от центра системы, а M_r—масса, заключенная в сфере того же радиуса. Из (2) и (3) вытекает, что в случае $|\alpha|$:

$$v_r \sim \left(\frac{M_r}{r}\right)^{\frac{1}{2}}. \tag{4}$$

Очевидно, что и в любом другом случае v будет того же порядка. Но из (4) тогда следует, что гравитационная скорость любой частицы в любой из конечных систем-конституэнтов Вселенной Ламберта будет всегда конечна по отношению к центру системы, так как в этой Вселенной M_i при любом i конечна.

По существу, сказанного достаточно для объяснения парадокса Зеелигера в его непосредственном виде: факта конечности в бесконечной Вселенной скорости галактических звезд относительно Солнца. Но, возможно, разумеется, пойти еще несколько дальше. Для этого достаточно ввести в рассмотрение основные физические положения теории относительности (но, подчеркнем, отнюдь не таковые какой-либо из форм современной релятивистской космологии). Тогда для любой системы l-го порядка скорость частицы, принадлежащей к любой системе m-го порядка ($m \gtrless l$), получается в результате конечного, равного $l-m$ ($m-l$) числа операций, состоящих в повторном применении релятивистской теоремы сложения скоростей. Согласно же последней

$$\sum_{i=l(m)}^{m(l)} v_i \leqslant c, \tag{5}$$

где c—всегда конечная скорость света. (4) и (5) показывают, что линейная поступательная скорость частицы в данной системе будет конечной с любой точки зрения, т. е. относительно любой точки любой другой космической системы любого порядка.

Итак, парадокс Зеелигера находит естественное разрешение уже при одном допущение о реальности Вселенной типа Ламберта. Парадокс Зеелигера, очевидно, возник именно и только из-за пренебрежения структурой Вселенной. Выполнение нашего основного требования об автономности космических систем, вообще, устраняет парадокс, притом безотносительно к характеру взаимодействий между этими системами.

Пулковская обсерватория

Поступило
27 X 1939

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] М. Эйгенсон, ДАН, XXI, № 2 (1938); Астрон. журн., XVI, № 7 (1939). [2] Charlier, Astronomy and Cosmogony, Cambridge, ch. XIII (1929). [3] М. Эйгенсон, ДАН, XX, 415 (1938).