

УДК 530.12:531.51

Д. Д. ИВАНЕНКО, В. Г. КРЕЧЕТ

К ИЕРАРХИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВСЕЛЕННОЙ И ЧАСТИЦ

В последнее время возобновился интерес к новейшим вариантам иерархии Вселенной, которая ранее, еще в конце XVIII в., была предложена Ламбертом и позднее, в начале XX в., подробно разработана Шарлье и другими с целью устранения парадоксов ньютоновской теории гравитации, приводившей, как известно, к бесконечным значениям гравитационного потенциала и светимости в предположении о равномерной плотности материи во Вселенной. Иерархической модели уделяли внимание и многие выдающиеся советские физики (В. Г. Фесенков, А. Л. Зельманов, В. А. Амбарцумян и др.). Уже после установления ОТО такую модель развивал Шелети, и сам Эйнштейн в полемике с ним в 1922 г. не отрицал возможности иерархической структуры Вселенной, которая предусматривает наличие других Метагалактик наряду с наблюдаемой. Предполагается существование ступеней более высокого порядка, по отношению к которым Метагалактики играют роль частиц. Плотности и размеры систем можно подобрать таким образом, чтобы гравитационный потенциал оставался конечным.

В последнее время появилась тенденция рассматривать микро-частицы как аналоги замкнутых Вселенных. Таким образом, с нашей точки зрения разумно продолжить ступени иерархии также и в глубь материи [1] (см. также работы Реками и Тредера). В этой связи представляет интерес рассмотреть конкретное решение для случая неоднородной космологической модели Вселенной (с учетом космологического члена), заполненной массивным векторным полем, полученное недавно в работе [2].

Равновесная конфигурация с самогравитирующим массивным векторным полем. Рассматривается совместная система уравнений Эйнштейна с космологическим членом и свободного массивного векторного поля Прока:

$$R_{\alpha\beta} - \frac{1}{2} R g_{\alpha\beta} = 2b \left[F_{\alpha\sigma} F^{\sigma}_{\beta} - \frac{1}{4} F_{\alpha\lambda} F^{\sigma\lambda} g_{\alpha\beta} + \mu^2 A_{\alpha} A_{\beta} - \right. \\ \left. - \frac{1}{2} \mu^2 A_{\sigma} A^{\sigma} g_{\alpha\beta} \right] + \Lambda g_{\alpha\beta}, \\ F^{\alpha\sigma}_{;\sigma} - \mu^2 A^{\alpha} = 0. \quad (1)$$

Здесь $\mu = mc/\hbar$; m — масса векторных частиц; Λ — космологический член; $F_{\alpha\beta} = \partial_{\alpha} A_{\beta} - \partial_{\beta} A_{\alpha}$; A_{α} — компоненты потенциала векторного поля; $b = G/c^4$. Исследуется статический случай при наличии сфериче-

ской симметрии, описываемой метрикой вида

$$ds^2 = e^v dt^2 - e^\lambda dr^2 - r^2 d\Omega^2. \quad (2)$$

Тогда для компонент потенциала A_α имеем выражение

$$A_\alpha = \delta_\alpha^0 \varphi, \quad \varphi = \varphi(r). \quad (3)$$

Следует заметить, что коэффициенты Λ и μ^2 имеют одинаковую размерность $[\Lambda] = [\mu^2] = \text{см}^{-2}$, причем $1/\mu$ — есть комптоновская длина векторной частицы, а $1/\sqrt{\Lambda}$ (как будет показано ниже) — величина порядка радиуса рассматриваемой неоднородной космологической модели. Если положить $\Lambda = \mu^2$, то появляется возможность найти решение системы уравнений (1)–(3) в следующем виде:

$$\begin{aligned} \sqrt{b} \varphi = e^{v/2}, \quad \frac{dv}{dx} = 2e^{\lambda/2} \left(\frac{1}{x} - \frac{e^{-\lambda/2}}{x} \right), \\ v - v^2 - vx \frac{dv}{dx} = x^2, \end{aligned} \quad (4)$$

где $v \equiv e^{-\lambda/2}$, $x \equiv \mu r$.

Анализ уравнения для функции $v = e^{-\lambda/2}$ показывает, что интегральная кривая этого уравнения в плоскости (v, x) , выходя из точки $(v_0=1, x=0)$, пересекает ось OX под прямым углом в конечной точке $x^* = \sqrt{2}$, а решение при $x > x^*$ не существует. Следовательно, имеем равновесную и ограниченную конфигурацию, масса которой $(M = \int_0^{r^*} T_0^0 r^2 dr)$ также является ограниченной, а в центре сингулярность отсутствует. Ее радиус — порядка комптоновской длины.

Неоднородная замкнутая космологическая модель с векторным массивным полем. Учитывая, что величина $\Lambda \sim 10^{-56} \text{ см}^{-2}$, для массы M получим следующую оценку:

$$\begin{aligned} M = \frac{4\pi}{c^2} \int_0^{r^*} T_0^0 r^2 dr = \frac{1}{2bc^2\mu} \int_0^{\sqrt{2}} [(1-v)^2 + 2x^2] dx = \\ = \frac{k}{2c^2b\sqrt{\Lambda}} \sim 10^{56} \text{ г} \quad \left(k = \int_0^{\sqrt{2}} [(1-v)^2 + 2x^2] dx = 0(1) \right). \end{aligned} \quad (5)$$

Если вместо r ввести новую «внутреннюю» координату по формуле $r(z) = \sqrt{\mu} r^* z - \frac{\mu z^2}{4}$, так, чтобы новый метрический коэффициент $e^{\bar{\lambda}} = e^\lambda \left(\frac{dr}{dz} \right)^2 = 1$ при $r = r^*$, т. е. был регулярным в точке r^* , то функции v и φ останутся также везде регулярными, а радиус $r(z)$ как функция от z будет меняться от 0 до r^* , а затем опять симметричным образом до 0. При этом $dr/dz|_{r=r^*} = 0$, т. е. точка r^* оказывается просто точкой максимального значения радиуса. Следовательно, в данном случае мы получили замкнутую неоднородную космологическую модель, заполненную массивным векторным полем, при наличии космологического члена. Максимальный радиус модели

$$r^* \sim \frac{1}{\mu} = \frac{1}{\sqrt{\Lambda}} = 10^{28} \text{ см},$$

а масса $M \sim 10^{56}$ г, что по порядку величин соответствует параметрам наблюдаемой Метагалактики.

Эта модель является в некотором смысле также обобщением замкнутой статической однородной космологической модели Эйнштейна, заполненной пылевидной материей при учете космологического члена, и замкнутой модели де Ситтера, в которой учитывался лишь космологический член.

Поскольку полученное решение справедливо лишь при $\mu^2 = \Lambda$, а принятое здесь значение космологической постоянной, соответствующее современным оценкам, имеет величину $\Lambda \sim 10^{-56} \text{ см}^{-2}$, то комптоновская длина $\frac{1}{\mu} \sim 10^{28} \text{ см}$. Это соответствует весьма малой массе

покоя векторной частицы $m = \frac{\mu \hbar}{c} \sim 10^{-66} \text{ г}$, которая в $a \sim 10^{41}$ раз

меньше масс известных частиц. По некоторым оценкам верхняя граница массы покоя фотона (или гравитона) имеет такую величину. В этой связи найденное решение можно трактовать как решение типа Рейсснера — Нордстрема с учетом влияния космологического члена и при наличии малой массивной составляющей электромагнитного поля, образующего в этом случае равновесную конфигурацию типа неоднородной замкнутой космологической модели.

Ситуация интересным образом меняется, если следовать гипотезе, выдвинутой в работе [3] с целью объединения сильных и гравитационных взаимодействий (при использовании дилатаций геометрии Вейля), о том, что внутри адрона справедливы уравнения Эйнштейна с космологическим членом Λ' , но с другим, уменьшенным как раз в $a \sim 10^{41}$ раз масштабом длины. Это приводит к увеличению в 10^{41} раз гравитационной константы и в $a^2 \sim 10^{82}$ раз величины космологического члена, так что $\Lambda' \sim 10^{26} \text{ см}^{-2}$, а $\frac{1}{\mu} = \frac{1}{\Lambda'} \sim 10^{-13} \text{ см}$. Такая комптоновская длина соответствует массе элементарной частицы $m \cong 10^{-26} \text{ г}$. При этом, как следует из формулы (5), масса M полученной модели также становится величиной того же порядка ($M \sim 10^{-26} \text{ г}$), а максимальный радиус модели $r_{\text{макс}} = r^* \sim 10^{-13} \text{ см}$ по порядку соответствует параметрам элементарных частиц.

Поэтому в рамках данной гипотезы представленное решение для статической сферической конфигурации самогравитирующего массивного векторного поля в виде замкнутой космологической модели с параметрами элементарных частиц можно рассматривать так же, как модель адрона, построенной в рамках теории гравитации Эйнштейна, но с измененным внутри частицы масштабом длины. Эти идеи связаны, как видно, с гипотезой «сильной» гравитации Салама, которая, как следует вновь подчеркнуть, приводит к нелинейному кубическому члену самодействия в уравнении Дирака, интерпретируемому как результат учета кручения, как раз требуемой эмпирически величины в единой теории материи (предложенной Гейзенбергом и нами и уже приведшей к перспективным результатам в подсчете масс и констант связи).

Полученное выше решение и его модификацию за счет изменения масштаба можно трактовать с точки зрения новейших иерархических

моделей Вселенной, в которых элементарные частицы являются низшей ступенью иерархической системы, а наблюдаемая Вселенная — Метагалактика является следующей ступенью иерархии. Наряду с нашей Метагалактикой должны существовать другие подобные ей системы, а также системы высших ступеней (по любопытному замечанию Кэмпфера, не исключено наблюдение эффектов других Метагалактик, например в виде квазаров).

Было бы интересно продолжить рассмотрение характеристик известной Метагалактики, элементарных частиц, а также предсказанных и достаточно подробно изученных черных дыр, предполагая наличие у этих трех фундаментальных объектов аналогичных характеристик — радиуса, массы, поверхностного натяжения, температуры, возможного испарения, времени жизни и т. д. Некоторые из этих свойств могут быть наиболее ярко выражены у одних и менее выражены у других. Так или иначе, возрождение иерархических моделей, конечно, с учетом всех данных классической и квантовой ОТО и ее ближайших обобщений (прежде всего в виде компенсационной теории гравитации как калибровочного поля с кручением, дилатациями и других), во всяком случае обещает пролить свет на объяснение странных связей между космологическими и атомными характеристиками в виде «Больших чисел» Эддингтона — Дирака, совершенно непонятных с точки зрения стандартных представлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иваненко Д. Д. «Диалектика». Эйнштейновский юбилейный выпуск (Белград), 1978, № 12; Иваненко Д. Д., Аман Э. «Изв. вузов. Физика», 1978, № 7.
2. Кречет В. Г. «Изв. вузов. Физика», 1978, № 12.
3. Cardigola P., Pavsic M., Recami E. «Phys. Lett.», 1978, 66—A, N 1, 9—12.

Кафедра
теоретической физики

Поступила в редакцию
14.08.78