

Дягилев С.А. ©

Канд. физ.-мат. наук, Нижний Новгород

К ОЦЕНКЕ ВКЛАДА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В ПЛОТНОСТЬ ЭНЕРГИИ ВАКУУМА (КОСМОЛОГИЧЕСКУЮ ПОСТОЯННУЮ)

Аннотация

Представлен анализ вклада электромагнитных взаимодействий в плотность энергии вакуума (космологическую постоянную), основанный на оценке квантовых ограничений на измеримость плотности энергии электромагнитного поля найденной Менским М.Б. Показано, что возмущение плотности энергии вакуума макроскопическими телами (в том числе звездами, галактиками, скоплениями галактик), вызванное электромагнитным взаимодействием, пренебрежимо мало по сравнению как с планковской величиной, так и ожидаемым из наблюдений значением плотности темной энергии. Последнее дает основание к выводу о том, что, по-видимому, вакуум квантовой теории поля нельзя рассматривать в качестве микроскопической модели темной энергии (т.е. как причину ускоренного расширения Вселенной).

Ключевые слова: электромагнитное взаимодействие, плотность энергии вакуума, космологическая постоянная, темная энергия.

Keywords: electromagnetic interaction, energy density of the vacuum, the cosmological constant, dark energy.

В настоящем сообщении анализ вклада электромагнитных взаимодействий в плотность энергии вакуума (космологическую постоянную) основывается на оценке квантовых ограничений на измеримость плотности энергии электромагнитного поля, найденной Менским М.Б. в [1]. Привлекательность оценки [1] состоит в том, что она была получена автором методом ограниченных интегралов по путям (ОИП) без использования какой-либо схемы измерения, и, следовательно, обоснована в более широком диапазоне условий (см. подробнее в [1]), т.е. является на данный момент наиболее общей. Указанным методом Менским М.Б. было найдено, что по порядку величины плотность энергии электромагнитного поля W обнаружима, или наблюдаема, если ее величина больше минимальной возможной погрешности измерения w_{\min} , диктуемой квантовой природой самого поля (см. формулы (1)- (5) работы [1]):

$$w \geq w_{\min} \sim \frac{\hbar}{\tau\nu}, \quad (1)$$

(здесь τ и ν , соответственно, время и объем наблюдения (измерения) плотности энергии поля; \hbar – постоянная Планка). Соотношение (1) составляет основу для последующего анализа. Весьма существенным обстоятельством, вытекающим из формулы (1), является зависимость минимально возможной погрешности измерения плотности энергии электромагнитного поля w_{\min} от четырехмерного объема пространственно-временной области измерения Ω (τ и ν ее временное и пространственное сечение соответственно), что можно интерпретировать как возмущающее действие измерительного прибора (см. [2,3]). По сути, вид зависимости w_{\min} от Ω , согласно формуле (1), является формальным выражением несовместимости измерения плотности энергии электромагнитного поля с измерением, в том же опыте, ее точных значений пространственно-временных координат (можно так же говорить об их совместимости с точностью определяемой соотношением (1)). Действительно, полагая, например, $\tau = 0$ (либо $\nu = 0$, либо сразу $\tau = 0$ и $\nu = 0$), из (1) для

минимально возможной погрешности измерения плотности энергии электромагнитного поля w_{\min} находим:

$$w_{\min} \sim \infty, \quad (\tau = 0, \text{ либо } \nu = 0, \text{ либо сразу } \tau = 0 \text{ и } \nu = 0), \quad (2)$$

что вкупе с (1) приводит к выводу о невозможности обнаружения (необнаружении) измерением значения плотности энергии электромагнитного поля w . Если положить τ и

$$\nu \text{ равными планковским масштабам времени } \tau_{Pl} = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} \text{ и объема } \nu_{Pl} = \sqrt{\frac{\hbar^3 G^3}{c^9}}$$

соответственно, то для W_{\min} получим планковскую плотность энергии W_P :

$$w_{\min} \sim w_{Pl} = \frac{c^7}{\hbar G^2} \approx 10^{113} \text{ Дж}/\text{м}^3, \quad (\tau = \tau_{Pl}, \nu = \nu_{Pl}), \quad (3)$$

(здесь c – скорость света, G – гравитационная постоянная). Именно ее огромное значение несколько последних десятилетий необоснованно связывалось с вкладом фундаментальных взаимодействий в космологическую постоянную (плотность энергии вакуума, предположительно являющегося причиной ускоренного расширения Вселенной) [4,5,6,7]. Сказанное проиллюстрируем следующими рассуждениями и оценками. В самом деле, наблюдаемые значения космологической постоянной регистрируются по движению звезд (сверхновых), галактик и скоплений галактик (куда в качестве «свечей» входят сверхновые звезды). Указанные объекты в масштабах задачи ускоренного расширения Вселенной выполняют роль пробных тел, по наблюдению за которыми и констатируется само ускоренное расширение Вселенной. Естественно, что сверхновые звезды, галактики, скопления галактик являются макроскопическими объектами и как измерительные приборы не способны возмущать вакуум поля на планковских масштабах. Поэтому «квантовые оценки», соответствующие формуле (3) и приводящие к огромным планковским числам, неадекватно описывают измерение космологической постоянной с помощью таких (как звезды) макроскопических объектов.

Прямое применение общей формулы (1) к случаю макроскопических пространственно-временных областей измерения Ω , соответствующих звездам, галактикам, скоплениям галактик приводит к выводу о пренебрежимо малой величине минимально возможной погрешности измерения плотности энергии электромагнитного поля w_{\min} по сравнению как с планковским значением (3), так и ожидаемым из наблюдений значением плотности темной энергии. Действительно, полагая параметры τ и ν макроскопическими:

$\tau = \tau_{macr}$, $\nu = \nu_{macr}$, для соответствующей оценки w_{\min} из (1) можно записать:

$$w_{\min} \sim w_{macr} = w_{Pl} \frac{\tau_{Pl}}{\tau_{macr}} \frac{\nu_{Pl}}{\nu_{macr}} \ll w_{Pl}, \quad (4)$$

$$(\tau = \tau_{macr}, \nu = \nu_{macr}).$$

Последнее усиленное неравенство (4), выражающее пренебрежимость минимально возможной погрешности измерения плотности энергии электромагнитного поля w_{\min} для макроскопических измерений $w_{\min} \sim w_{macr}$ по сравнению с планковской плотностью энергии (3), вытекает из следующих очевидных неравенств:

$$\frac{\tau_{Pl}}{\tau_{macr}} \ll 1, \quad \frac{\nu_{Pl}}{\nu_{macr}} \ll 1. \quad (5)$$

Полагая для примера макроскопические параметры τ_{macr} и ν_{macr} , определяющие пространственно-временную область измерения поля, равными значениям: $\tau_{macr} = 1c$ и $\nu_{macr} = 1M^3$, в качестве оценок (4),(5) получаем:

$$\frac{\tau_{Pl}}{\tau_{macr}} \approx 1.4 \times 10^{-44} \ll 1, \quad \frac{\nu_{Pl}}{\nu_{macr}} \approx 4.1 \times 10^{-105} \ll 1, \quad (6)$$

$$w_{min} \sim w_{macr} \approx 5.7 \times 10^{-149} w_{Pl} \ll w_{Pl}. \quad (7)$$

Подстановка планковского значения плотности энергии (3) в (7) приводит к количественной оценке w_{macr} для выбранных значений $\tau_{macr} = 1c$ и $\nu_{macr} = 1M^3$ равной:

$$w_{macr} \approx 5.7 \times 10^{-36} \text{ Дж/м}^3 \ll w_{DE} \approx 10^{-9} \text{ Дж/м}^3, \quad (8)$$

$$(\tau_{macr} = 1c, \quad \nu_{macr} = 1M^3)$$

Здесь w_{DE} – плотность темной энергии, полученной из наблюдений [7,8]. Полученное оценочное соотношение (8) показывает, что возмущение вакуума макроскопическими телами (в том числе звездами, галактиками, скоплениями галактик), вызванное электромагнитным взаимодействием, действительно пренебрежимо мало по сравнению с плотностью темной энергии, ожидаемой из наблюдений. Отсюда можно сделать вывод, что, по-видимому, вакуум квантовой теории поля нельзя рассматривать в качестве микроскопической модели темной энергии (т.е как причину ускоренного расширения Вселенной (см. так же более ранние работы [9,10,11])).

В заключение статьи выражаю благодарность администрации и участникам портала Physics-online.ru за критические замечания и пожелания, способствовавшие прояснению основных положений настоящего сообщения.

Литература

1. Менский М.Б. Измеримость квантовых полей и соотношение неопределенностей энергия-время // Успехи физических наук. – 2011. – т.181. - № 5. – С.543-552.
2. Landau L, Peierls R. "Erweiterung des Unbestimmtheitsprinzips für die relativistische Quantentheorie" // Z. Phys. – 1934. – v.69. – p. 56-70.
3. Bohr N, Rosenfeld L "Zur Frage der Messbarkeit der elektromagnetischen Feldgrößen".// Kgl. Danske Vidensk. Selskab., Math.-Fys. Medd. – 1933. - № 12 (8). – p. 3 – 65.
4. Зельдович Я.Б. Теория вакуума, быть может, решает загадку космологии.// Успехи физических наук. – 1981. – т.- 133. - №3. - С.479-503.
5. Вайнберг С. Проблема космологической постоянной.// Успехи физических наук. – 1989. – т.- 158. - №8. - С.639-678.
6. Рубаков В.А. Иерархии фундаментальных констант (к пунктам 16,17 и 27 из списка В.Л. Гинзбурга).// Успехи физических наук. – 2007. – т.- 177. - №4. - С.407-414.
7. Чернин А.Д. Темная энергия и всемирное антитяготение.// Успехи физических наук. – 2008. – т.- 178. - №3. - С.267-300.
8. Лукаш В.Н., Рубаков В.А. Темная энергия: мифы и реальность // Успехи физических наук. – 2008. – т.178. - № 3. – С.301-308.
9. Дягилев С.А. О корректности оценок вкладов фундаментальных взаимодействий в космологическую постоянную.// Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2013. - №10. – С.9-11.
10. Дягилев С.А. О квантовых ограничениях уравнений ОТО.// Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2013. - №10. – С. 11-14.
11. Дягилев С.А. О существенной зависимости интерпретации наблюдаемой от характера ее поведения – классического или квантового при измерении // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2013. - №11. – С.17-19.