

УДК 523.9; 524.7

Комментарий к сверхбыстрым нейтрино (декабрь 2011 г.)

В.А. Котов¹, Ф.М. Санчес²

¹ НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, 98409, Украина, АР Крым, Научный
vkotov@crao.crimea.ua

² Парижский университет (в отставке), Орсе 11, ав. д’Иври 20, Париж 75013
hol137@yahoo.fr

Поступила в редакцию 3 февраля 2012 г. Публикуется в порядке дискуссии.

Аннотация. Поразительное известие осени 2011 г. о регистрации нейтрино, движущихся со сверхсветовой скоростью, ошеломило физиков и космологов. Мы объясняем явление на основе голографической стационарной модели Вселенной, предполагающей сверхсветовую скорость и существование Грандкосмоса, внешнего по отношению к сфере Хаббла.

COMMENT TO THE SUPERFAST NEUTRINOS (DECEMBER 2011), by V. A. Kotov and F. M. Sanchez. The striking announcement in the autumn of 2011 about a detection of neutrino moving with superluminal speed, shocked physicists and cosmologists. We explain the phenomenon on the basis of the holographic stationary model of the Universe, which assumes superluminal speed and an existence of Grandcosmos, external to the Hubble sphere.

Ключевые слова: нейтрино, Солнце, Вселенная, космология, скорость света

1 Вступление: скорость c и супер-нейтрино

Первое сообщение о нейтрино, обогнавших свет, сделано 23 сентября в ЦЕРНе коллаборацией *OPERA*, а препринт, после уточнения результатов и выводов, послан в печать 17 ноября 2011 г. (Адам и др., 2011; см. также “Вселенная, пространство, время”, 2011, № 10, с. 33). Это повергло в шок научное сообщество: если так, то скорость света c теперь не может считаться предельной, что переворачивает основы физики, астрофизики и космологии, считавшиеся незыблемыми. Новость воспринята, естественно, с большой осторожностью и скептицизмом многих из-за возможных последствий: “супер-нейтрино” бросают серьезный вызов физике XX в. и некоторым теориям Эйнштейна. Результат *OPERA* трудно или невозможно втиснуть в самые оригинальные модели.

Суть же в том, что в эксперименте “ЦЕРН – Лаборатория Гран Сассо” мюонные нейтрино преодолели расстояние между лабораториями (732 км, определенное с ошибкой ± 20 см) со скоростью, которая превысила c на фактор примерно $1 + 2.4(4) \times 10^{-5}$; в скобках – стандартная ошибка. Заметим, что недавнее повторение опыта с более узкой локализацией генератора частиц и при других, более жестких требованиях к техническим условиям, подтвердило “кошмарный” для физиков результат. Здесь, оставляя в стороне вопрос о точности чудо-эксперимента и необходимой дальнейшей проверке, коснемся корней проблемы – самой (не)предельной скорости.

2 c – предел или нет?

Несмотря на нелокальный характер квантовой теории, предел c для передачи информации остается в физике твердым “табу” до сих пор. Это и объясняет большие эмоции в СМИ и волнение среди ученых по поводу “сверхбыстрых” нейтрино. Однако давно известно, что скорость c , будучи тесно связанной с т. наз. “проблемой горизонта” модели первоначального Большого взрыва, слишком мала для объяснения однородности *космического микроволнового излучения* (КМИ). С целью спасения ситуации с c -пределом космологи вынуждены были ввести *ad-hoc* сверхсветовую инфляцию. Но недавно было показано (Саншез и др., 2009, 2011), что “тахионная сканирующая” физика, свободная от c , гораздо успешнее объясняет большое число различных космических данных, причем без мифического первичного Взрыва и инфляции. (Напомним, что теория стационарной – расширяющейся и однородной – Вселенной была предложена более 60 лет назад Бонди, Голдом (1948) и Хойлом (1948), и она уже тогда предсказывала *ускорение* расширения. Что и было доказано “нобелевскими-2010” наблюдениями на стыке веков; см., например, Райес и др., 1998; Перлмуттер и др., 1999.)

3 Немного “тахионной голофизики”

Идея вытекает из *голографического* принципа, утверждающего, что локальные дифференциальные уравнения необходимо заменить глобальными, а именно голографического типа. Это замещает абстрактную Мультивселенную (Мультиверс) представлением о *Грандкосмосе*, который просто объясняет КМИ, давая точно его температуру, причем всего лишь одной строчкой элементарных вычислений. Рассмотрение основано на “тахионной сканирующей физике”, где *пространство* генерируется одной единственной “тахионной” точкой (на основе *голофизического принципа*, в котором сканирующий процесс ассоциируется с 1D-мерной голографией; подробнее см. Саншез и др., 2011). Принцип применяется к *неизменной во времени* сфере Хаббла, существующей внутри Грандкосмоса.

Действительно, тогда КМИ можно объяснить тепловым излучением Грандкосмоса, внешнего по отношению к сфере Хаббла и рассматриваемого как “тепловая ванная”, или “термостат”, с температурой $T \approx 2.73$ К, вытекающей из закона сохранения энергии, – т. е. с такой же T , как у КМИ хаббловской Вселенной. Подчеркнем, что в стандартной космологии, где радиус Хаббла R_H изменяется, закон сохранения энергии вообще не “работает”, неприменимы прямо и строгие голографические соотношения.

Принцип голофизики Саншеза (1995), основанный на 1D-мерной голографии, отражает концепцию “сканирования”: предполагается, что пространство генерируется самим существованием частицы “Хол”, ее квантовой природой. “Хол” на *топологической оси* имеет массу наблюдаемой Вселенной с размерностью $n = 30$ бозонной теории струн. Процесс подобен картине ТВ-экрана, но с единственной “сканирующей” точкой. Идея возникла при обсуждении концепции де Бройля (в 1992 г., в столетие со дня его рождения) о “волнах материи”. Потому что именно такая концепция лучше всего отвечает технике голографии – наилучшему средству сбора, обмена и хранения информации.

4 Радиус Хаббла и симметрия, свободная от c

Из пропорциональности красного смещения z расстояниям (умеренным) до галактик следует, что на деле измеряется не “возраст” Вселенной, а длина Хаббла $R_H = 1.28(5) \times 10^{28}$ см (Накамура и др., 2011). Давно известно, однако, что она связана с субатомной массой m соотношением $R_H \sim \hbar^2/Gm^3$, вытекающим из c -свободного трехмерного анализа, оперирующего с массой, длиной и временем (обозначения общеприняты; см. Саншез и др., 2009). Это и составляет суть проблемы “Больших чисел”, корни которой скрыты в постулируемом изменении R_H со временем. (На основании приведенного соотношения Дирак в свое время предположил, что G уменьшается со временем.)

Артур Хаас (см. Германн, 1971), за три года до знаменитой статьи Бора 1913 г., правильно вычислил радиус атома водорода, приравняв энергии $m_e v^2/2$ и e^2/r – в модели Томсона – планковской форме $h\nu$. Действительно, исключая скорость v посредством соотношения $\nu = v/2\pi r$, получаем для радиуса электронной орбиты: $r = 2\hbar^2/m_e e^2 \equiv 2a_0$, – удвоенный радиус Бора. Заметим, что если электрическая энергия взаимодействия двух элементарных частиц равна e^2/L , то главный элемент гравитационной энергии во Вселенной – энергия взаимодействия двух атомов водорода: Gm_H^2/L (m_H – масса атома водорода, L – расстояние между зарядами или частицами). Замена e^2 на Gm_H^2 , с очевидной параллелью “квантов” заряда и вещества, приводит к длине (в см)

$$R \equiv \frac{2\hbar^2}{Gm_H^2 m_e} \approx 1.31 \times 10^{28} \approx R_H. \quad (1)$$

Это означает временную инвариантность $R \approx R_H$ и делает предпочтительной стационарную космологию Бонди, Голда и Хойла, которая предсказывала однородное КМИ, причем с правильной температурой, а также экспоненциальное разбегание галактик с константой R_H/c , подтвержденное наблюдениями.

5 Время регенерации Вселенной?

Гипотеза предусматривает (Саншез и др., 2011), что “материю регенерации” Вселенной, компенсирующую потерю массы из-за разбегания галактик на сфере Хаббла, представляет нейтрон с его характерным временем распада на стабильные частицы $t_n = 885.7(8)$ с. Это подкрепляется сравнением “скорости изменения” массы Вселенной, M/T_U , с отношением m_n/t_n , где $M \equiv Rc^2/2G$ – полная масса Вселенной, $T_U \equiv R/c$ – ее “возраст” и m_n – масса нейтрона:

$$\frac{M}{T_U} \equiv \frac{c^3}{2G} \approx \frac{m_n}{t_n} \left(\frac{\lambda}{l_{Pl}} \right)^2. \quad (2)$$

Здесь $l_{Pl} \equiv (\hbar G/c^3)^{1/2} = 1.61624(8) \times 10^{-33}$ см – длина волны Планка и $\lambda \equiv hc/kT \approx 0.5280$ см – длина волны КМИ, ассоциированная с температурой $T = 2.725(1)$ К (Накамура и др., 2011); подчеркнем, что правая часть (2) выполняется с точностью 0.1 % определения t_n .

6 Модель “черного атома”

Согласно Саншезу и др. (2011), микрофизика и космология объединены в одно целое голографическими соотношениями и квантовой механикой, или “голофизикой”. Очевидно, что (1) и (2) – примеры такого “квантового гололизма” (“гололизм” – от гр. слова *holos*, или англ. *whole, entire* – целое или всеобщее; по-русски также – *все*, а отсюда понятия *Хол* и *голофизика*).

Чтобы это продемонстрировать простым примером, рассмотрим модель “черного атома”, и для начала – просто атом водорода. В любой космической теории атом, по сути, не может быть “чисто изолированным”, и его можно представить в центре черной дыры радиуса R и с круговыми электронными траекториями, ограниченными последним. Вообразим все эти траектории – с радиусами $r_n = c/n$, где n – целое число с пределом $N = R/\lambda_e$ (пространственные масштабы выражаем в единицах $\lambda_e \equiv \hbar/m_e c$, т. е. в приведенной комптоновской длине волны электрона).

Скорости электронов v_n даются квантовым правилом $\hbar = m_e v_n r_n$; очевидно, что первая орбита, $n = 1$, исключается. Тогда для среднего радиуса атома, $\langle r \rangle$, получаем боровское значение (по отношению к λ_e и с точностью 0.1 % – путем суммирования по n от 2 до N):

$$\frac{\langle r \rangle}{\lambda_e} \equiv \frac{\sum n^{-1}}{\sum n^{-2}} \approx 136.9 \approx \frac{a_0}{\lambda_e} \equiv \frac{1}{\alpha}, \quad (3)$$

с относительной погрешностью 0.1 %. Здесь $\sum n^{-1} = \ln(R/\lambda_e) + \gamma - 1$, где константа Эйлера

$\gamma = 0.577215\dots$ и $\sum n^{-2} = \pi^2/6 - 1$. Заметим, что в (3) входит сумма “сферических” вероятностей $\sum n^{-2}$. Объясняется это тем обстоятельством, что для нас электроны, – мысленно, по логике квантовой механики, – представляются распределенными на сферах радиусов r_n вокруг центра. Но частицы *коллапсируют мгновенно* на круговые плоские орбиты модели атома Резерфорда-Бора – в момент редукции их волновых функций при наблюдении, “распознавании”, при любом “контакте” с внешним миром или просто при регистрации наблюдателем, другим атомом или другим объектом. (Подчеркнем также, что *коллапс*, или *редукция волновой функции*, – уже давно, “по умолчанию”, – происходит *мгновенно* на любом расстоянии, причем с полным игнорированием c и вообще без всякой скорости.)

Отсюда заключаем, что (3) – поразительный пример именно “квантового голизма”, где микрофизика и космология объединены квантовой механикой. Это также – простейший и доходчивый аргумент в пользу критического состояния нашей Вселенной. (Интригует и то, что с точностью 0.6 % величина R/λ_e согласуется с большим числом 2^{128} теории Эддингтона.)

7 Космическое колебание

Для своего излучения звезда преобразует в основном водород в гелий, причем с темпом $\epsilon = 6.40 \times 10^{18}$ эрг на 1 г гелия. Следовательно, плотность гелия должна составлять $(\pi^2/15)(kT)^4(c\hbar)^{-3}/\epsilon \approx 6.52 \times 10^{-32}$ г см⁻³ – величину, согласующуюся с наблюдениями. Тогда в “квантовой” космологии, логично полагая одинаковыми критические плотности наблюдаемой Вселенной и Грандкосмоса, приходим к максимальной тахионной скорости около $10^{61}c$ (см. ниже). Это дает, наконец, простое объяснение “таинственного” недоплеровского *когерентного космического колебания* с периодом $P_0 = 9600.61(2)$ с, не зависящего от красного смещения z , – т. е. *свободного* от c . Оно наблюдалось много лет в осцилляциях фотосферы Солнца и десятилетия – в вариациях блеска некоторых активных ядер галактик (Брукс и др., 1976; Северный и др., 1976; Грек и др., 1980; Шеррер и Уилкокк, 1983; Котов и Лютый, 2010; см. также рис. 1 и 2). Оно же естественным образом приводит к внутренней взаимосвязи стандартных т. наз. “свободных” параметров – связи прямой и более точной, чем с антропными аргументами.

Космическое колебание P_0 , обладающее стабильной на протяжении десятилетий начальной фазой, подкрепляет концепцию когерентной космической волны как “абсолютных часов” Космоса (Котов и Лютый, 2010). Поразительно и то, что этот период оказался “синхронизирующим”, или наилучшим общим кратным, для периодов пульсаций звезд типа δ Sct, а также наиболее “характерным” (с коэффициентом $\pi/2$) для вращения тесных двойных Галактики (рис. 3). Установлено также, что пространственный масштаб $cP_0 \approx 19.24$ а. е. является самым “резонансным” для планетных расстояний Солнечной системы, см. рис. 4 и Котов (2009).

Антропный принцип был представлен ранее (см. Карр и Рис, 1979) в качестве единственной возможности установить связь между физическими и космологическими параметрами. Напомним, что общепринятое объяснение радиуса $R \sim \hbar^2/Gm^3$ состоит в том, что “возраст” Вселенной порядка времени жизни звезды, и чтобы оправдать присутствие углерода. Но мы привели несколько физических обоснований радиуса, которые с большой вероятностью указывают на его фактическую временную инвариантность (см. Саншез и др., 2011): $R \equiv 2\hbar^2/Gm_H^2 m_e = 1.3063(2) \times 10^{28}$ см, – что в пределах ошибки наблюдений, 4 %, согласуется с измеренным радиусом $R_H = c/H_0 = 1.28(5) \times 10^{28}$ см (Накамура и др., 2011; здесь $H_0 = 72(3)$ км с⁻¹ Мпс⁻¹ – постоянная Хаббла).

8 Константы взаимодействий и шкалы времени

Нами также показано, что элементарный c -свободный анализ констант, “управляющих” микро- и макромирами, а также безразмерных выражений трех взаимодействий – электрического, гравитационного и слабого (магнетизм представляется как релятивистская часть электричества), с акцентом на их симметрию, – ведет именно к периоду P_0 (с точностью 10^{-4} неопределенности G), а также к временной константе 13.7 млрд лет. Последнюю, следовательно, надо рассматривать не как

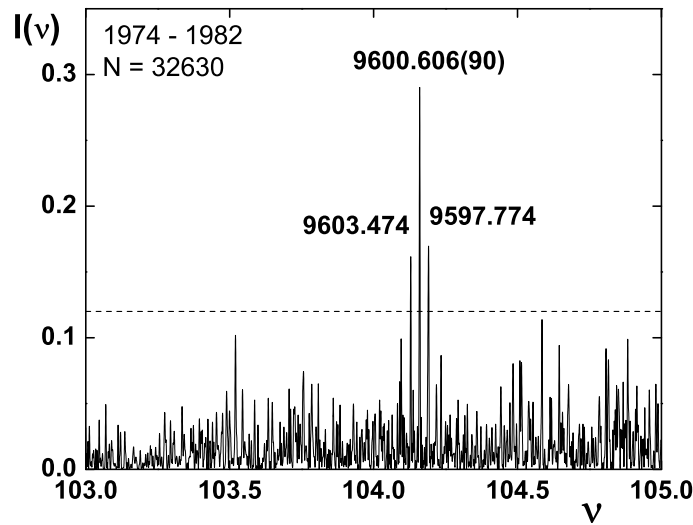


Рис. 1. Спектр мощности колебаний Солнца в 1974–1982 гг. по данным КраО (число измерений скорости с 5-минутным интегрированием равно $N = 32630$). Пунктирная линия показывает уровень значимости 3σ ; по горизонтали – частота ν в мкГц, по вертикали – мощность $I(\nu)$ в произвольных единицах (то же на рис. 2). Главный пик отвечает периоду 9600.606(90) с

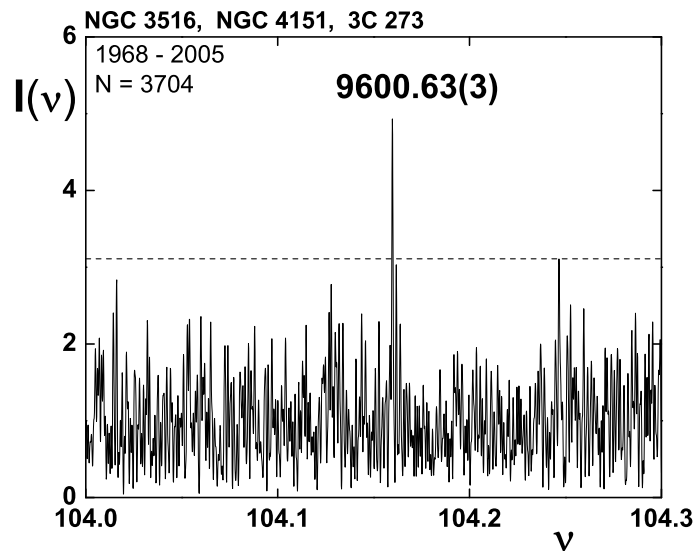


Рис. 2. Средний спектр мощности вариаций блеска квазара 3C 273 и ядер сейфертовских галактик NGC 3516 и NGC 4151 (наблюдения 1968–2005 гг., суммарное число измерений блеска $N = 3704$). Главный пик отвечает периоду 9600.63(3) с

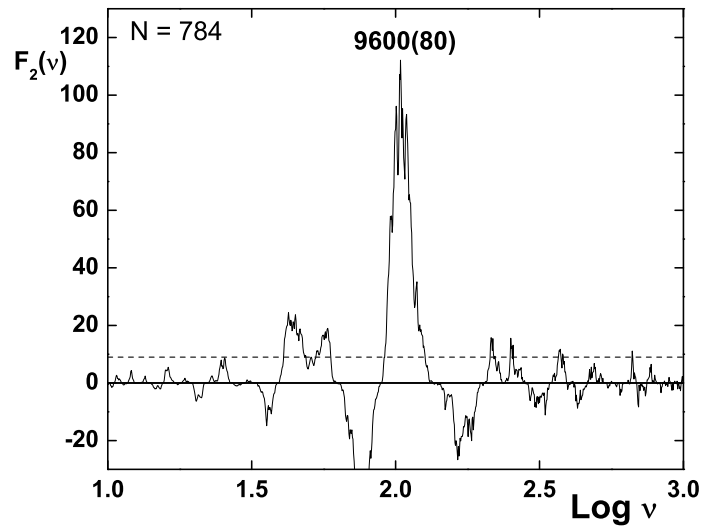


Рис. 3. Резонанс-спектр $F_2(\nu)$, вычисленный для 784 взрывных переменных и родственных двойных систем. По горизонтали – логарифм частоты ν (в мкГц и с фактором $2/\pi$), пунктирной линией показан уровень значимости 3σ . Максимум отвечает периоду 9600(80) с (см. Котов, 2008)

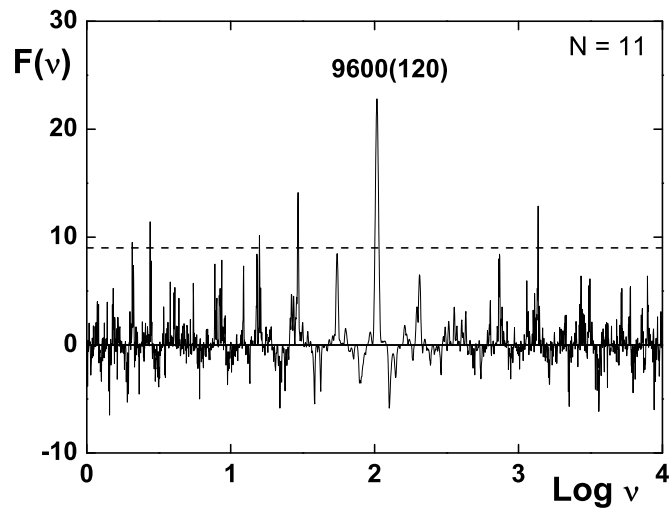


Рис. 4. Резонанс-спектр $F(\nu)$ планетных орбит Солнечной системы (11 больших полуосей, включая орбиты пояса астероидов, Плутона и Эриды и с фактором π для внутренних орбит). Частота ν – в мкГц, пунктирной линией показан уровень значимости 3σ ; самый высокий пик соответствует периоду 9600(120) с, или масштабу 19.2(3) а. е. (при вычислениях $c = 1$; Котов, 2009)

“возраст” Вселенной, а как время регенерации стационарной модели, подобное времени распада нейтрона, см. (2). Приведем основные выражения, опуская их вывод (см. Саншез и др., 2011):

$$t_{Gw} \equiv \frac{\tau_e}{(\alpha_G \alpha_w)^{1/2}}, \quad (4)$$

$$t_{Gwe} \equiv \frac{\tau_e}{\alpha \alpha_w (\alpha_G \alpha_w)^{1/2}}, \quad (5)$$

$$t'_{Gwe} \approx \frac{\tau_e}{H^2 \alpha_G (\alpha \alpha_w)^{1/2}}. \quad (6)$$

В них *безразмерные* фундаментальные физические константы α (постоянная тонкой структуры), α_G и α_w характеризуют соответственно электрическое, гравитационное и слабое взаимодействия:

$$\alpha \equiv \frac{e^2}{\hbar c} \approx \frac{1}{137.0360}, \quad (7)$$

$$\alpha_G \equiv \frac{G m_H m_p}{\hbar c} = 5.9093(6) \times 10^{-39}, \quad (8)$$

$$\alpha_w \equiv G_F \frac{cm_e^2}{\hbar^3} = 3.04562(2) \times 10^{-12}. \quad (9)$$

В этих выражениях также: $\tau_e \equiv \lambda_e/c$ – “электронное время”, $G_F = 1.43584(1) \times 10^{-49}$ эрг см³ – “постоянная слабого взаимодействия” (*константа Ферми*) и $H \equiv m_H/m_e \approx 1837.139$ – отношение масс.

Подставив в (4) константы, получаем, что “гравито-слабая” постоянная времени $t_{Gw} = 9601.5(5)$ с согласуется с “космическим” периодом P_0 с точностью неопределенности G , т. е. примерно 10^{-4} . А выражения (5) и (6) приводят, в пределах ошибки, к одной и той же характерной, “электро-слабо-гравитационной” временной шкале $t_{Gwe} \approx t'_{Gwe} \approx 13.69$ млрд лет, что в пределах ошибки совпадает с т. наз. “возрастом” Вселенной 13.69(13) млрд лет, “установленным” в стандартной космологии (Накамура и др., 2011).

9 Сверхскорость C

Одна из главных идей Саншеза и др. (2011) – предположение, что во Вселенной существует “тахионная сверхскорость” C для передачи *безразмерной* информации (“информационных каналов” или числа степеней свободы, энтропии или “квантового состояния”, или просто вероятности). И мы можем оценить эту скорость, исходя из физических и космологических данных и констант. Для этой цели сделаем такое предположение: поскольку наблюдаемую Вселенную можно рассматривать как “черную дыру”, находящуюся в критических условиях и “контролируемую” скоростью c , *Грандкосмос* тоже следует воображать в виде “ C -черной-дыры” радиуса R_{GC} , имеющей *идентичную среднюю плотность*. Тогда при “критической плотности” наблюдаемого Мира $3c^2/(8\pi GR^2)$ (Накамура и др., 2011) такое предположение означает, что

$$\frac{C}{c} \equiv \frac{R_{GC}}{R}, \quad (10)$$

а это приводит к значению $C \approx 6.95 \times 10^{60} c \approx 2.08 \times 10^{71}$ см с⁻¹. Радиус же гипотетического Грандкосмоса

$$R_{GC} \equiv 2 \frac{r_e^6}{l_{Pl}^5} \quad (11)$$

(здесь $r_e \equiv \alpha \lambda_e$ – классический радиус электрона) получен ранее Саншезом и др. (2011) на основе

голографических соотношений. Последние приводят, в частности, к следующей связи R_{GC} с длиной волны λ КМИ, a_0 и l_{Pl} :

$$\frac{8\pi}{3} \left(\frac{R_{GC}}{a_0} \right)^3 \approx \left(\frac{\lambda}{l_{Pl}} \right)^9, \quad (12)$$

выполняющейся с неопределенностью 10^{-4} константы G .

10 Что говорил Пуанкаре...

Сейчас главное, что мы видим в задаче, – замена локальных дифференциальных уравнений *глобальными*. Знаменательно, что 100 лет назад Пуанкаре (1913) в своих *“Последних мыслях”* привел следующее удивительно ясное утверждение, или предвидение (цит. примерно по тексту): *“Поскольку Вселенная у нас одна, дифференциальные уравнения не могут служить основой космологии, ибо это вводило бы граничные условия и свободные параметры интегрирования”*. Это означает отрицание любых свободных параметров, в том числе начальных условий.

Заметим, что (а) Пуанкаре еще тогда исключал возможность первичного Большого взрыва и что (б) в противоположность общепринятому взгляду наша *мерцающая* модель Вселенной предусматривает “быструю” последовательность Больших взрывов. Это также означает, что теоретическая физика остро нуждается в перекалибровке масштабов, подобной фактору 10^{61} , и что в 2011 г. появились, наконец, – в теоретическом и экспериментальном плане – серьезные аргументы, призванные объяснить долгое блокирование теории, опечатанной одной специфической константой скорости.

11 Эпилог. От перенормировки к вакууму и снятию “головной боли”...

Подчеркнем, что стандартную инфляцию можно рассматривать как громадную масштабную перенормировку *ad-hoc*, и что относительная точность изначальной скорости расширения в модели первичного Большого взрыва также отвечает фактору $\sim 10^{61}$.

Предлагаемый подход открывает путь и для решения головоломки стандартных физики и космологии – колоссального расхождения результатов при вычислении энергии вакуума (Архангельская и др., 2006). Дело в том, что энергия квантового вакуума, $E_{vac} \sim R^3 \hbar c / l_{Pl}^4$, внутри сферы Хаббла получается на фактор $\sim 10^{122}$ больше, чем полная энергия Вселенной. Эта “головная боль” теоретиков лечится просто: посредством обобщения классической формулы энергии $E = Mc^2$ на энергию вакуума в виде $E_{vac} = MC^2$. В дополнение заметим, что генезис формулы $E = Mc^2$ вытекал в свое время также из простого обобщения.

Аномальная поимка OPERA супернейтрино, опережающих фотоны, – вместе с приведенными рассуждениями, – заставляет критически отнестись к некоторым положениям физической теории, астрофизики и космологии, которые в XX в. казались неоспоримыми, и посмотреть на Мироздание с новых позиций. И здесь уместно процитировать А.З. Петрова (см. предисловие к книге Бриллюэна, 1972): “Ни одна физическая теория не может претендовать на то, что она дает абсолютно верную картину природы”.

Мы признательны Б.В. Комбергу за новые “нейтринные” новости и обсуждение проблем устройства Вселенной, а также рецензенту за полезные замечания.

Литература

- Адам и др. (Adam T. and the OPERA Collaboration) // J. High Energy Phys. (2011, submit.); <http://arxiv.org/abs/1109.4897v2>.
 Архангельская И.В., Розенталь И.Л., Чернин А.Д. // Космология и физический вакуум. М.: КомКнига. 2006.
 Бонди и Голд (Bondi H., Gold T.) // Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 1948. V. 108. P. 252.

- Бриллюэн Л. // Новый взгляд на теорию относительности. М.: Мир. 1972.
- Брукс и др. (Brookes J.R., Isaak G.R., van der Raay H.B.) // Nature. 1976. V. 259. P. 92.
- Германн (Hermann A.) // The Genesis of Quantum Theory. Cambridge, Mass.: MIT Press. 1971. P. 92.
- Грек и др. (Grec G., Fossat E., Pomerantz M.) // Nature. 1980. V. 288. P. 541.
- Карр и Рис (Carr B.J., Rees M.J.) // Nature. 1979. V. 278. P. 605.
- Котов В.А. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2008. Т. 104. № 1. С. 169.
- Котов В.А. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2009. Т. 105. № 1. С. 173.
- Котов В.А., Лютый В.М. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2010. Т. 106. № 1. С. 187.
- Накамура и др. (Nakamura K., and 175 colleagues; Particle Data Group) // J. Phys. G. 2011. V. 37. P. 075021; <http://pdg.lbl.gov>.
- Перлмуттер и др. (Perlmutter S., Aldering G., Goldhaber G., et al.) // Astrophys. J. 1999. V. 517. N. 2. P. 565.
- Пуанкаре (Poincaré H.) // Conference a l'Universite de Londres. "Dernieres Pensees". Paris: Flammarion. 1913. P. 102.
- Райес и др. (Riess A.G., Filippenko A.V., Challis P., et al.) // Astron. J. 1998. V. 116. N. 3. P. 1009.
- Саншез (Sanchez F.M.) // Holic Principle. The Coherence of the Universe. Cambridge: ANPA 16. 1995. P. 324.
- Саншез и др. (Sanchez F.M., Kotov V.A., Bizouard C.) // Galilean Electrodynamics. 2009. V. 20. N. 3. P. 43.
- Саншез и др. (Sanchez F.M., Kotov V.A., Bizouard C.) // J. Cosmology. 2011. V. 17. P. 7225.
- Северный и др. (Severny A.B., Kotov V.A., Tsap T.T.) // Nature. 1976. V. 259. P. 87.
- Хойл (Hoyle F.) // Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 1948. V. 108. P. 372.
- Шеррер и Уилкоккс (Scherrer P.H., Wilcox J.M.) // Solar Phys. 1983. V. 82. P. 37.