

О ГИПОТЕЗЕ ВРАЩЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ

Ихлов Б. Л.

Особое конструкторское бюро «Маяк» при ПГНИУ

Аннотация

Дан обзор аргументации в пользу модели вращающейся Вселенной, приведены контраргументы. Показано, что закон сохранения момента импульса не может объяснить снижение скорости вращения Вселенной. Указаны гносеологические противоречия модели вращения Вселенной. Показано, что отличный от нуля суммарный момент спиральных галактик во Вселенной возник не по причине вращения Вселенной как целого, суммарный момент всех атомов во Вселенной на много порядков ниже момента импульса Вселенной в модели вращения при имеющихся оценках ее угловой скорости. Произведено сравнение планковской температуры с температурой, возникающей вследствие эффекта Фуллинг-Унру, показывающее невозможность вращения в ранней Вселенной. Показано, что спинующая жидкость не может генерировать вращение Вселенной. Сформулирован вращательный аналог закона Хаббла, даны оценки угловой скорости Вселенной, указана возможность привести в соответствие эффект Унру и оценку скорости вращения планковской Вселенной. Показано, что это не разрешает всех противоречий модели с эффектом Унру. Получен соответствующий метрический тензор, анализ которого показывает, что аналогия между поступательным и вращательным движением в модели вращающейся Вселенной не корректна, а сама модель нереалистична.

Ключевые слова: галактика, спин, реликтовое излучение, расширение, температура, момент импульса, закон Хаббла

Abstract

The review of the arguments in favor of the rotating Universe model is given, counterarguments are given. It is shown that the law of conservation of angular momentum cannot explain the decrease in the rotation speed of the Universe. The epistemological contradictions of the model of the rotation of the Universe are indicated. It is shown that the total moment of spiral galaxies in the Universe, which is different from zero, did not arise because of the rotation of the Universe as a whole, the total moment of all atoms in the Universe is many orders of magnitude lower than the moment of momentum of the Universe in the rotation model with the available estimates of its angular velocity. The Planck temperature is compared with the temperature resulting from the Fulling-Unruh effect, showing the impossibility of rotation in the early Universe. It is shown that the spinning fluid cannot generate the rotation of the universe. A rotational analogue of Hubble's law is formulated, estimates of the angular velocity of the Universe are given, the possibility of matching the Unruh effect and the estimate of the rotation speed of the Planck Universe is indicated. It is shown that this does not resolve all the contradictions of the model with the Unruh effect. The corresponding metric tensor is obtained, the analysis of which shows that the analogy between translational and rotational motion in the model of a rotating Universe is not correct, and the model itself is unrealistic.

Keywords: galaxy, spin, relic radiation, expansion, temperature, angular momentum, Hubble's law

Введение

Идея о вращении Вселенной высказана Гамовым, Витакером и Гёделем. Обнаружение Бёрчем анизотропии поляризации радиоизлучения внегалактических источников дало повод объяснить крупномасштабную анизотропию Вселенной ее вращением. Соответствующие возможные наблюдаемые феномены описаны, например, в [1, 2]. Космологические модели с вращением разработаны в том числе в [3,4]. На основании данных спутников «РЕЛИКТ-1» и СОБЕ было заявлено о неоднородности реликтового излучения. Слабая анизотропия реликтового излучения 10^{-5} служит для обоснования космологического принципа – однородности Вселенной, но она же может служить для обоснования вращения Вселенной. В 2005 г обнаружена т.н. ось зла - протяжённая область, вокруг которой происходит ориентация всей структуры Вселенной. Данные о такой анизотропии получены при наблюдениях реликтового излучения зондом WMAP. М. Тегмарк, А. де Оливейра-Коста, Э. Гамильтон обнаружили аномальное мультипольное выравнивание в данных. Ж. Магейжу, наблюдая за «тёплыми» и «холодными» областями флуктуаций излучения, выявил, что

флуктуации на самых больших масштабах расположены не случайным образом, а упорядоченно, в частности, оси квадрупольной и октупольной компонент разложения карты температур реликтового излучения практически совпадают [5].

Данные обсерватории «Планк» об анизотропии излучения сравнили с моделями закручивающейся или вытягивающейся Вселенной - модели Бианки типа VII_h. Шанс того, что Вселенная вращается и одновременно растягивается в разных направлениях - 1/121000. Группа Майкла Лонго в рамках проекта Sloan Digital Sky Survey изучила более 15000 спиральных галактик со стороны северного полюса Млечного Пути. Оказалось, что левых - тех, что вращаются против часовой стрелки, - заметно больше. На глубине порядка 1,2 млрд. световых лет асимметрия сохранялась. Последователи Лонго из Lawrence Technological University исследовали 250 тыс. спиральных галактик, на глубине 3,4 млрд. световых лет и также обнаружили больше левых галактик, чем правых. Нарушение симметрии - около 7%, но вероятность того, что это случайность – 10^{-6} [6]. Высказаны также предположения, что нарушение изотропии на крупных масштабах можно обнаружить по следу космических струн, «синякам» на теле Вселенной и по «Тёмному потоку».

Наконец, изучение вращения нитей галактик, цилиндрических усиков материи диаметром в сотни миллионов световых лет, показывает, как считают авторы [7], что суммарный угловой момент может генерироваться в масштабах Вселенной.

Идея вращения Вселенной как целого наталкивается на очевидные трудности. Если в силу принципа относительности наблюдатель в каждой точке является центром вращения, то число осей вращения, проходящих через этот центр – множество мощности континуума. Если бы ранняя Вселенная вращалась со скоростью 10^{43} рад/с [8, с. 205], постоянная Хаббла имела бы разные значения в разных направлениях, обнаруживалась бы релятивистская кориолисова сила, выраженная формулой Тирринга. Во вращающейся системе происходит сжатие вдоль вектора момента импульса (оси вращения), должны образовываться свехгигантские дискообразные системы. Такое сжатие не наблюдается.

В моделях с кручением псевдослед кручения может быть причиной космологического вращения [8, с. 23]. Однако кручение существует лишь в теории. Реликтовое холодное пятно в созвездии Эридана могло бы свидетельствовать об анизотропии Вселенной - пятно приблизительно на 70 мкК холоднее, чем средняя температура реликтового излучения, в то время как средние колебания температуры в последнем - всего 18 мкК. Если так – должно быть по крайней мере еще одно холодное пятно, однако оно не обнаружено.

Момент импульса

Представления о действии закона сохранения момента импульса исходят из предположения, что при увеличении радиуса Вселенной уменьшается частота ее вращения.

Используем классический закон сохранения момента импульса $J\omega = const$, который должен показывать, что с расширением Вселенной угловая частота снижается. Поскольку $J \propto r^2$, а по закону Слайфера-Хаббла $r \propto \exp(Ht)$ (в модели де Ситтера), то угловая частота уменьшается по закону $\omega = \omega_{\text{планк}} e^{-2Ht}$, (см. также [8, с. 109-110]). Отсюда видно, что, с учетом того, что планковская угловая частота имеет 43-й порядок, современное значение $H \approx 2,2 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}$, а время жизни Вселенной – примерно $4,354 \cdot 10^{17} \text{ с}$, современная угловая скорость вращения Вселенной должна быть невероятно большой, она уменьшается в сравнении с планковской всего лишь примерно в 7 раз. Переход к псевдовектору момента импульса в СТО $L = m\vec{r} \times \vec{v}(1 - v^2/c^2)^{-1/2}$ ничего не меняет, т.к. $v = \omega r$. В не твердотельных моделях увеличение J еще медленнее уменьшает угловую скорость.

В инфляционной модели масштабный фактор увеличивается по экспоненциальному закону, но постоянная Хаббла много больше. Эпоха инфляции продолжалась от 10^{-42} до 10^{-36} сек. В это время $10^{42} \text{ сек}^{-1} > H > 10^{36} \text{ сек}^{-1}$. В таком случае за время инфляции угловая скорость уменьшилась либо опять же в 7 раз, либо, на другом пределе, практически до нуля. В последнем случае проблема вращения Вселенной как целого теряет физический смысл, тем более – актуальность. Например, оценка современного периода вращения Вселенной $T = 10^{124}$ лет тоже лишает проблему вращения Вселенной актуальности и физического смысла. Следовательно, выбор для наивысшего порядка H явно небольшой, не более 10^{37} , т.к. 10^{38} уже снижает угловую скорость почти до нуля. При $H = 10^{37}$ угловая скорость будет снижена в 10^9 раз до огромного значения 10^{34} сек^{-1} . Других вариантов нет. Если даже равномерно снижать значение H от этой величины до современных значений, всё равно получим огромную современную скорость вращения Вселенной как целого. Отметим, что вращение в эпоху инфляции привело бы к гигантским неоднородностям в современной Вселенной. Для модели Гёделя с времениподобными временными линиями и с вращением 4-скорости делаются оценки трехмерной угловой скорости вращения 10^{-20} рад/сек, близкой к оценке Берча [8, с. 13]. Но дело в том, что если Гедель изначально закладывал в метрику трехмерную скорость вращения, то в моделях вращения эту трехмерную скорость просто приравнивают к угловой скорости вращения 4-вектора скорости. Причем если у Гёделя вращаются частицы пыли (галактики), то модель идеальной жидкости без давления [8, там же] не имеет физического смысла.

Дифференциальное вращение

В [9] обоснован дифференциальный характер вращения Вселенной. На основании спиновой части уравнений Папапетру показано, что возможное вращение Вселенной должно существенно зависеть от физических свойств конкретной космологической эпохи.

Классическое макроскопическое вращение связывается со спином. Но спин - квантовая величина, не связанная с вращением частицы как целого. Что касается применения модели спинирующей жидкости ко Вселенной. Во-первых, наличие точного решения уравнений Эйнштейна еще не означает, что оно соответствует реальности. Во-вторых, рассмотрим, каким способом рассуждают, строя физические модели в рамках ОТО и аналогичных теорий. Скажем, задается сферическая симметрия, после чего анализ метрики показывает, что она генерируется сферической массой. В решении Керра анализ метрики показывает, что она генерируется массой, причем масса и момент «возникают» как постоянные интегрирования. В моделях, связанных с вращением, поступают точно так же (см., напр., [10], где используется метрика Эйнштейна-Картана). Сначала задается метрика какого-либо типа и примеряется к имеющимся космологическим параметрам – постоянной Хаббла, плотности материи, параметру замедления $(-0,8 - 0,01)$, оценке угловой скорости вращения Вселенной. Затем в метрику «помещается» спинирующая жидкость, скалярное, электромагнитное поле и т.д. Неясно, как, например, спинирующая жидкость в [10] может генерировать вращение Вселенной, если эффект кручения настолько мал, что не проявляется даже в нейтронных звездах. В результате через несколько лет обнаруживается, что замедления нет, а скорость изменения темпа расширения $q_t > 0$.

Если в решении Керра постановка обратной задачи оправдана, то в моделях с вращением необходимо сначала вводить в ТЭИ некую вращающуюся материю, которая должна была бы генерировать соответствующую метрику. Метрики с вращением должны быть обусловлены исключительно особенностями материальных источников. Соответственно, рассмотрим, что вращается во Вселенной.

а) Спиральные галактики, пульсары, медленно вращающиеся звезды, планеты. Главный вклад во вращение планет, очевидно, за исключением темной материи, возникает из вращения газопылевых облаков, из которых они возникают – помимо столкновения с другими планетами, приливного взаимодействия со звездой или влияния других планет. Но вращение галактик не обязательно порождается вследствие начального вращения Вселенной. Оно, как и вращение звездных систем, порождается искривлением пространства, которое порождается массами.

б) Электроны вращаются вокруг ядер атомов. Классический момент импульса $L = [r, p]$ Величина механического орбитального момента импульса электрона L выражается формулой $L^2 = \hbar^2 l(l + 1)$, где l - орбитальное квантовое число (на s -уровне $l = 0$; на p : $l = 1$; на d : $l = 2$ и т.д.). $\frac{3}{4}$ атомов во Вселенной – это водород. Электрон в водороде имеет нулевой момент импульса, т.к. есть только один s -уровень. Соответственно, $l = 0$ и $L = 0$.

Общий механический момент всех атомов во Вселенной лежит в пределах

$(6 \cdot 10^{45} \div 1,6 \cdot 10^{48}) \text{ Дж} \cdot \text{с}$. Добавление механического момента спина не сильно увеличит момент, т.к. он того же порядка, что и орбитальный момент, порядка постоянной Планка, не изменит ситуации и добавление механического момента ядер атомов. Полученная оценка значительно меньше оценочного момента импульса Вселенной. Если принять радиус Вселенной $r = 45,7$ млрд. световых лет $= 4,3 \cdot 10^{26} \text{ м}$ (наблюдаемая область, c/H), угловую скорость $\omega = 4,2 \cdot 10^{-13} \text{ рад} / \text{с}$, а массу $m = 6 \cdot 10^{52} \text{ кг}$, то момент импульса в шаровой модели

$$L = \frac{2}{5} m r^2 \omega = 1,8 \cdot 10^{93} \text{ Дж} \cdot \text{с}.$$

В других источниках указываются не радианы в секунду, а радианы в год, как у Берча, но это мало что меняет. Добавление скрытой массы только усиливает расхождение. Расчеты различных авторов варьируются, давая значения то на 6, то на 35 порядков ниже. Из огромной разницы порядков понятно, что, например, спинирующая жидкость Вейсенхоффа-Раабе, моделирующая нейтрон-протонный бульон в ранней Вселенной, любое спинорное поле не могут индуцировать вращение Вселенной.

Эффект Фуллингга-Унру

Если бы ранняя Вселенная вращалась с такой высокой скоростью, то есть, с таким огромным ускорением, что было бы эквивалентно гравитации черной дыры, имел бы место эффект Унру, т.е. множественное рождение частиц. В таком случае вся история Вселенной была бы иной. (Избыток и дефицит мюонов на небесной сфере вряд ли может быть объяснен эффектом Унру, т.к. при угловой частоте $10^{-11} - 10^{-13}$ ускорение слишком мало.)

Температура наблюдаемого излучения Унру выражается той же формулой, что и температура излучения Хокинга, но зависит не от поверхностной гравитации, а от ускорения системы отсчета a :

$$T = \frac{\hbar a}{2\pi k c} \approx 4 \cdot 10^{-21} \cdot a$$

с соответствующими размерностями. Поскольку $a = \omega^2 r$, то

$$T = \frac{\hbar \omega^2 r}{2\pi k c}$$

Если подставить планковский радиус $r_{\text{планк}} = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} = 1,6 \cdot 10^{-35} \text{ м}$, то температура, вызываемая

эффектом Унру $T \approx 10^{30} \text{ К}$. Однако эпоха инфляции начинается в момент времени 10^{-42} сек.

В «предшествующий» момент времени Большого взрыва 10^{-43} сек температура была близка к планковской. Подставляя размер Вселенной в момент Большого взрыва $r = 10^{-5} \text{ м}$ и

планковскую $\omega = 10^{43} \text{ c}^{-1}$, получим $T \approx 10^{60} \text{ K}$, что явно не соответствует температуре планковской эпохи 10^{32} K . Если даже учесть «трение вакуума» [11], чтобы объяснить резкое уменьшение угловой скорости Вселенной после инфляции, это не избавит от того, что в любом случае эффект Унру при такой гигантской угловой скорости вызовет множественное рождение частиц, что изменило бы историю Вселенной.

Связь вращения с расширением

Чтобы говорить о вращении Вселенной, необходимо ввести аналог постоянной Хаббла. Бёрч отмечает, что расширение Вселенной и ее вращение должно иметь один и тот же источник, например, вакуум, который не вращается, но может вращать – как и расширять.

Не выбирая и не строя заранее какие-либо модели, твердотельной или модели Вселенной с жидкостью, поищем формы для аналога закона Хаббла. Естественной величиной для характеристики расширения является расстояние, для вращения – угол, но угол изменяется периодически. Поэтому нужно, чтобы каждый поворот на 2π не был тождественен предыдущему. Сконструируем размерную величину, аналогичную постоянной Хаббла: $\Omega = f(H)$, причем угол уже изменяется в пределах $(0, \infty)$, тогда замедление вращения $\dot{\varphi} = \Omega\varphi^{-1} = f(H)\varphi^{-1}$. Откуда $\varphi = 2\sqrt{\Omega t + c_1}$ и окончательно

$$\omega = \frac{2\Omega}{(\Omega t + c_1)^{1/2}}$$

Примем c_1 пренебрежимо малым. Если $\Omega \approx 1 \text{ c}^{-1}$, то за время жизни Вселенной 10^{17} c частота не могла бы уменьшиться до оценок современной угловой скорости 10^{-11} - 10^{-13} c^{-1} , а до 10^{-8} c^{-1} . Но если Ω порядка 10^{-3} , то можно говорить о каком-то соответствии нашей конструкции существующим оценкам современной угловой скорости. Чтобы частота соответствовала планковской, коэффициент должен быть $\Omega \approx 10^{51}$, то есть, он меняется аналогично постоянной Хаббла. Рассмотрим планковскую частоту

$$\omega_{\text{планк}} = \frac{1}{t_{\text{планк}}} = \sqrt{\frac{c^5}{\hbar G}} \approx 1,855 \cdot 10^{43}$$

В теории колебаний в подкоренном выражении в числителе обычно стоит жесткость материала, в знаменателе – момент инерции. При равномерном вращении частота обратно пропорциональна моменту инерции. Постоянные в подкоренном выражении мало напоминают жесткость и момент инерции. Неясно, почему величина, обратная планковскому времени, обязательно должна быть частотой вращения. Ведь не являются же величины, обратные среднему времени между столкновениями атомов газа (характерному времени установления равновесия в жидкогазовой системе), продолжительности ядерной реакции (периоду полураспада радиоактивного элемента), характерному времени развития

стохастической неустойчивости и т.д. скоростью вращения чего-либо. Следовательно, то, что планковская Вселенная вращалась с означенной скоростью – лишь гипотеза. Потому нет никаких препятствий для предположения, что в данной формуле чего-то не хватает.

Подставим в формулу оценки Ω и постоянную Хаббла H , получим:

$$\omega_{\text{планк}} = \frac{H}{\Omega} \sqrt{\frac{c^5}{\hbar G}} \approx 10^{29}$$

Такая частота частично снижает эффект Унру. Дальнейшая подгонка Ω и c_1 , как видно из формулы для угловой частоты, может привести результат к желаемым переоценкам как планковской угловой скорости, так и температуры Унру. Но даже если температурный эффект Унру сделать пренебрежимо малым, остается феномен рождения частиц при гигантской угловой скорости. Если же конструкция имеет право на существование, как и не классическое вращение, эффект должен проявляться аналогично явлению красного смещения, например, в криволинейности луча света.

Соответствующая метрика в сферических координатах имеет вид:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - dr^2 - r^2 d\vartheta^2 - f^2 r^2 \sin^2 \vartheta d\varphi^2$$

Фактор f^2 подобен множителю при $d\varphi^2$ в метрике Керра.

Поскольку физический угол $\tilde{\varphi} = f\varphi$, где f - масштабный фактор, то, по аналогии с законом Хаббла $d\omega = d\tilde{\varphi} / dt = \dot{f}d\varphi = f\dot{f}d\varphi / f = \Omega d\varphi / f$. Интегрируя по геодезической, мы должны получить (1), следовательно, $f \propto \varphi^2$. Здесь полагается, что $d\varphi$ не меняется, соответственно, интегрирование – фактически суммирование одинаковых $d\varphi$, и пространственная часть метрического тензора имеет вид:

$$g_{ab} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -r^2 & 0 \\ 0 & 0 & -\varphi^4 r^2 \sin^2 \vartheta \end{pmatrix}$$

Данный метрический тензор нереалистичен, при гигантском множестве оборотов ранней Вселенной он включал бы в себя гигантскую компоненту. Следовательно, аналогия между поступательным и вращательным движением в модели вращающейся Вселенной не корректна.

Заключение

Рассмотренные доводы указывают, что гипотеза вращающейся Вселенной не реалистична.

Литература

1. Land K., Magueijo J. Examination of Evidence for a Preferred Axis in the Cosmic Radiation Anisotropy // Physical Review Letters. 2005. V. 95. P. 071301-071304. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.95.071301>.

2. Liddle A. R., Cortes M. Cosmic Microwave Background Anomalies in an Open Universe // Physical Review Letters. 2013. V. 111. P. 111302. DOI: 10.1103/PhysRevLett.111.111302.
3. Кречет В. Г. Современные космологические данные и вращение Вселенной // Известия вузов. Физика. 2005. Т. 48, № 3. С. 3–6.
4. Панов В. Ф. Кувшинова Е. В. Космологическая модель типа II по Бьянки с темной энергией // Известия вузов. Физика. 2014. Т. 57. №3. С. 122.124.
5. Верховданов О. В. Космологические результаты космической миссии «Планк», Сравнение с результатами WMAP и VICER2 // УФН. 2016. Т. 186. №1. С. 3-46.
6. Longo M. J. Detection of a dipole in the handedness of spiral galaxies with redshifts $z \leq 0.04$ // Phys. Lett. B. 2011. V. 699. Is. 4. P. 224-229. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physlet.2011.04.008>.
7. Wang P., Libeskind N. I., Tempel E., Kang X., Guo Q. Possible observational evidence for cosmic filament spin // Nature Astronomy. 2021. V. 5. P. 839–845.
DOI <https://doi.org/10.1038/s41550-021-01380-6>
8. Панов В. Ф., Павелкин В. Н., Кувшинова Е. В., Сандакова О. В. Космология с вращением. Пермь. 2016. 224 с.
9. Чечин Л. И. Вращение Вселенной в различные космологические эпохи //Астрономический журнал. 2016. Т. 93. №6. С. 515.
10. Короткий В. А. Первоначальный нуклеосинтез в теории «горячей вселенной» с вращением // Ярославский педагогический вестник. 2011. Т. III. №4. С. 81-84.
11. Ahn J., Xu Z., Bang J. et. al. Optically Levitated Nanodumbbell Torsion Balance and GHz Nanomechanical Rotor // Phys. Rev. Lett. 2018. №121. P. 033603. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.033603>