

# Современные проблемы физики

Проф. Горькавый Николай Николаевич

## ***Вводная лекция***

Тема 2. **Новости космологии: антигравитация и агония темной энергии – и, может быть, темной материи**

### **Литература**

1. Gorkavyi, N. & Vasilkov, A. A repulsive force in the Einstein theory. *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* **461**, 2929-2933 (2016)

1. Vasilkov, A. & Gorkavyi, N. **A possible cause of the Big Bang and current acceleration of the Universe.** Oxford University Press's Blog, August 8<sup>th</sup> 2016  
<https://blog.oup.com/2016/08/possible-cause-big-bang-einstein/>

# A repulsive force in the Einstein theory

Nick Gorkavyi<sup>★</sup> and Alexander Vasilkov

*Science Systems and Applications, Inc., 10210 Greenbelt Rd., Lanham, MD 20706, USA*

Accepted 2016 June 20. Received 2016 June 20; in original form 2016 April 28

## ABSTRACT

The Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO) detection of gravitational waves that take away 5 per cent of the total mass of two merging black holes points out on the importance of considering varying gravitational mass of a system in the framework of the Einstein general theory of relativity. We calculate the acceleration of a particle in the non-stationary field of a quasi-spherical system composed of a large number of objects emitting gravitational waves. It is shown that reduction of the gravitational mass of the system due to emitting gravitational waves leads to a repulsive gravitational force that diminishes with time but never disappears. This repulsive force may be related to the observed expansion of the Universe.

**Key words:** gravitation – gravitational waves – cosmology: miscellaneous.

## 1 INTRODUCTION

Recently the Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO) Scientific Collaboration announced a detection of gravitational waves caused by the merger of two black holes with masses of about 36 and 29 times the mass of the Sun (Abbot et al. 2016). About three times the mass of the Sun, i.e. about 5 per cent of the initial total mass of the black holes, was converted into gravitational waves. The LIGO detection of the gravitational waves confirms a main prediction of Einstein's general theory of relativity. The merger of black holes is currently rare, however, the collisions and merger of black holes will be a common event at the final stage of collapsing Universe (Sikkema & Israel 1991; Banks & Fischler 2002). Let us estimate a fraction of black hole masses that converts into gravitational waves using a model of collapsing Universe called the 'big crunch'. Currently the Universe composed of approximately  $10^{22}$  or  $2^{73}$  stars. Assuming that all stars are converted into black holes, we can consider 73 binary mergers of the black holes in the 'big crunch' with 5 per cent mass of every collision of the black holes transformed to gravitational waves. A final black hole will have a mass of  $0.95^{73} \sim 0.02$  of the initial mass of the universe. The remaining mass of the universe (98 per cent) will be converted into gravitational waves.

### 3 METRIC OF AN OBJECT WITH VARYING MASS

Let us consider a quasi-spherical system composed of a large number of objects emitting gravitational waves such as merging black holes discovered by the LIGO. At large distances from the system the gravitational field can be treated as a weak one. For such a weak gravitational field we have

$$g_{\mu\nu} = \eta_{\mu\nu} + h_{\mu\nu}, \quad (15)$$

where  $\eta_{\mu\nu}$  is the Minkovsky tensor and the inequality  $\eta_{\mu\nu} \gg h_{\mu\nu}$  is valid for all components.

Beginning with Einstein (1918), it has been shown that the Einstein equations (in the unit system where the light velocity is not equal to unity),

$$R_{\mu\nu} = -\frac{8\pi G}{c^4} \left( T_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} T_{\lambda}^{\lambda} \right), \quad (16)$$

transform to an analogy of the wave equation for weak gravitational fields. Following Weinberg (1972) and Landau & Lifshitz (1975) we can write this equation as follows:

$$\square^2 h_{\mu\nu} = -\frac{16\pi G}{c^4} S_{\mu\nu}, \quad (17)$$

where

$$S_{\mu\nu} \equiv T_{\mu\nu} - \frac{1}{2} \eta_{\mu\nu} T_{\lambda}^{\lambda}. \quad (18)$$

A solution of equation (17) is the following expression with the retarded potentials (Weinberg 1972; Landau & Lifshitz 1975):

$$h_{\mu\nu}(r, t) = \frac{4G}{c^4} \int \frac{S_{\mu\nu}(t - r/c)}{r} dV. \quad (19)$$

Assuming sufficiently low velocities of objects in the quasi-spherical system we can get for the zero component (Weinberg 1972):

$$S_{00}(t - r/c) = \frac{1}{2} T_{00}(t - r/c) \approx \frac{1}{2} c^2 \rho(t - r/c). \quad (20)$$

If we assume that the mass of the system is concentrated at small radii, we can write

$$M(t - r/c) = \int \rho(t - r/c) dV. \quad (21)$$

We showed that the Einstein equations have an exact solution with a variable mass of the system in the approximation of weak gravitational fields. The solution does not violate the covariant analogy of the mass conservation law and the equality of the covariant derivative of the energy-impulse tensor (describing a source of the gravitational field) to zero:

$$T^{\mu\nu}{}_{;\mu} \equiv \frac{\partial T^{\mu\nu}}{\partial x^{\mu}} + \Gamma_{\mu\lambda}^{\mu} T^{\lambda\nu} + \Gamma_{\mu\lambda}^{\nu} T^{\mu\lambda} = 0. \quad (22)$$

Because of non-zero Christoffel symbols equation (22) allows variability of the gravitational mass of the system. Equation (22) can be used to derive an expression for decreasing energy of a rotating bar caused by radiating gravitational waves (Eddington 1975). The LIGO Collaboration used the Einstein equations to calculate gravitational waves (Abbot et al. 2016). This proves that decreasing gravitational mass of the merging black holes does not contradict the Einstein equations. It is obvious that the Einstein equations can be also applied to a system of multiple merging black holes, which is the case under consideration in our paper. Therefore, the decreasing gravitational mass agrees with both the Einstein equations and the conservation law equation (22) in the case when the decreasing gravitational mass is related to perturbations of the space similar to gravitational waves.

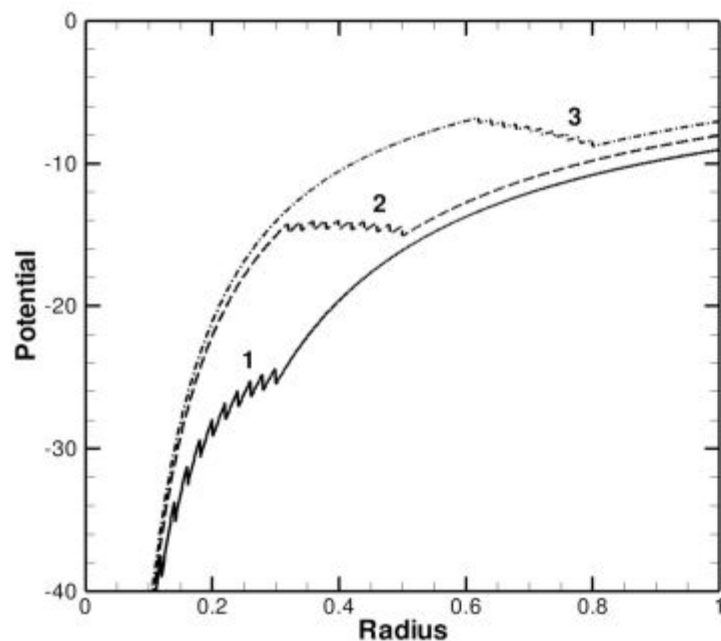
Using equations (19)–(21) we get for the zero component,  $h_{00}$ , the following expression:

$$h_{00} = \frac{2GM(t - r/c)}{rc^2}. \quad (23)$$

A similar solution was found by Kutschera (2003) for the perturbation of the Schwarzschild metric due to changing gravitational mass of relativistic fireballs. Putting equation (23) into equation (15) we get an expression for the zero component of the metric tensor:

$$g_{00} = - \left[ 1 - \frac{2GM(t - r/c)}{rc^2} \right]. \quad (24)$$

Equation (24) formally resembles the corresponding zero component of the Schwarzschild metric of equation (12). However, the metric of equation (24) is essentially different from the Schwarzschild metric because it describes the varying gravitational mass.



**Figure 1.** Gravitational potential (in  $10^{-21} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-2}$ ) as a function of the radius (in billion light-years) for different times. The curves 1, 2, 3 correspond to times from the start of changing mass of the system:  $t = 0.3, 0.5, 0.8$  billion years. For better visualization, the curve 2 shifted on 1 unit versus the curve 3; the curve 1 shifted on 2 units versus the curve 3.

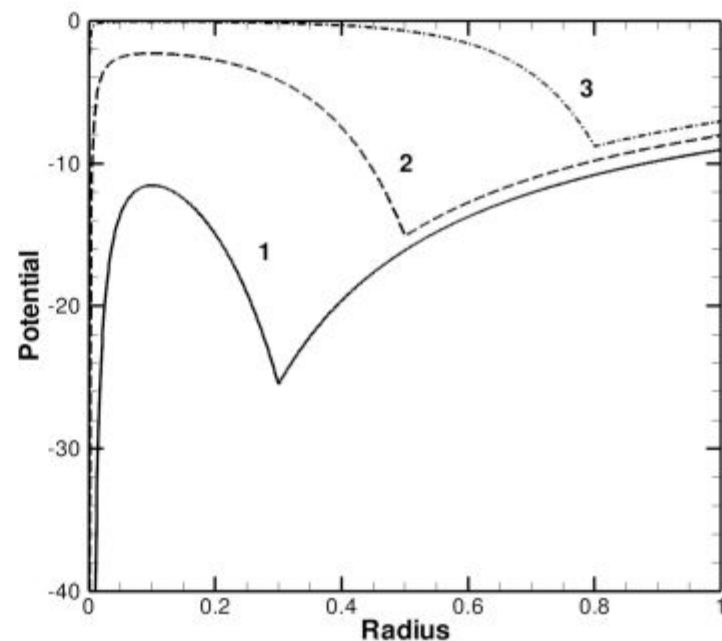
Assuming weak gravitational fields and low velocities and using equation (11) we get the following expression for the gravitational acceleration:

$$a \approx \frac{c^2}{2} \frac{\partial g_{00}}{\partial r} = \frac{\partial}{\partial r} \frac{GM(t - r/c)}{r} \quad (25)$$

or

$$a \approx -\frac{GM(t - r/c)}{r^2} + \frac{G}{r} \frac{\partial M(t - r/c)}{\partial r}. \quad (26)$$

The second term in equation (26) originates from the variability of the gravitational mass and the fact of a finite velocity of the mass perturbation spreading.



**Figure 2.** Similar to Fig. 1 but for the exponential decrease of the mass with  $\alpha = 10$ .

gravitational potential in Fig. 1 show the direction of acceleration. It can be seen in Fig. 1 that a wave of changing potential transforms into a wave of the repulsive force in a some period of time.

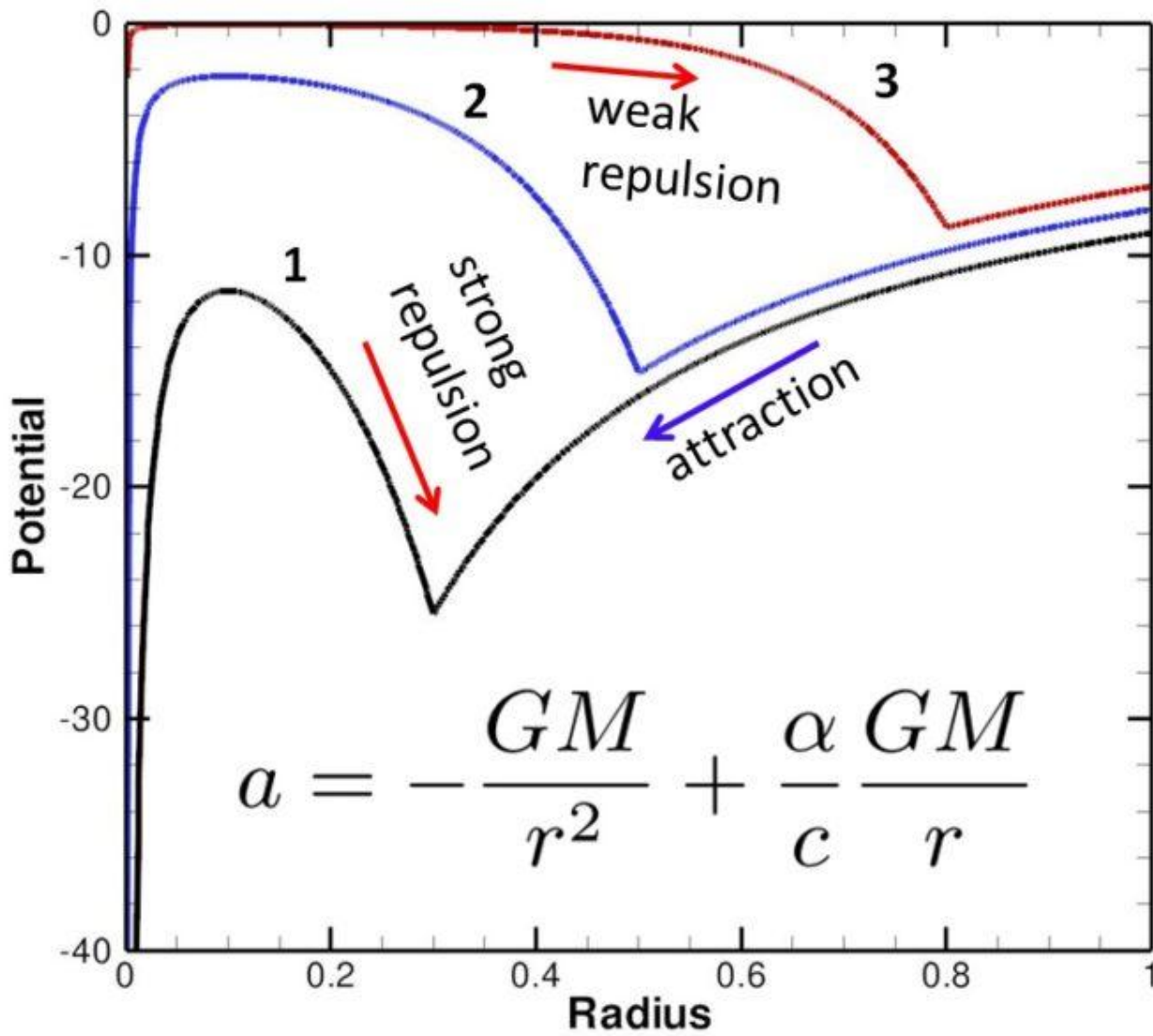
Let us describe the diminishing mass of the model Universe by an exponential function,  $\exp(-\alpha t)$ , where  $\alpha$  characterizes the speed of the mass reduction. If the change of the central gravitational mass follows the expression

$$M = M_0 \exp[-\alpha(t - r/c)], \quad (29)$$

then equation (26) can be written in the form

$$a = -\frac{GM}{r^2} + \frac{\alpha}{c} \frac{GM}{r}. \quad (30)$$

If  $\alpha > 0$  the second term of equation (30) is positive and describes the repulsive force. The faster decrease of the mass, i.e. the larger  $\alpha$ , corresponds to the stronger repulsive force.





18.07.2016 13:54

Рубрика: Общество

Проект: Наука



## Астрофизик из Челябинска доказал наличие антигравитации

Текст: Екатерина Призова

Выпускник Челябинского госуниверситета, а ныне сотрудник NASA Николай Горькавый нашел антигравитацию в теории Эйнштейна. Свои выкладки в соавторстве с физиком Александром Васильковым он изложил в статье, опубликованной 13 июля в журнале *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*.



Фото: depositphotos.com

Читайте также



Большой взрыв - общепринятая космологическая модель - доказывает, что в начале расширения Вселенной около 14 миллиардов лет назад действовала мощная отталкивающая сила. Современные наблюдения сверхновых показали, что Вселенная и по сей день расширяется с ускорением, что означает наличие отталкивающей силы даже в настоящее

"Расчеты показывают, что отталкивающая сила уменьшается со временем, но сохраняется на миллиарды лет, что может объяснить современное ускоренное расширение Вселенной. Это означает, что ускоренное расширение Вселенной связано не с современным состоянием, а с реликтовыми гравитационными полями, возникшими в процессе Большого Сжатия. Таким образом, Большой Взрыв и современное расширение могут быть объяснены в рамках классической теории Эйнштейна", - резюмирует астрофизик.

## Комментарий читателя «Российской Газеты»

Как жаль, что физика превратилась в способ наживы и карьеризма...

"Учёные мужики" дурят всем голову своими ничем не подтверждёнными идеями, которые в ближайшем будущем ни доказать, ни опровергнуть

невозможно... Выдумывают Все: Кто во что горазд...Самое главное- учёные звания и финансирование (кормушка) Хотя никто из этих "учёных" от науки понятия не имеет, что такое ГРАВИТАЦИЯ...

А жаль, так как причину и свойство гравитации объяснили ещё в 80х годах прошлого века!



## «Вы хороните темную энергию?» — «Полагаю, что да»

Российский ученый из США хоронит темную энергию

Антон Бирюков, Павел Котляр 01.08.2016, 08:27



Работающий в США российский физик объяснил ускоренный разлет Вселенной без привлечения загадочной темной энергии. Рано ли хоронить темную энергию, разобрался отдел науки «Газеты.Ru».



[https://www.gazeta.ru/science/2016/08/01\\_a\\_9717293.shtml](https://www.gazeta.ru/science/2016/08/01_a_9717293.shtml)

Некоторое время назад внимание научной среды привлекала статья российского физика Николая Горькавого, в которой он подверг сомнению наличие во Вселенной так называемой темной энергии. Темная энергия — не найденная до сих пор субстанция, которая, как считается, отвечает за ускоренное разбегание Вселенной. В современной астрофизике концепция темной энергии является основной для объяснения ускоренного разлета Вселенной, многие астрофизики пытаются найти ее следы, под подобные проекты выделяются немалые деньги. Николай Горькавый, выпускник Челябинского государственного

— **Николай Николаевич, можно ли считать, что своим предположением вы хороните темную энергию? И каковы аргументы критиков вашей идеи?**

— Полагаю, что да. В нашей работе показано, что когда Вселенная коллапсирует в компактный объем и перекачивает свою массу в гравитационное излучение, то возникает мощная отталкивающая, или антигравитирующая, сила с совершенно прозрачной физикой, которую может понять и школьник. Антигравитация ослабляется со временем, но остается таковой хоть через десять миллиардов лет, а это именно то, чего не хватало, чтобы объяснить ускоренное расширение Вселенной.

Это строгий результат общей теории относительности, который требует не вводить фантастические антигравитирующие субстанции, а строить космологические модели с учетом найденной эйнштейновской отталкивающей силы. Интересно, что причины возникшего искривления пространства, которое обуславливает наблюдаемое ускорение Вселенной, полностью отсутствуют в настоящее время. Представьте, что где-нибудь возле Австралии на пологой волне цунами скользят серферы. Вокруг нет ни урагана, ни шторма, а причиной волны является землетрясение, которое произошло давно и далеко где-нибудь возле Аляски. Так и нынешнее космологическое ускорение задано гравитационным полем, или, точнее, пространственно-временным искривлением, которое возникло при коллапсе Вселенной предыдущего цикла.

О критике. При обсуждении статьи высказывалась мысль, что наше решение нарушает теорему Биркгофа, которая запрещает существование нестационарного сферически-симметричного гравитационного поля. Но мы указали со ссылкой на известные работы, что в рассматриваемом случае присутствуют излучатели гравитационных волн, что сразу нарушает строгую сферическую симметрию и делает теорему Биркгофа неприменимой к нашему случаю. Честно говоря, не надеюсь на серьезную критику: против точного решения уравнений Эйнштейна возражать трудно, гораздо проще сделать вид

*Павел Иванов — ведущий научный сотрудник астрокосмического центра Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, доктор физико-математических наук:*

— Павел Борисович, авторы этой работы претендуют на возможность решения проблемы темной энергии. Вы как специалист согласны, что полученный результат действительно можно так воспринимать?

— Я категорически с этим не согласен и считаю, что результат получен, во-первых, вследствие некорректного расчета и, во-вторых, с моей точки зрения, **из гравитационных волн сделать что-то, что может являться кандидатом в темную энергию, в принципе невозможно**. На это есть теорема: грубо говоря, чтобы некая субстанция вызывала расширение Вселенной с ускорением (что наблюдается сейчас), у нее должны быть необычные свойства. Во-первых, давление этой субстанции, которое имеет ту же размерность, что и плотность энергии, должно быть отрицательным и, взятое с отрицательным знаком, должно превышать плотность энергии, поделенную на три. Тогда нарушается так называемое сильное энергетическое условие. Различные скалярные поля, которые используются в космологии, этим условием обладают, а гравитационные волны, по крайней мере классические, — нет. И что бы Горькавый ни вычислял, с моей точки зрения, эту теорему он нарушить не может.

Вторая часть критики основана на том, что **расчет, проведенный автором, является некорректным. В нем не учтены члены того же порядка малости**, как и член уравнения, который он интерпретировал как дающий эту антигравитацию. Это выражение неправильно, так как при его выводе не был учтен вклад самих гравитационных волн, которые излучает рассматриваемый им источник.

Есть строгая теорема: если мы рассматриваем пустое без материальных тел и гравитационное пространство-время, которое обладает сферической симметрией, то ничто, кроме известного решения Шварцшильда, быть не может. Это и есть теорема

Не принята в  
MNRAS

# No repulsive force in General Relativity

M. A. Abramowicz<sup>1,2\*</sup> and J.-P. Lasota<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Nicolaus Copernicus Astronomical Center, Polish Academy of Sciences, Bartycka 18, 00-716 Warszawa, Poland

<sup>2</sup> Göteborg University, Physics Department, SE-412-96 Göteborg, Sweden

<sup>3</sup> Institut d'Astrophysique de Paris, CNRS et Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, UMR 7095, 98bis Bd Arago, 75014 Paris, France

Accepted —. Received —; in original form —

## ABSTRACT

We show that a recent assertion that gravitational wave emission can lead to a repulsive force explaining the accelerated expansion of the Universe is totally unfounded.

**Key words:** gravitation — gravitational waves — cosmology: miscellaneous.

## 1 INTRODUCTION

In a recent paper Gorkavyi & Vasilkov (2016) asserted that “reduction of the gravitational mass of the system due to emitting gravitational waves leads to a repulsive gravitational force” and that in the cosmological context this implies that “mergers of inhomogeneities like black holes, resulting in emission of gravitational waves, can generate a repulsive gravitational force (...). These mergers act as effective dark energy, if the total mass of the universe is decreased”. They conclude that “This may imply that big bang and accelerated expansion of the Universe is not related to current processes in the Universe but to a relict repulsive gravitational force or to a configuration of space-time that originates in the previous cycle of the Universe when at the last stage of a collapse the intensive generation of gravitational waves resulted in a sharp decrease of the gravitational

terms that are meaningless in Einstein’s theory, such as “the (cosmological) gravitational force” or “the total mass of the Universe”, are used.

Gorkavyi & Vasilkov (201d) consider gravitational waves as the only agent that decreases the mass of radiating

## Velocity, acceleration and gravity in Einstein’s relativity

Получена формула,

Marek A. Abramowicz

противоречащая

Physics Department, Göteborg University, Sweden & N.Copernicus Astronomical Centre PAN, Warsaw, Poland, marek.abramowicz@physics.gu.se

учебникам

**Abstract:** Einstein’s relativity theory demands that all meaningful physical objects should be defined covariantly, i.e. in a coordinate independent way. Concepts of relative velocity, acceleration, gravity acceleration and gravity potential are fundamental in Newton’s theory and they are imprinted in everyone’s physical intuition. Unfortunately, relativistic definitions of them are not commonly known or appreciated. Every now and then some confused authors use wrong, non-covariant, definitions of velocity, acceleration and gravity, based on their vague Newtonian intuitions and hidden in a superficial, often purely semantic, relativistic disguise. A recent example of such a confusion (Gorkavyi & Vasilkov, 2016) is discussed at the end of this Note.

arXiv:1608.02882v1 [gr-qc] 8 Aug 2016

[c] 25 Aug 2016

+ истерика в  
Arxive



## A possible cause of the Big Bang and current acceleration of the Universe

BY ALEXANDER VASILKOV AND NICK GORKAVYI

AUGUST 8<sup>th</sup> 2016

The Big Bang theory predicts that there was a powerful repulsive force at the beginning of the expanding of the Universe. A common hypothesis of the cause of the Big Bang is a short-term repulsive field, the so-called "inflaton". Observations of supernovas have shown that the Universe is still expanding with acceleration. There are some models that explain the current acceleration of the Universe using a concept of the so-called "dark energy", a substance that has a negative pressure thus causing a repulsive effect.

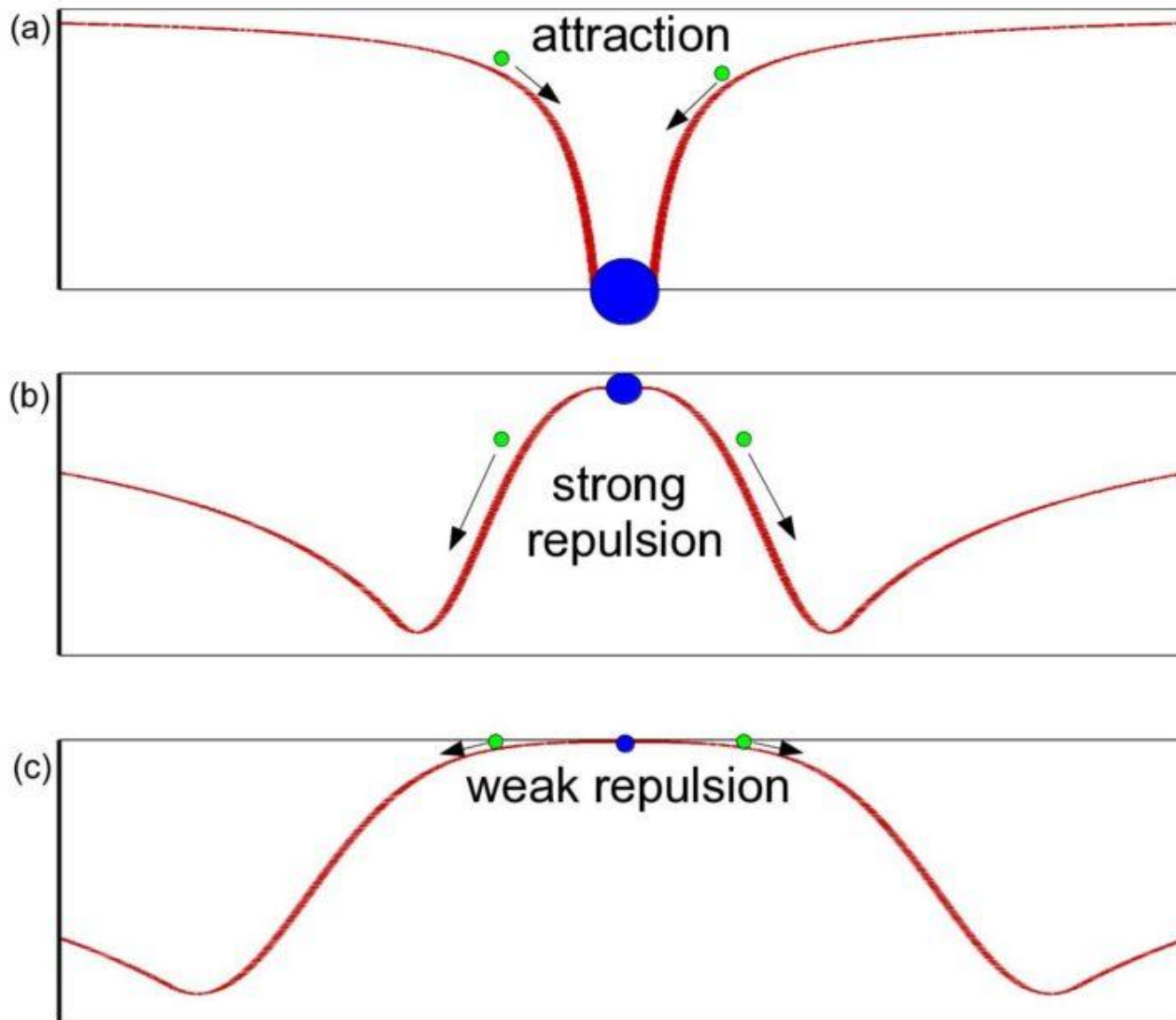
Recently, the LIGO experiment detected [gravitational waves](#) caused by the merger of two black holes with masses of about 36 and 29 times the mass of the sun. About three times the mass of the sun, i.e. about 5% of the initial total mass of the black holes, was converted into gravitational waves. If we assume that the Big Bang was preceded by a collapsing Universe, the "Big Crunch", with multiple mergers of black holes, it is possible to show that a significant fraction of the initial mass of the Universe was converted into gravitational waves. A question then arises: what is happening to the gravitational field of this collapsing Universe?

[We consider a solution of the Einstein equations](#) for a system comprised of merging black holes and show that the solution contains a term which represents a repulsive force. This repulsive term is proportional to  $1/r$ , where  $r$  is the distance from the system, and it is additional to the common Newtonian term which is proportional to  $1/r^2$ . This repulsive force acts as an effective dark energy if the total mass of the Universe is decreased.



### Monthly Notices of the Royal Astronomical Society

*Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* is one of the world's leading primary research journals in astronomy and astrophysics, as well as one of the longest established. It publishes the results of original research in positional and dynamical astronomy, astrophysics, radio astronomy, cosmology, space research and the design of astronomical instruments.



Возможная модель эволюции  
Вселенной

# Драфт статьи от 5 февраля

2017

## Вычисление космологической функции для уравнения Фридмана

*Мы показываем, что учет в метрике Фридмана-Леметра-Робертсона-Уолкера слабого возмущения, связанного с изменениями гравитационной массы, приводит к возникновению в уравнениях Фридмана аналога космологической постоянной, которая становится космологической функцией. Теоретическое значение для космологического ускорения соответствует наблюдательным данным. Условие изотропности и однородности Вселенной выполняется локально. Вычисление космологической функции для уравнения Фридмана может стать шагом вперед в решении проблемы темной энергии.*

### 1. Введение

В 1998 году по наблюдению сверхновых было обнаружено ускоренное расширение Вселенной [1,2]. Это явление может быть описано уравнением Эйнштейна с феноменологической космологической постоянной  $\Lambda$ , характеризующей отталкивающую силу [3]:

$$G_{\mu\nu} - g_{\mu\nu}\Lambda = -\frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu} \quad (1)$$

Данные «Планка» приводят к следующей оценке для космологической постоянной [4]:

$$\Lambda \approx 1.1 * 10^{-56} \text{ см}^{-2} \quad (2)$$

В настоящее время космологическая модель с  $\Lambda$  широко используется для описания всех основных наблюдаемых космологических феноменов: СМВ, спектра барионных осцилляций и химического состава ранней Вселенной [4-7]. Физическая природа космологической постоянной до сих пор остается загадкой. Предполагается, что отталкивающая сила вызвана вакуумной темной энергией  $\rho_{vac}$ , через которую можно переопределить  $\Lambda$  (см., например, [8]):  $\Lambda \equiv 8\pi G\rho_{vac}$ . Но попытки вычислить  $\rho_{vac}$  из квантовой теории приводят к теоретическим оценкам, превосходящим наблюдательные данные на 40-120 порядков [8,9].

В результате, с учётом переменности  $M(t, r)$ , (8) превратится в метрику следующего вида:

$$d\tau^2 = [1 - b(t, r)]dt^2 - \frac{a^2(t)}{c^2}[1 + b(t, r)](dx_*^2 + dy_*^2 + dz_*^2) \quad (10)$$

Такая метрика была получена впервые в [16] (см. также уравнение (4.9) у [Додельсона](#) [17]). Возмущения метрики в расширяющейся Вселенной детально рассматриваются в [18]. Метрику (10) можно рассматривать как комбинацию двух метрик – Шварцшильда и FLRW, но фактически, это модифицированная метрика FLRW, в которую введена скалярная возмущающая функция. В приближении слабого поля  $b(t, r) \ll 1$ . Кроме того, мы будем пренебрегать любой нелинейной комбинацией этой функции. Отметим, что в метрике Шварцшильда, в отличие от метрики FLRW, время течет неоднородно, но мы пренебрегаем этой неоднородностью времени, так как она связана с функцией  $1 - b(t, r)$ , которую мы рассматриваем как единицу везде, кроме производных.

Возьмем уравнение Эйнштейна (1) без космологической постоянной. Получим уравнение Фридмана с учётом функции  $b(t, r)$ . Функция  $b(t, r)$  приводит к появлению в нулевой компоненте уравнения Эйнштейна скалярного выражения, состоящего из вторых производных, которое фактически является космологической постоянной, которую сейчас правильнее называть космологической функцией  $\Lambda(t, r)$  (см. Приложение):

$$\begin{aligned} R_{00} - \frac{1}{2}g_{00}R = & -\left(\frac{1}{2g_{11}}\frac{\partial g_{11}}{\partial t}\right)\left(\frac{1}{2g_{22}}\frac{\partial g_{22}}{\partial t}\right) - \left(\frac{1}{2g_{11}}\frac{\partial g_{11}}{\partial t}\right)\left(\frac{1}{2g_{33}}\frac{\partial g_{33}}{\partial t}\right) - \left(\frac{1}{2g_{11}}\frac{\partial g_{11}}{\partial t}\right)\left(\frac{1}{2g_{33}}\frac{\partial g_{33}}{\partial t}\right) + \\ & + \frac{1}{2g_{11}g_{22}}\frac{\partial^2 g_{22}}{\partial x^2} + \frac{1}{2g_{11}g_{33}}\frac{\partial^2 g_{33}}{\partial x^2} + \frac{1}{2g_{11}g_{22}}\frac{\partial^2 g_{11}}{\partial y^2} + \frac{1}{2g_{22}g_{33}}\frac{\partial^2 g_{33}}{\partial y^2} + \frac{1}{2g_{11}g_{33}}\frac{\partial^2 g_{11}}{\partial z^2} + \frac{1}{2g_{22}g_{33}}\frac{\partial^2 g_{22}}{\partial z^2} \end{aligned} \quad (11)$$

Из (11) для метрики (10) запишем космологическую функцию:

$$\Lambda(t, r) = \frac{1}{a^2} \left( \frac{\partial^2 b}{\partial x_*^2} + \frac{\partial^2 b}{\partial y_*^2} + \frac{\partial^2 b}{\partial z_*^2} \right) \equiv \frac{\partial^2 b}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 b}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 b}{\partial z^2} \quad (12)$$



## 2. Получение уравнений Фридмана для возмущенной метрики FLRW

Рассмотрим уравнения Эйнштейна (A1) без космологической постоянной. Получим уравнения Фридмана для возмущенной метрики FLRW (10), где функция  $b(t, r)$  мала по сравнению с единицей. Кроме ненулевых символов Кристоффеля (A8), для метрики (10) будут ненулевыми следующие кристоффели:

$$\begin{aligned}
 \Gamma^0_{00} &= \frac{1}{2g_{00}} \frac{\partial g_{00}}{\partial t} \\
 \Gamma^1_{00} &= -\frac{1}{2g_{11}} \frac{\partial g_{00}}{\partial x}, \quad \Gamma^2_{00} = -\frac{1}{2g_{22}} \frac{\partial g_{00}}{\partial y}, \quad \Gamma^3_{00} = -\frac{1}{2g_{33}} \frac{\partial g_{00}}{\partial z} \\
 \Gamma^0_{10} &= \frac{1}{2g_{00}} \frac{\partial g_{00}}{\partial x}, \quad \Gamma^2_{12} = \frac{1}{2g_{22}} \frac{\partial g_{22}}{\partial x}, \quad \Gamma^3_{13} = \frac{1}{2g_{33}} \frac{\partial g_{22}}{\partial x} \\
 \Gamma^2_{11} &= -\frac{1}{2g_{22}} \frac{\partial g_{11}}{\partial y}, \quad \Gamma^3_{11} = -\frac{1}{2g_{33}} \frac{\partial g_{11}}{\partial z} \\
 \Gamma^0_{20} &= \frac{1}{2g_{00}} \frac{\partial g_{00}}{\partial y}, \quad \Gamma^1_{21} = \frac{1}{2g_{11}} \frac{\partial g_{11}}{\partial y}, \quad \Gamma^3_{23} = \frac{1}{2g_{33}} \frac{\partial g_{22}}{\partial y} \\
 \Gamma^1_{22} &= -\frac{1}{2g_{11}} \frac{\partial g_{22}}{\partial x}, \quad \Gamma^3_{22} = -\frac{1}{2g_{33}} \frac{\partial g_{22}}{\partial z} \\
 \Gamma^0_{30} &= \frac{1}{2g_{00}} \frac{\partial g_{00}}{\partial z}, \quad \Gamma^1_{31} = \frac{1}{2g_{11}} \frac{\partial g_{11}}{\partial z}, \quad \Gamma^2_{32} = \frac{1}{2g_{22}} \frac{\partial g_{22}}{\partial z} \\
 \Gamma^1_{33} &= -\frac{1}{2g_{11}} \frac{\partial g_{33}}{\partial x}, \quad \Gamma^2_{33} = -\frac{1}{2g_{22}} \frac{\partial g_{33}}{\partial y}
 \end{aligned} \tag{A21}$$

Запишем из (A2) компоненты тензора Риччи:

$$R_{00} = \Gamma^1_{01,0} + \Gamma^2_{02,0} + \Gamma^3_{03,0} - \Gamma^1_{00,1} - \Gamma^2_{00,2} - \Gamma^3_{00,3} + (\Gamma^1_{01})^2 + (\Gamma^2_{02})^2 + (\Gamma^3_{03})^2 - \Gamma^0_{00}(\Gamma^1_{01} + \Gamma^2_{02} + \Gamma^3_{03}) \tag{A22}$$

$$R_{11} = \Gamma^0_{10,1} + \Gamma^2_{12,1} + \Gamma^3_{13,1} - \Gamma^0_{11,0} - \Gamma^2_{11,2} - \Gamma^3_{11,3} - \Gamma^0_{11}(\Gamma^0_{00} - \Gamma^1_{01} + \Gamma^2_{02} + \Gamma^3_{03}) \tag{A23}$$

$$R_{22} = \Gamma^0_{20,2} + \Gamma^1_{21,2} + \Gamma^3_{23,2} - \Gamma^0_{22,0} - \Gamma^1_{22,1} - \Gamma^3_{22,3} - \Gamma^0_{22}(\Gamma^0_{00} + \Gamma^1_{01} - \Gamma^2_{02} + \Gamma^3_{03}) \tag{A24}$$

$$R_{33} = \Gamma^0_{30,3} + \Gamma^1_{31,3} + \Gamma^2_{32,3} - \Gamma^0_{33,0} - \Gamma^1_{33,1} - \Gamma^2_{33,2} - \Gamma^0_{33}(\Gamma^0_{00} + \Gamma^1_{01} + \Gamma^2_{02} - \Gamma^3_{03}) \tag{A25}$$

В выражениях (A22)-(A25) из произведений символов Кристоффелей мы оставляем только те, которые содержат хотя бы один ненулевой кристоффель из (A8). Следовательно, всеми произведениями, в

где текущий шварцшильдовский радиус  $r_0 = \frac{2GM}{c^2}$ . В случае сильного изменения гравитационной массы  $\alpha \gg \frac{c}{r}$  в уравнении (15) членами с  $\rho$  и  $\dot{b}$  можно пренебречь, что приводит к обычному виду уравнения Фридмана в случае доминирования космологической функции  $\Lambda(t, r)$ :

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{\Lambda(t,r)c^2}{3} = \alpha^2 \frac{2GM}{3rc^2} \quad (17)$$

Логично привязать параметр  $\alpha$  к  $T$  – времени жизни Вселенной после Большого Взрыва:  $\alpha = \frac{f}{T}$ . Безразмерный коэффициент  $f = 1$  означает, что масса Вселенной за время её жизни изменилась в 2.7 раз. Из (16) запишем:

$$\Lambda(t, r) = \frac{f^2}{c^2 T^2} \frac{r_0}{r} \approx 0.69 * 10^{-56} f^2 \frac{r_0}{r} \text{ см}^{-2} \quad (18)$$

где  $T \approx 4 * 10^{17}$  сек.

Оценим в 5% убыль гравитационной массы при слиянии пары черных дыр и излучении гравитационных волн [11]. Пусть Вселенная состоит из  $10^{22} \approx 2^{73}$  звезд. Если предположить, что каждая звезда превращается в чёрную дыру, то Вселенная из  $2^{73}$  чёрных дыр уменьшит при коллапсе свою гравитирующую массу в  $0.95^{-73} \approx 42$  раза [10]. Мы будем использовать величины как минимальную оценку, потому что, коллапс Вселенной должен увеличивать скорость сталкивающихся черных дыр, увеличивая и долю, которая расходуется на гравитационное излучение.

Если Вселенная циклична, то существует и обратный механизм, который многократно увеличивает гравитационную массу Вселенной за космологическое время, прошедшее после Большого Взрыва. Таким механизмом может выступать поглощение черными дырами гравитационного фонового излучения. Отметим, что увеличение массы Вселенной в космологических моделях не ново: в теории инфляции масса Вселенной увеличивается в  $10^{53}$  раз за  $10^{-33}$  секунды.

Предположим, что  $r \sim 10r_0$ , то есть мы находимся в 10 раз дальше от радиуса Шварцшильда, вычисленного для текущей массы Вселенной. Если за время жизни (после Большого Взрыва) Вселенная увеличила свою гравитационную массу в  $e^f \approx 42$  раза, то  $f^2 \approx 14$ . Отсюда получим:

$$\Lambda(t, r) \approx 0.96 * 10^{-56} \text{ см}^{-2}, \quad (19)$$

что, с учетом минимальности оценки  $f$ , находится в хорошем соответствии с наблюдаемым значением (2). Эта оценка космологической постоянной (или космологической функции в текущий момент времени) основана на общем количестве наблюдаемых звездоподобных объектов, на

**Конец  
«тёмной  
энергии»!**

## Статья в процессе подготовки

### Уравнение Фридмана и решение проблемы темной материи

*В работе [10] получены уравнения Фридмана для модели Вселенной с переменной массой, которые объясняют наблюдаемое космологическое ускорение без введения «темной энергии». Мы покажем, что уравнения Фридмана из [10], примененные к галактикам, объясняют избыток периферийного вращения без привлечения концепции «темной материи». В качестве основных галактических источников ньютоновского притяжения служат компактные объекты (например, двойные белые карлики и нейтронные звезды), теряющие свою гравитационную массу при генерации гравитационного излучения.*

#### 1. Введение

В динамике галактик наблюдается феномен ускоренного периферийного вращения, не получивший до сих пор удовлетворительного объяснения. На краю вращающихся спиральных галактик, согласно ньютоновскому закону притяжения, линейная скорость вращения  $V$  должна зависеть от массы галактики  $M$  и падать с радиусом орбиты  $R$  по следующему закону:

Из (6), с учетом первого уравнения Фридмана (2), получим:

$$\frac{\ddot{a}}{a} = -\frac{4\pi G\rho}{3} - \frac{\alpha}{2} \sqrt{\frac{8\pi G\rho}{3}} \quad (7)$$

Это ускорение вычислено с точки зрения наблюдателя в сопутствующей системе отсчета. Из (7) получим, рассматривая  $a$  в качестве физического радиуса и переходя от плотности к массам:

$$\ddot{a} = -\frac{Gm}{a^2} - \alpha \sqrt{\frac{Gm}{2a}} \quad (8)$$

← сила, которая может  
заменить темную  
материю

Тем самым, кроме ньютонической силы, мы получили новый член с “ $\alpha$ -силой”, которая удивительно слабо зависит от расстояния. Выражение (8) получено для сопутствующего наблюдателя и второй член возник из-за переменности гравитационной массы. Новая альфа-сила будет притягивающей для  $\alpha > 0$ , что соответствует уменьшению гравитирующей массы. Возведём в квадрат уравнение равновесия между центробежным ускорением  $\frac{V^2}{a}$  и -силой притяжения из (8), которая должна превосходить ньютонское притяжение на больших расстояниях:

$$N \frac{\alpha^2}{2} Gma \approx V^4 \quad (9)$$

**Близко к наблюдаемому соотношению Тулли-Фишера**

## **Значительный прогресс в космологии за 2016-2017:**

1. Открытие антигравитации в ОТО (с учётом переменной гравитационной массы), которая может отвечать за Большой Взрыв (как отскок) – статья опубликована в 2016.
2. Модель с переменной массой приводит к физической теории космологической постоянной, что отменяет необходимость в «тёмной энергии». Есть основания полагать, что переменность гравмассы решит проблемы и ускоренного вращения галактик, что уберёт необходимость в «тёмной материи» - две статьи в процессе подготовки.

**ВОПРОСЫ??????????**