УДК 514.84

01.00.00 Физико-математические науки

МАГНИТНЫЕ ПРОСТРАНСТВА ФАРАДЕЯ

Трунев Александр Петрович
к.ф.-м.н., Ph.D., директор
Scopus Author ID: 6603801161
SPIN-код автора: 4945-6530
A&E Trounev IT Consulting, Торонто, Канада

Обсуждается вопрос о построении электродинамики в рамках метрической теории гравитации. Показано, что тензор энергии импульса электромагнитного поля порождает пространство, в котором выполняется закон электромагнитной индукции Фарадея. В таком пространстве скалярная кривизна тождественно равна нулю, хотя пространство содержит материю в форме электромагнитного поля. Предложено называть такие пространства магнитными пространствами Фарадея, поскольку исторически Фарадей впервые установил экспериментально, что «пустое пространство является магнитом». Рассматриваются метрики расширяющейся Вселенной и метрики, описывающие локальные гравитационные поля в теории Ньютона. Установлено, что уравнения поля в пространствах содержащих материю только в форме электромагнитного поля в указанных метриках сводятся к уравнениям гиперболического типа, описывающих распространение волн со скоростью света. Однако в области содержащей материю, уравнения поля приводятся к уравнениям параболического типа, которые описывают диффузию или волны вероятности в духе квантовой теории Шредингера. Предполагается, что потенциалы двух метрик связаны, как с потенциалами электромагнитного поля, так и с потенциалами поля Янга-Миллса. Отсюда выводится общий для всех взаимодействий закон, устанавливающий первичность гравитационного поля как фундаментального взаимодействия, порождающего другие взаимодействия

Ключевые слова: ГРАВИТАЦИЯ, ТЕОРИЯ МАКСВЕЛЛА, ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ, ТЕОРИЯ ЯНГА-МИЛЛСА, ТЕМНАЯ ЭНЕРГИЯ

UDC 514.84

Physics and Math

FARADAY'S MAGNETIC UNIVERSES

Alexander Trunev
Cand.Phys.-Math.Sci., Ph.D., C.E.O.
Scopus Author ID: 6603801161

A&E Trounev IT Consulting, Toronto, Canada

The question of construction of electrodynamics in the framework of the metric theory of gravitation is discussed. It is shown that the energy-momentum tensor of the electromagnetic field creates a space in which Faraday's law of induction is true. In such a space the scalar curvature vanishes identically, although space contains matter in the form of an electromagnetic field. It is proposed to call such space Faraday's magnetic universe as historically Faraday first established experimentally that "empty space is a magnet." We consider the metric of the expanding universe and metrics that describe the local gravitational field in the Newtonian theory. It was established that the field equations in spaces containing matter only in the form of an electromagnetic field in these metrics are reduced to hyperbolic equations describing the propagation of waves at the speed of light. However, in the field containing matter, the field equations are the equations of parabolic type, which describe diffusion or probability waves of Schrödinger quantum theory type. It is assumed that the potentials of the two metrics are connected, as with the potentials of the electromagnetic field, and the potentials of the Yang-Mills theory. Hence, the total output for all interactions law establishing the primacy of the gravitational field as the fundamental interaction, generating other interactions

Keywords: BLACK ENERGY, GENERAL RELATIVITY, GRAVITATION, MAXWELL THEORY, YANG-MILLS THEORY

Введение

Закон электромагнитной индукции, открытый независимо М. Фарадеем и Д. Генри в 1831 г, является одним из фундаментальных законов электродинамики. Согласно Фарадею «экспериментально пустое пространство является магнитом» [1]. Поэтому в природе должна наблюдаться спонтанная генерация электричества, в силу закона электромагнитной индукции. Эта идея не получила должной оценки ни у современников Фарадея, ни в настоящее время, хотя магнитное поле было обнаружено как у небесных тел – звезд и планет, так и у галактик и межгалактическом пространстве [2].

В трудах Максвелла [3] была установлена математическая связь между электрическим и магнитным полем, описывающая закон индукции Фарадея в форме

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \tag{0.1}$$

Этот закон, однако, необходимо дополнить еще одним уравнением, связывающим электрическое поле с магнитным полем в подвижных осях [3]

$$\mathbf{E} = [\mathbf{v} \times \mathbf{B}] - \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} - \nabla \psi \tag{0.2}$$

Первое слагаемое в правой части выражения (0.2) описывает закон индукции в случае движения проводника относительно магнитного поля неподвижного магнита, тогда как уравнение (0.1) описывает вихревое электрическое поле, возникающее в замкнутом контуре при движении магнита.

Эта явное нарушение симметрии в электродинамических явлениях, послужило одним из веских аргументов для Эйнштейна к созданию специальной теории относительности [4]. Однако с точки зрения Фарадея и

Максвелла в явлениях электромагнитной индукции, которые описываются уравнениями (0.1) и (0.2), не должно быть симметрии, поскольку динамика электромагнитного поля связана с эфиром, который предполагается неподвижным.

После создания общей теории относительности Эйнштейна [4] появилось множество работ, в которых рассматривались различные версии магнитного пространства, образованного из тензора энергии-импульса магнитного поля [5-11]. Таким образом, электромагнитные явления могут быть сведены к геометрическим свойствам пространства-времени. В наиболее общем виде эта идея отражена в теории геометродинамики [6-7]. В этой связи отметим возвращение эфира в общей теории относительности в форме эфира Эйнштейна [12-17].

Ранее в наших работах [18-21] и других было показано, что уравнения поля в общей теории относительности Эйнштейна могут быть приведены к гиперболическому, эллиптическому или параболическому типу. В [22] выведено уравнение параболического типа, описывающее распространение возмущений гравитационного поля, что является обобщением теории гравитации Ньютона-Пуассона на случай геометрии Римана с учетом кривизны пространства-времени. В настоящей работе исследована задача о магнитном пространстве Фарадея, т.е. таком пространстве, в котором электродинамические эффекты обусловлены только законом индукции Фарадея в форме (0.1) или (0.2). Показано, что в таком пространстве существуют линейные и нелинейные волны, описывающие распространение сигналов со скоростью света.

Магнитное пространство и скорость света

Уравнения гравитационного поля Эйнштейна имеют вид [4, 22-25]:

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = g_{\mu\nu}\Lambda + \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu} \qquad (1)$$

$R_{\mu\nu}, g_{\mu\nu}, T_{\mu\nu}$ - тензор Риччи, метрический тензор и тензор энергии-импульса; Λ, G, c - космологическая постоянная Эйнштейна, гравитационная постоянная и скорость света соответственно.

В общем случае имеют место соотношения

$$\begin{aligned} & R_{ik} = R^j_{ijk}, \quad R = g^{ik} R_{ik}, \\ & R^\alpha_{\beta\gamma\delta} = \frac{\partial \Gamma^\alpha_{\beta\delta}}{\partial x^\gamma} - \frac{\partial \Gamma^\alpha_{\beta\gamma}}{\partial x^\delta} + \Gamma^\mu_{\beta\delta}\Gamma^\alpha_{\mu\gamma} - \Gamma^\mu_{\beta\gamma}\Gamma^\alpha_{\mu\delta}, \\ & \Gamma^i_{jk} = \frac{1}{2} g^{is}\left(\frac{\partial g_{sj}}{\partial x^k} + \frac{\partial g_{sk}}{\partial x^j} - \frac{\partial g_{jk}}{\partial x^s} \right) \end{aligned} \qquad (2)$$

$R^\alpha_{\beta\gamma\delta}$ - тензор Римана, Γ^i_{kl} – символы Кристоффеля второго рода.

Уравнения движения материальной точки в гравитационном поле можно представить в форме [4, 22-25]

$$\frac{d^2 x^\mu}{ds^2} + \Gamma^\mu_{\nu\lambda} \frac{dx^\nu}{ds}\frac{dx^\lambda}{ds} = 0 \qquad (3)$$

Для дальнейшего нам понадобятся два типа метрики, описывающие постньютоновское приближение и расширение Вселенной соответственно, имеем [21, 24]

$$ds^2 = \left(1 + \frac{2}{c^2}\varphi\right) c^2 dt^2 - \left(1 - \frac{2}{c^2}\varphi\right)(dx^2 + dy^2 + dz^2) \qquad (4)$$

$$ds^2 = c^2 dt^2 - a^2(t)(dx^2 + dy^2 + dz^2) \qquad (5)$$

Здесь $\varphi = \varphi(t, x, y, z), a(t)$ - гравитационный потенциал и масштабный фактор соответственно. Отметим, что метрика (5), получившая название FLRW, широко используется в космологии.

Ниже всюду, где это не оговаривается, положим $c = 1,\ \Lambda = 0$, рассмотрим обобщение метрик (4)-(5) в форме

$$ds^2 = e^{h(t,x,y,z)} dt^2 - (dx^2 + dy^2 + dz^2) e^{-h(t,x,y,z)} \qquad (6)$$

$$ds^2 = dt^2 - (dx^2 + dy^2 + dz^2)e^{-f(t,x,y,z)} \tag{7}$$

Здесь $f = f(t,x,y,z), h = h(t,x,y,z)$ - некоторые функции, которые определим из уравнений (1). В метрике (6) тензор Эйнштейна $G_{ik} = R_{ik} - \frac{1}{2}g_{ik}R$ приводится к виду

$$\begin{aligned}
&G_{00} = e^{2h}\nabla^2 h - \frac{1}{4}e^{2h}(\nabla h)^2 + \frac{3}{4}(h_t)^2 \\
&G_{0k} = G_{k0} = \partial_{0k}^2 h - \frac{1}{2}\partial_0 h \partial_k h, \quad k = 1,2,3. \\
&G_{11} = e^{-2h}h_{tt} - \frac{5}{4}e^{-2h}(h_t)^2 + \frac{1}{4}(h_y^2 + h_z^2 - h_x^2) \\
&G_{22} = e^{-2h}h_{tt} - \frac{5}{4}e^{-2h}(h_t)^2 + \frac{1}{4}(h_x^2 + h_z^2 - h_y^2) \\
&G_{33} = e^{-2h}h_{tt} - \frac{5}{4}e^{-2h}(h_t)^2 + \frac{1}{4}(h_y^2 + h_x^2 - h_z^2) \\
&G_{ik} = G_{ki} = -\frac{1}{2}\partial_i h \partial_k h, \quad i,k = 1,2,3;\, i \neq k.
\end{aligned} \tag{8}$$

В случае гравитации, в соответствии с общей идеей перехода от теории Эйнштейна к теории Ньютона-Пуассона, мы должны положить в первом приближении [24]

$$G_{00} = \nabla^2 h = \frac{2}{c^2}\nabla^2\varphi = \frac{8\pi G}{c^4}\rho c^2 \to \nabla^2\varphi = 4\pi G\rho \tag{9}$$

Здесь обозначено ρ – плотность материи. Остальные компоненты тензора Эйнштейна (8) в этом приближении следует положить равными нулю. Однако и в любом приближении можно без ограничения общности считать, что единственный потенциал метрики (6) определяется из уравнения типа (9), которое, с учетом первого выражения (8) представим в виде

$$G_{00} = e^{2h}\nabla^2 h - \frac{1}{4}e^{2h}(\nabla h)^2 + \frac{3}{4c^2}(h_t)^2 = \frac{8\pi G}{c^4}T_{00} \tag{10}$$

Остальные компоненты тензора Эйнштейна позволяют определить компоненты тензора энергии тензора энергии-импульса, которые не могут быть заданы произвольно в метрике (6). Так, например, если тензор энергии-импульса описывает течение жидкости, то уравнения Эйнштейна (1) позволяют определить поле скорости течения, без использования гидродинамических уравнений [21]. Основные свойства уравнения (10) были изучены в работах [18-21]. Отметим, что уравнение (10) имеет параболический тип. Действительно, приведем уравнение (10) к квазилинейному виду. Для этого запишем его в форме

$$\nabla^2 h - \frac{1}{4}(\nabla h)^2 + \frac{3}{4c^2} e^{-2h}(h_t)^2 = \frac{8\pi G}{c^4} e^{-2h} T_{00} \tag{11}$$

Продифференцируем все части уравнения (11) по времени, тогда получим

$$\nabla^2 U - \frac{1}{2}(\nabla h \cdot \nabla U) + \frac{3}{2c^2} e^{-2h}(UU_t - U^3) = \frac{8\pi G}{c^4}(e^{-2h} T_{00})_t \tag{12}$$

Здесь обозначено $U = h_t$. Уравнение (12) является квазилинейным параболическим уравнением с переменным направлением времени [19-21].

Отметим, что хотя в математической литературе уравнение типа (12) называют параболическим уравнением с переменным направлением времени, в общей теории относительности такая терминология не только неприемлема, но и противоречит физическому смыслу уравнения (12), которое меняет тип при изменении знака функции $U = h_t$, тогда как знак времени остается постоянным.

Поскольку уравнение (10) имеет параболический тип, то скорость гравитации не ограничена скоростью света и теоретически может быть сколь угодно большой. Таким образом, уравнение (10) позволяет объяснить движение со сверхсветовой скоростью [21] в общей теории относительности. Этот неожиданный результат, казалось бы, находится в противоречии с основными положениями теории относительности [4, 22-25], одним из которых является ограничение скорости перемещения материального тела скоростью света. Подробное обсуждение этого вопроса содержится в работах [26-29] и других.

Как известно, фундаментальное ограничение на скорость перемещения материальных тел возникает в электродинамике в связи с преобразованиями Лоренца [4, 22-25]. Но в случае уравнений Эйнштейна (1) преобразования координат могут быть любыми [4, 22-25], поэтому преобразования Лоренца ничем не выделены и не могут приводить к каким-либо ограничениям на скорость перемещения тел [30].

Рассмотрим метрику (7), в которой тензор Эйнштейна имеет вид

$$\begin{aligned}
&G_{00} = e^{f}\nabla^2 f - \frac{1}{4}e^{f}(\nabla f)^2 + \frac{3}{4}(f_t)^2\\
&G_{0k} = G_{k0} = \partial^2_{0k} f, \quad k = 1, 2, 3.\\
&G_{11} = e^{-f} f_{tt} - \frac{3}{4}e^{-f}(f_t)^2 + \frac{1}{4} f_x^2 - \frac{1}{2} f_{yy} - \frac{1}{2} f_{zz}\\
&G_{22} = e^{-f} f_{tt} - \frac{3}{4}e^{-f}(f_t)^2 + \frac{1}{4} f_y^2 - \frac{1}{2} f_{xx} - \frac{1}{2} f_{zz}\\
&G_{33} = e^{-f} f_{tt} - \frac{3}{4}e^{-f}(f_t)^2 + \frac{1}{4} f_z^2 - \frac{1}{2} f_{yy} - \frac{1}{2} f_{xx}\\
&G_{ik} = G_{ki} = \frac{1}{4}\partial_i f \partial_k f + \frac{1}{2}\partial^2_{ik} f, \quad i, k = 1, 2, 3; i \neq k.
\end{aligned} \tag{13}$$

Сравнивая выражения (8) и (13), находим, что в случае расширения Вселенной возмущения метрики могут определяться как параболическим уравнением типа (10), так и волновым уравнением, описывающим цилиндрические гравитационные волны, которые распространяются со скоростью света [22-25, 31].

Поставим принципиальный вопрос: если в природе наблюдается ограничение на скорость движения и скорость света является пределом, то чем это может быть обусловлено в метриках типа (6) и (7)? Очевидно, что ответ должен быть универсальным, отражающим некий фундаментальный закон природы. В качестве первой гипотезы рассмотрим вопрос о структуре тензора энергии-импульса материи, в результате влияния которой могли бы реализоваться метрики (6) и (7). Будем считать, что в качестве таковой материи выступает электромагнитное поле. Тогда на тензор энергии импульса следует наложить ограничение [22-25]

$$g^{\alpha\beta}G_{\alpha\beta}=\frac{8\pi G}{c^4}g^{\alpha\beta}T_{\alpha\beta}=0 \qquad (14)$$

Учитывая определение тензора Эйнштейна, отсюда находим, что скалярная кривизна в пространствах такого типа равна нулю

$$g^{ik}G_{ik}=g^{ik}R_{ik}-\frac{1}{2}g^{ik}g_{ik}R=-R=0 \qquad (15)$$

Для метрики (6) отсюда находим уравнение

$$e^{-2h}(2\nabla^2 h-(\nabla h)^2)+9(h_t)^2-6h_{tt}=0 \qquad (16)$$

Отметим, что уравнение (16) является квазилинейным уравнением гиперболического типа. В случае возмущений метрики малой амплитуды имеем

$$\nabla^2 h-3h_{tt}=0 \qquad (17)$$

Поскольку мы приняли, что $c=1$, необходимо изменить единицу измерения времени и (или) пространства в метрике (6) так, чтобы линейные волны описывались бы волновым уравнением

$$c^2\nabla^2 h-h_{tt}=0 \qquad (18)$$

Этот выбор масштаба измерения достигается путем специального соглашения, например, в системе СИ метр равен расстоянию, которое проходит свет в вакууме за промежуток времени равный 1/299792458 секунды. При этом скорость света точно равна 299792458 м/сек.

В случае метрики (7) имеем аналогичное (16) уравнение

$$e^{f}[4\nabla^2 f-(\nabla f)^2]+6[(f_t)^2-f_{tt}]=0 \qquad (19)$$

Уравнение (18) является квазилинейным уравнением гиперболического типа. В случае малых возмущений метрики находим из (18)

$$2\nabla^2 f - 3 f_{tt} = 0 \quad (20)$$

Вновь применяя соглашение о масштабах, приходим к волновому уравнению

$$c^2\nabla^2 f - f_{tt} = 0 \quad (21)$$

Таким образом, теория электромагнитных явлений представляет собой, в том числе, соглашение о масштабах измерения пространства и времени, фиксируя которые можно достичь соглашения о постоянстве скорости света. Согласно теории относительности такой выбор можно осуществит в любой системе координат. Эта идея впервые была высказана Вейлем [32], однако Эйнштейн не поддержал теорию Вейля, рассматривая ее, скорее, как математическую теорию, нежели как теорию, имеющую отношения к физике. Эйнштейн считал более перспективной теорию Калуцы [33], в которой объединение гравитации и электромагнетизма достигается в 5-мерном пространстве.

Отметим, что современная теория калибровочных полей берет свое начало в теории Вейля, тогда как теория супергравитации тесно связана с теорией Калуцы. Объединение этих двух теорий в одной модели дает ключ к построению теории всего. Предполагается, что объединения всех четырех фундаментальных взаимодействий – гравитационных, электромагнитных, слабых и сильных, можно достичь, например, в 10-мерном пространстве [34].

Электромагнитные явления в общем случае зависят от двух потенциалов, один их которых связан с метрикой (6), описывающей переход к теории Ньютона в форме уравнения (9), а второй связан с метрикой (7), описывающей расширение Вселенной. Указанные потенциалы могут быть связаны как с потенциалами электромагнитного поля, так и с потенциалами макроскопического поля Янга-Миллса [35-36]. В первом случае необходимо установить связь метрических потенциалов с вихревыми электромагнитными полями, фигурирующими в уравнениях (0.1)-(0.2). В случае же полей Янга-Миллса соответствующая теория, связывающая метрику с тензором энергии-импульса, была построена в работах [37-38].

Магнитное пространство Фарадея

Положим $F_{\alpha\beta} = -F_{\beta\alpha}$ – тензор электромагнитного поля. Тогда компоненты вектора электрического и магнитного поля представляются в виде

$$(\mathbf{E},\mathbf{B}) = F_{ik},\ (-\mathbf{E},\mathbf{B}) = F^{ik} \tag{22}$$

Тензор энергии-импульса электромагнитного поля выражается через тензор электромагнитного поля в форме [22-25]

$$T_{\alpha\beta} = \frac{1}{4} F_{\sigma\tau} F^{\sigma\tau} g_{\alpha\beta} - F_{\alpha\sigma} F^{\sigma}_{\beta} \tag{23}$$

Предполагая, что локально метрический тензор сводится к тензору Минковского, находим

$$T_{\alpha\beta} = \begin{pmatrix} \nu & E_3B_2 - E_2B_3 & E_1B_3 - E_3B_1 & E_2B_1 - E_1B_2 \\ E_3B_2 - E_2B_3 & \nu - E_1^2 - B_1^2 & -E_1E_2 - B_1B_2 & -E_1E_3 - B_1B_3 \\ E_1B_3 - E_3B_1 & -E_1E_2 - B_1B_2 & \nu - E_2^2 - B_2^2 & -E_2E_3 - B_2B_3 \\ E_2B_1 - E_2B_2 & -E_1E_3 - B_1B_3 & -E_2E_3 - B_2B_3 & \nu - E_3^2 - B_3^2 \end{pmatrix} \tag{24}$$

Здесь $\nu = \left(\mathbf{E}^2 + \mathbf{B}^2\right)/2$ – плотность энергии электромагнитного поля.

Выражение (24) следует сравнить с (13), что дает возможность установить закон генерации электромагнитного поля в пространстве Фарадея в метрике (7):

$$T_{\alpha\beta}(\mathbf{E},\mathbf{B}) = \lambda G_{\alpha\beta}(f, f_t, \nabla f, f_{tt}, f_{xx}, f_{yy}, f_{zz}) \tag{25}$$

Здесь $\lambda = c^4 / 8\pi G$ – размерный множитель, связывающий изменение метрики с электромагнитными эффектами. Отметим, что в СИ $\lambda \approx 4.816 \cdot 10^{42}$, следовательно, незначительное по величине изменение метрики вызывает большой по величине отклик в системе электромагнитного поля. Например, изменение метрики в космическом масштабе L порядка ста тысяч световых лет, что составляет $L \approx 9.46 \cdot 10^{20}$ метров, вызывает пропорциональный отклик в электромагнитном поле порядка $\lambda / L^2 \approx 5.38\, J / m^3$, т.е. вполне измеримый эффект.

Действительно, учитывая, что плотность электромагнитной энергии в вакууме в единицах СИ выражается в форме $\nu = \left(\varepsilon_0 \mathbf{E}^2 + \mathbf{B}^2 / \mu_0\right)/2$, находим, что указанной плотности энергии соответствует напряженность электрического поля порядка миллиона вольт на метр или индукция магнитного поля порядка 0.00368 Тесла. Отметим, что диаметр нашей галактики Млечный Путь оценивается в 100-180 тысяч световых лет.

Выражение (25) показывает, что электромагнитное поле выступает как регулятор метрики, компенсируя любое ее возмущение. Если мы предположим, что закон электромагнитной индукции описывается уравнением (0.1), то этот закон выполняется автоматически при условии, что

$$\mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} - \nabla \psi, \mathbf{B} = \nabla \times \mathbf{A} \qquad (26)$$

Используя выражения (26), находим из (25)

$$T_{\alpha\beta}(-\mathbf{A}_t - \nabla \psi, \nabla \times \mathbf{A}) = \lambda G_{\alpha\beta}(f, f_t, \nabla f, f_{tt}, f_{xx}, f_{yy}, f_{zz}) \qquad (27)$$

Правая часть выражения (27) составлена из решений квазилинейного уравнения гиперболического типа (19). Следовательно, левая часть тоже должна выражаться в аналогичной форме. Как известно, система уравнений Максвелла имеет гиперболический тип [24], поэтому указанное требование всегда может быть выполнено.

Вообще говоря, система уравнений поля (27) может не совпадать с системой уравнений Максвелла, которые в этом случае следует рассматривать в обратную сторону, т.е. как систему уравнений для определения токов и зарядов.

Наконец, если закон индукции выражается в форме (0.2), то уравнение (25) принимает вид

$$T_{\alpha\beta}(\mathbf{v}\times\mathbf{B}-\mathbf{A}_t-\nabla\psi,\mathbf{B})=\lambda G_{\alpha\beta}(f,f_t,\nabla f,f_{tt},f_{xx},f_{yy},f_{zz}) \tag{28}$$

Появление дополнительных параметров в левой части уравнения (28) не меняет правую его часть, поэтому фундаментальные связи между параметрами электромагнитного поля и метрикой сохраняют свой смысл. Это связи можно рассматривать как источники электромагнитного поля, обусловленные поляризацией некой материи, что согласно теории Ампера-Пуассона-Максвелла эквивалентно введению распределенных токов и зарядов.

Волны в магнитном пространстве Фарадея

Заметим, что линейные уравнения (18) и (21), описывающие распространение волн малой амплитуды в метриках (6) и (7) соответственно, содержат скорость света – параметр, относительно которого принято соглашение $c=1$. Но аналогичный параметр фигурирует и в уравнениях Максвелла, следовательно, всякому изменению метрики в форме волн соответствуют электромагнитные волны. Этот факт может быть использован для регистрации гравитационных волн, которые в магнитном пространстве Фарадея соответствуют электромагнитным волнам.

Ранее была установлено, что волны вероятности в квантовой механике также могут быть связаны с гравитационными волнами в некоторых метриках [40-42]. Действительно, покажем, что уравнение Шредингера выводится из уравнения (10) для пустого пространства при определенных предположениях относительно поведения турбулентных пульсаций метрики. Положим в уравнении (10)

$$\begin{aligned} & h = \bar{h} + \tilde{h},\ \bar{h} = \langle h \rangle,\ \tilde{h} = h - \bar{h}, \\ & T_{00} = 0,\ \tau = \int e^{h} dt \end{aligned} \tag{29}$$

Тогда получим

$$\begin{aligned} & \nabla^2 \bar{h} - \frac{1}{4}(\nabla \bar{h})^2 + \frac{3}{4c^2}(\bar{h}_\tau)^2 = \tilde{\rho} \\ & \tilde{\rho} = \frac{1}{4}\left\langle (\nabla \tilde{h})^2 \right\rangle - \frac{3}{4c^2}\left\langle (\tilde{h}_\tau)^2 \right\rangle \end{aligned} \tag{30}$$

Рассмотрим случай отрицательной плотности энергии турбулентных пульсаций. Запишем первое уравнение (30) в виде

$$\begin{aligned} & \frac{3}{4c^2}(\bar{h}_\tau)^2 = -m^2 - \nabla^2 \bar{h} + \frac{1}{4}(\nabla \bar{h})^2 \\ & m^2 = -\tilde{\rho} = -\frac{1}{4}\left\langle (\nabla \tilde{h})^2 \right\rangle + \frac{3}{4c^2}\left\langle (\tilde{h}_\tau)^2 \right\rangle \end{aligned} \tag{31}$$

Будем предполагать, что плотность энергии турбулентных пульсаций значительно превосходит градиенты средних параметров метрики, следовательно, имеем

$$m^2 >> \left| \nabla^2 \bar{h} \right|, (\nabla \bar{h})^2 \tag{32}$$

В этом случае, разрешая первое уравнение (31) относительно производной по времени, находим

$$\pm i \frac{\sqrt{3}}{2c} \bar{h}_\tau = m + \frac{1}{2m} \nabla^2 \bar{h} - \frac{1}{8m} (\nabla \bar{h})^2 + \ldots \tag{33}$$

Здесь многоточием отмечены члены ряда более высокого порядка. Уравнение типа Шредингера выводится из (33) если положить

$$\bar{h} = \pm\frac{2icm\tau}{\sqrt{3}} + \psi(t,x,y,z) \tag{34}$$

В результате получим

$$\pm i\frac{\sqrt{3}}{2c}\psi_\tau = \frac{1}{2m}\nabla^2\psi - \frac{1}{8m}(\nabla\psi)^2 \tag{35}$$

Замечательным является сам факт наличия соответствия теории Эйнштейна и теории Шредингера. Это указывает на универсальность метрик (6) и (7), которые могут служить для развития квантовой теории и электродинамики из первых принципов [20]. Это также является указанием на наличие единого поля Метагалактики.

Уравнение диффузии

Рассмотрим случай положительной плотности энергии турбулентных пульсаций. Тогда система уравнений (30) имеет вид

$$\begin{gathered}\frac{3}{4c^2}(\bar{h}_\tau)^2 = m^2 - \nabla^2\bar{h} + \frac{1}{4}(\nabla\bar{h})^2 \\ m^2 = \tilde{\rho} = \frac{1}{4}\left\langle(\nabla\tilde{h})^2\right\rangle - \frac{3}{4c^2}\left\langle(\tilde{h}_\tau)^2\right\rangle\end{gathered} \tag{36}$$

Предполагая, что плотность энергии турбулентных пульсаций значительно превосходит градиенты средних параметров метрики, $m^2 >> \left|\nabla^2\bar{h}\right|, (\nabla\bar{h})^2$, находим

$$\pm\frac{\sqrt{3}}{2c}\bar{h}_\tau = m - \frac{1}{2m}\nabla^2\bar{h} + \frac{1}{8m}(\nabla\bar{h})^2 + \ldots \tag{37}$$

Многоточием в правой части (37) отмечены члены ряда более высокого порядка. При выборе отрицательного знака в левой части (37) приходим к уравнению диффузии

$$\frac{\sqrt{3}}{2c}\bar{h}_{\tau} = -m + \frac{1}{2m}\nabla^2\bar{h} - \frac{1}{8m}(\nabla\bar{h})^2 + \ldots \qquad (38)$$

При выборе положительного знака приходим к уравнению, описывающему взрывную неустойчивость в системе [18-20]

$$\frac{\sqrt{3}}{2c}\bar{h}_{\tau} = m - \frac{1}{2m}\nabla^2\bar{h} + \frac{1}{8m}(\nabla\bar{h})^2 + \ldots \qquad (39)$$

Следовательно, в метриках (6) и (7) в Метагалактике должны наблюдаться три типа процессов:

1. квантовые процессы, которые описываются уравнением типа Шредингера (35);
2. процессы диффузии, которые описываются уравнением (38);
3. процессы взрывной неустойчивости, которые описываются уравнением (39).
4. Электродинамические процессы, которые описываются законам электромагнитной индукции в форме (0.1) или (0.2), а также уравнениями связи (27) или (28).

Переход от квантовых процессов к диффузии и взрывной неустойчивости определятся только знаком плотности энергии турбулентных пульсаций. Такие переходы осуществляются многократно в разных масштабах, что приводит к образованию своеобразной структуры Вселенной от элементарных частиц до кластеров галактик. При этом электромагнитное поле выступает как своеобразный регулятор скалярной кривизны пространства, сводя ее к нулю всюду, где отсутствует иная материя.

Ранее было показано [18-20], что геометрическая турбулентность является основным механизмом обмена между движением в больших и малых масштабах. Используя выражение тензора Эйнштейна (8) запишем систему уравнений для определения метрики в двух масштабах с учетом электромагнитного поля:

$$\begin{aligned}
&\lambda\langle G_{\alpha\beta}\rangle = T_{\alpha\beta},\ \alpha,\beta = 0,1,2,3 \rightarrow \\
&\lambda\left\langle e^{2h}\nabla^2 h - \frac{1}{4}e^{2h}(\nabla h)^2 + \frac{3}{4}(h_t)^2\right\rangle = T_{00} \\
&\lambda\left\langle \partial^2_{0k}h - \frac{1}{2}\partial_0 h \partial_k h\right\rangle = T_{0k}, \quad k = 1,2,3. \\
&\lambda\left\langle e^{-2h}h_{tt} - \frac{5}{4}e^{-2h}(h_t)^2 + \frac{1}{4}(h_y^2 + h_z^2 - h_x^2)\right\rangle = T_{11} \\
&\lambda\left\langle e^{-2h}h_{tt} - \frac{5}{4}e^{-2h}(h_t)^2 + \frac{1}{4}(h_x^2 + h_z^2 - h_y^2)\right\rangle = T_{22} \\
&\lambda\left\langle e^{-2h}h_{tt} - \frac{5}{4}e^{-2h}(h_t)^2 + \frac{1}{4}(h_y^2 + h_x^2 - h_z^2)\right\rangle = T_{33} \\
&\lambda\langle \partial_i h \partial_k h\rangle = T_{ik}, \quad i,k = 1,2,3;\ i \ne k.
\end{aligned} \tag{40}$$

В системе (40) компонента тензора Эйнштейна G_{00} используется для определения средних параметров метрики. В результате имеем уравнение (10) и все вытекающие из него уравнения типа Шредингера и диффузии. Остальные компоненты тензора Эйнштейна (40) служат для определения энергии пульсаций. Например, последнее уравнение (40) можно представить в форме

$$\left\langle \partial_i \tilde{h} \partial_k \tilde{h}\right\rangle = -\partial_i \bar{h} \partial_k \bar{h} + \lambda^{-1}T_{ik}, \quad i,k = 1,2,3;\ i \ne k.$$

Следовательно, указанные компоненты пульсаций определяются градиентами средних параметров метрики и компонентами тензора энергии-импульса электромагнитного поля, которые связаны с метрикой (7), описывающей расширение Вселенной. Здесь виден механизм турбулентного обмена между гравитационными полями разного масштаба, в результате которого наличие градиентов средних параметров метрики приводит к возбуждению пульсаций. Наличие пульсаций, в свою очередь, приводит к возбуждению микроскопического движения. В этой связи заметим, что основная энергия движения наблюдаемой материи сосредоточена в большом, а не в малом масштабе. Действительно, уже в масштабе порядка гигапарсек удаленные кластеры галактик движутся со скоростью порядка $HR \approx 67400\, km/s$, что сравнимо со скоростью света и значительно превосходит скорость электронов в электронных оболочках. Субсветовое движение атомных ядер порождает возмущение метрики [20-21], которое, видимо, наблюдается в форме темной материи.

Поле Янга-Миллса в магнитном пространстве Фарадея

В работе [38] было найдено полное решение уравнений Янга-Миллса для центрально-симметрической метрики при наличии электромагнитного поля. Для наших целей представляет интерес метрика:

$$-\Psi = \left(\left(K^2\beta + \alpha - \frac{\beta}{3}\right)r^2 + (K^2 - \beta^2)r - \beta - \frac{1}{3r}\right)dt^2 - \frac{dr^2}{\left(\left(K^2\beta + \alpha - \frac{\beta}{3}\right)r^2 + (K^2 - \beta^2)r - \beta - \frac{1}{3r}\right)} - r^2(d\theta^2 + \sigma^2 d\varphi^2) \qquad (41)$$

Здесь α, β - произвольные постоянные, $K^2 = \kappa^2 + 12(b_{12})^2 + 12(b_{34})^2$, κ - есть гауссова кривизна квадратичной формы $d\theta^2 + \sigma^2(\theta)d\varphi^2$, $\frac{d^2\sigma}{d\theta^2} = -\kappa\sigma$.

Отметим, что уравнения Эйнштейна имеют вид [37-38]

$$b_{ij} + b_{ji} = R_{ij} - \frac{1}{6} R\eta_{ij} \qquad (42)$$

η_{ij}, R_{ij} - метрический тензор пространства Минковского сигнатуры (- + + +) и тензор Риччи соответственно, $b_{ij} + b_{ji} - 2(\eta^{ij} b_{ij})\eta_{ij} = T_{ij}$ - тензор энергии-импульса.

В нерелятивистском пределе имеем связь временной компоненты метрического тензора с гравитационным потенциалом

$$\left(K^2\beta + \alpha - \frac{\beta}{3}\right) r^2 + (K^2 - \beta^2) r - \beta - \frac{1}{3r} = 1 + \frac{2\phi}{c^2} \qquad (43)$$

Отметим, что при $r \to \infty$ гравитационный потенциал (43) расходится как r^2, что соответствует галактическому течению Хаббла [43]:

$$\mathbf{v} = H\mathbf{r} \qquad (44)$$

Здесь H - постоянная Хаббла. Скорость течения Хаббла и гравитационный потенциал связаны соотношением

$$\phi = \phi_0 - \frac{\mathbf{v}^2}{2} = \phi_0 - \frac{H^2 r^2}{2} \qquad (45)$$

Без ограничения общности положим в выражении (23) $\alpha = \beta / 3,\ \beta = -1$. Сравнивая (45) и (43) находим, что

$$H \propto Kc \qquad (46)$$

Для согласования размерностей надо предположить, что радиус в уравнении (43) выражается в гравитационных радиусах $r_g = 2Gm / c^2$. Тогда окончательно выражение (46) принимает вид

$$H = \frac{Kc}{r_g} \qquad (47)$$

Далее заметим, что параметр $K = \sqrt{\kappa^2 + 12(b_{12})^2 + 12(b_{34})^2}$ зависит от тензора плотности энергии-импульса поля Янга-Миллса, включая плотность энергии-импульса электромагнитного поля, что в теории [38] описывается параметрами b_{12}, b_{34}. Следовательно, скорость разбегания галактик в метрике (41) зависит от плотности энергии поля Янга-Миллса. С другой стороны, скорость разбегания галактик связана со скоростью расширения Вселенной в метрике (7) [24]. Таким образом, поле Янга-Миллса оказывает влияние на динамику электромагнитного поля в силу указанной выше связи тензора энергии-импульса электромагнитного поля с метрикой в форме уравнений Эйнштейна.

Как известно, теория Янга-Миллса [44] была предложена для объяснения сохранения изотопического спина. Согласно [45], изотопическому спину сопоставляется калибровочное поле, связанное с изотопическим спином, аналогично тому, как электромагнитное поле связано с электрическим зарядом. Дальнейшее развитие теории и концепции цвета [46] привело к созданию квантовой хромодинамики, в которой поле Янга-Миллса представляется как динамическая система, состоящая из восьми взаимодействующих цветовых полей [47].

В работе [30] мы рассмотрели уравнения Янга-Миллса в произвольных системах отсчета, допускаемых принципом относительности Эйнштейна. Преобразование уравнений Янга-Миллса к подвижным осям осуществляется по стандартной схеме [47]. Рассмотрим динамическую систему, включающую метрический тензор $g_{\mu\nu}$, поле Янга-Миллса $A_{\alpha\mu}$ и поле φ, которое преобразуется как тензор при координатных преобразованиях и реализует матричное представление поля Янга-Миллса. Лагранжиан системы имеет вид

$$
\begin{aligned}
&S = S_g + S_A + S_\varphi \\
&S_g = -\int R g^{1/2} dx - \Lambda \int g^{1/2} dx \\
&S_A = -\frac{1}{4}\int g^{1/2} F_{\alpha\mu\nu} F_\alpha^{\mu\nu} dx \\
&S_\varphi = -\frac{1}{2}\int g^{1/2} (\tilde{\varphi}_{\bullet\mu}\varphi^{\bullet\mu} + m^2 \tilde{\varphi}\varphi) dx
\end{aligned}
\tag{48}
$$

Здесь, как и выше, полагаем $R = g^{ik} R_{ik}$, R_{ik} - тензор Риччи; Λ - космологическая постоянная; $R^\alpha_{\beta\gamma\delta}$ - тензор Римана, Γ^i_{kl} – символы Кристоффеля второго рода; $\delta F_{\alpha\mu\nu} = \delta A_{\alpha\nu\bullet\mu} - \delta A_{\alpha\mu\bullet\nu}$, точкой обозначено ковариантное дифференцирование:

$$
\varphi_{\bullet\mu} = \frac{\partial\varphi}{\partial x^\mu} + \Omega_\mu \varphi, \quad \Omega_\mu = G_\alpha A^\alpha_\mu + G^\nu_\sigma \Gamma^\sigma_{\mu\nu} \tag{49}
$$

A^α_μ, G_α- компоненты поля Янга-Миллса и генераторы группы соответственно. Как известно, в этом случае выполняются коммутационные соотношения

$$
\varphi_{\bullet\mu\nu} - \varphi_{\bullet\nu\mu} = -(G_\alpha F^\alpha_{\mu\nu} + G^\tau_\sigma R^\tau_{\mu\nu\sigma})\varphi \tag{50}
$$

Уравнения поля, которые соответствуют каждому из действий (48) с индексом имеют вид

$$
\begin{aligned}
&\frac{\delta S_g}{\delta g_{\mu\nu}} = g^{1/2}(R^{\mu\nu} - \tfrac{1}{2} g^{\mu\nu} R) - \frac{1}{2}\Lambda g^{1/2} g^{\mu\nu} = 0 \\
&\frac{\delta S_A}{\delta A_{\alpha\mu}} = -g^{1/2} F_{\alpha\ \ \bullet\nu}^{\ \mu\nu} = 0 \\
&\frac{\delta S_\varphi}{\delta\tilde{\varphi}} = g^{1/2}(\varphi^\mu_{\bullet\mu} - m^2\varphi) = 0
\end{aligned}
\tag{51}
$$

При совместном действии гравитационного поля, поля Янга-Миллса и скалярного поля имеем

$$\begin{aligned}
&\frac{\delta S}{\delta g_{\mu\nu}} = g^{1/2}(R^{\mu\nu} - \tfrac{1}{2} g^{\mu\nu} R) - \frac{1}{2}\Lambda g^{1/2} g^{\mu\nu} + \frac{1}{2} T^{\mu\nu} = 0 \\
&\frac{\delta S}{\delta A_{\alpha\mu}} = -g^{1/2} F_{\alpha\ \bullet\nu}^{\mu\nu} + J_{\alpha}^{\mu} = 0, \\
&\frac{\delta S}{\delta \tilde{\varphi}} = g^{1/2}(\varphi_{\bullet\mu}^{\mu} - m^2 \varphi) = 0
\end{aligned} \tag{52}$$

Здесь тензор плотности энергии-импульса и плотность тока Янга-Миллса определяются соответственно как

$$\begin{aligned}
&T^{\mu\nu} = g^{1/2}\left(F_{\alpha\sigma}^{\mu} F_{\alpha}^{\nu\sigma} - \frac{1}{4} F_{\alpha\sigma\tau} F_{\alpha}^{\sigma\tau} \right) + g^{1/2} \tilde{\varphi}^{\bullet\mu} \varphi^{\bullet\nu} - \frac{1}{2} g^{1/2} g^{\mu\nu} (\tilde{\varphi}_{\bullet\sigma} \varphi^{\bullet\sigma} + m^2 \tilde{\varphi}\varphi), \\
&J_{\alpha}^{\mu} = g^{1/2} \tilde{\varphi} G_{\alpha} \varphi^{\bullet\mu}, \\
&T_{\bullet\nu}^{\mu\nu} = 0, \quad J_{\alpha\ \bullet\mu}^{\mu} = 0.
\end{aligned} \tag{53}$$

Последние два условия на дивергенцию плотности тока и тензора плотности энергии-импульса являются следствием динамических уравнений (52).

И так, мы видим, что локально поле Янга-Миллса нарушает симметрию магнитного пространства Фарадея, поскольку вносит свой вклад в тензор энергии-импульса, аналогично материи. Но в отличие от инертной материи поле Янга-Миллса занимает все доступное пространство, создавая макроскопический эффект подобно электромагнитному полю [35, 36, 38, 47]. Из первого уравнения (52) следует, что в природе нет чисто электродинамических эффектов в магнитном пространстве Фарадея, но в каждом случае следует оценивать вклад поля Янга-Миллса.

С другой стороны, известно, что в линейном случае поле Янга-Миллса распадается на 8 электромагнитных полей [47]. В этом случае, рассматривая макроскопическое поле Янга-Миллса как линейную комбинацию 8 полей, приходим к варианту теории, описывающей магнитное пространство Фарадея в форме уравнений Эйнштейна (27) или (28). Таким образом, мы показали, что метрика расширяющейся Вселенной является источником электромагнитных полей и полей Янга-Миллса.

Литература

1. М. Фарадей. О физических линиях магнитной силы/ М. Фарадей. Экспериментальные исследования по электричеству, Том 3. АН СССР, 1959.
2. Gaensler B. M., Beck R., Feretti L. The Origin and Evolution of Cosmic Magnetism// arXiv:astro-ph/0409100v2, 9 Sept. 2004.
3. Дж. К. Максвелл. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. – М., ГИТТЛ, 1952.
4. А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Том 1. – М., Наука, 1965.
5. Rainich G.Y. Electrodynamics in the General Relativity Theory//Trans. Am. Math. Soc., 27,106, January 1925.
6. Misner C. and Wheeler J. Classical Physics as Geometry // Ann. of Phys., 2, No. 6, 525—603, 1957.
7. John A Wheeler. Neutrinos, Gravitation, and Geometry/ In Rendiconti della Scuola internazionale di fisica "Enrico Fermi." Corso XI, by L. A.Radicati. Bologna: Zanichelli, 1960, 67 – 196.
8. Melvin M.A. Pure magnetic and electric geons// Physics Letters A, Volume 8, Issue 1, 1 January 1964, Pages 65–68
9. Melvin M. A. Dynamics of Cylindrical Electromagnetic Universes//Phys. Rev. 139, B225 – Published 12 July 1965.
10. Xulu S. S. Energy Distribution in Melvin's Magnetic Universe//Int. J. Mod. Phys. A15, 4849-4856, 2000.
11. Tayebeh Tahamtan, Mustafa Halilsoy. Stable Magnetic Universes// arXiv:1104.3401v1 [gr-qc]18 Apr 2011
12. Jacobson T. and Mattingly D. Gravity with a dynamical preferred frame// Phys. Rev. D 64, June, 2001.
13. T. Jacobson, Einstein-aether gravity: a status report// in From Quantum to Emergent Gravity: Theory and Phenomenology, (Trieste), Proceedings of Science, Jan., 2008.
14. Jacobson Ted. Extended Horava gravity and Einstein-aether theory//Phys. Rev. D 81:101502, 2010.
15. Zahra Haghani, Tiberiu Harko, Hamid Reza Sepangi, Shahab Shahidi. The scalar Einstein-aether theory// arXiv:1404.7689 [gr-qc], 30 Apr, 2014.
16. Speranza Antony J. Ponderable aether// arXiv:1504.03305 [gr-qc], 13 Apr, 2015.
17. Jacobson T. and Speranza A. J. Variations on an aethereal theme// Phys. Rev. D 92:044030 , 2015.
18. Трунев А.П. Гравитационное поле в окрестности звезды и геометрическая турбулентность// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №05(099). С. 1566 – 1587. – IDA [article ID]: 0981404111. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/111.pdf

19. Трунев А.П. Геометрическая турбулентность// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №05(099). С. 1566 – 1587. – IDA [article ID]: 0981404111. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/111.pdf

20. Трунев А.П. Геометрическая турбулентность и квантовая теория. – Palmarium Academic Publishing, ISBN 978-3-639-72485-1, 2015, 232 с.

21. Трунев А.П. Скорость гравитации и сверхбыстрое движение в общей теории относительности// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №06(100).

22. A.Z. Petrov. New methods in general relativity. - Moscow: Nauka, 1966.

23. В.А. Фок. Теория пространства, времени и тяготения (2-е изд.). – М.: ГИФМЛ, 1961.

24. L. D. Landau and E. M. Lifshitz. The Classical Theory of Fields. Pergamon, New York, second edition, 1962.

25. Steven Weinberg. Gravitation and Cosmology. – John Wiley & Sons, 1972.

26. Alcubierre M. The warp drive: hyper-fast travel within general relativity//Class.Quant.Grav. 11, L73 (1994), gr-qc/0009013.

27. Flandern T. V. The Speed of Gravity: What The Experiments Say?// Phys. Lett. A250 1-11, 1998.

28. Carlip S. Aberration and the Speed of Gravity// Phys. Lett. A267 81-87, 2000.

29. Gabriele U. Varieschi, Zily Burstein. Conformal Gravity and the Alcubierre Warp Drive Metric//arXiv:1208.3706v1 [gr-qc] 17 Aug 2012.

30. Трунев А.П. Уравнения Максвелла и Янга-Миллса в метрике ускоренных и вращающихся систем отсчета в общей теории относительности// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №108(04).

31. A. Einstein, N. Rosen. On Gravitational Waves// J. Franklin Inst., 1937, 223, 43-54.

32. Weyl Hermann. Zur Infinitesimalgeometrie: Einordnung der projektiven und konformen Aufassung// Knigliche Gesellschaft der Wissenschaften Gttingen. Mathematisch-physikalische Klasse. Nachrichten: 99-112. 1921.

33. Kaluza Theodor. Zum Unitätsproblem in der Physik. Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. Berlin. (Math. Phys.) 1921: 966–972.

34. Pran Nath. Twenty Years of SUGRA// arXiv:hep-ph/0307123v2, 20 Jul 2003.

35. Трунев А.П. Усилитель поля Янга-Миллса// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №07(111). С. 1202 – 1228. – IDA [article ID]: 1111507077. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2015/07/pdf/77.pdf

36. Трунев А.П. Конденсатор поля Янга-Миллса// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. –

№08(112). С. 2014 – 2034. – IDA [article ID]: 1121508145. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/145.pdf

37. Кривоносов Л.Н., Лукьянов В.А. Связь уравнений Янга-Миллса с уравнениями Эйнштейна и Максвелла// Journal of Siberian Federal University, Mathematics & Physics 2009, 2(4), 432-448.

38. Кривоносов Л.Н., Лукьянов В.А. Решение уравнений Янга-Миллса для центрально-симметрической метрики при наличии электромагнитного поля./ Пространство, время и фундаментальные взаимодействия, Вып.3, 2013.

39. Trunev AP. Dynamics of quarks in the hadrons metrics with application to the baryon structure // Poly-thematic electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University (Journal KubGAU) [electronic resource]. - Krasnodar KubGAU, 2013. - № 01 (085). P. 525 - 542. - Mode of access: http://ej.kubagro.ru/2013/01/pdf/42.pdf

40. Трунев А.П. Gravitational waves and quantum theory// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №02(096). С. 1146 – 1161. – IDA [article ID]: 0961402078. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/78.pdf

41. Трунев А.П. Гравитационные волны и квантовая теория Шредингера / А.П. Трунев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №02(096). С. 1189 – 1206. – IDA [article ID]: 0961402081. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/81.pdf

42. Трунев А.П., Луценко Е.В. Гравитационные волны и коэффициент эмерджентности классических и квантовых систем// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №03(097). С. 1343 – 1366. – IDA [article ID]: 0971403092. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/92.pdf

43. Трунев А.П. Метрика местного суперкластера галактик и общая теория относительности// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №10(094). С. 893 – 916. – IDA [article ID]: 0941310061. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/61.pdf

44. Yang N., Mills R.L. Conservation of Isotopic Spin and Isotopic Gauge Invariance// Phys. Rev., 96, 191, 1954.

45. Bogoliubov N.N., Struminsky B.V., Tavkhelidze A.N. On composite model in the theory of elementary particles. JINR publication D-1968, Dubna, 1965.

46. Fritzsch H., Gell-Mann M., Leutwyler H. Advantages of the color octet gluon picture// Phys. Lett. B 47, 365, 1973.

47. Девитт Б.С. Динамическая теория групп и полей. – Москва, Наука, 1987.

References

1. M. Faradej. O fizicheskih linijah magnitnoj sily/ M. Faradej. Jeksperimental'nye issledovanija po jelektrichestvu, Tom 3. AN SSSR, 1959.

2. Gaensler B. M., Beck R., Feretti L. The Origin and Evolution of Cosmic Magnetism// arXiv:astro-ph/0409100v2, 9 Sept. 2004.
3. Dzh. K. Maksvell. Izbrannye sochinenija po teorii jelektromagnitnogo polja. – M., GITTL, 1952.
4. A. Jejnshtejn. Sobranie nauchnyh trudov. Tom 1. – M., Nauka, 1965.
5. Rainich G.Y. Electrodynamics in the General Relativity Theory//Trans. Am. Math. Soc., 27,106, January 1925.
6. Misneg S. and Wheeler J. Classical Physics as Geometry // Ann. of Phys., 2, No. 6, 525—603, 1957.
7. John A Wheeler. Neutrinos, Gravitation, and Geometry/ In Rendiconti della Scuola internazionale di fisica "Enrico Fermi." Corso XI, by L. A.Radicati. Bologna: Zanichelli, 1960, 67 – 196.
8. Melvin M.A. Pure magnetic and electric geons// Physics Letters A, Volume 8, Issue 1, 1 January 1964, Pages 65–68
9. Melvin M. A. Dynamics of Cylindrical Electromagnetic Universes//Phys. Rev. 139, B225 – Published 12 July 1965.
10. Xulu S. S. Energy Distribution in Melvin's Magnetic Universe//Int. J. Mod. Phys. A15, 4849-4856, 2000.
11. Tayebeh Tahamtan, Mustafa Halilsoy. Stable Magnetic Universes// arXiv:1104.3401v1 [gr-qc]18 Apr 2011
12. Jacobson T. and Mattingly D. Gravity with a dynamical preferred frame// Phys. Rev. D 64, June, 2001.
13. T. Jacobson, Einstein-aether gravity: a status report// in From Quantum to Emergent Gravity: Theory and Phenomenology, (Trieste), Proceedings of Science, Jan., 2008.
14. Jacobson Ted. Extended Horava gravity and Einstein-aether theory//Phys. Rev. D 81:101502, 2010.
15. Zahra Haghani, Tiberiu Harko, Hamid Reza Sepangi, Shahab Shahidi. The scalar Einstein-aether theory// arXiv:1404.7689 [gr-qc], 30 Apr, 2014.
16. Speranza Antony J. Ponderable aether// arXiv:1504.03305 [gr-qc], 13 Apr, 2015.
17. Jacobson T. and Speranza A. J. Variations on an aethereal theme// Phys. Rev. D 92:044030 , 2015.
18. Trunev A.P. Gravitacionnoe pole v okrestnosti zvezdy i geometricheskaja turbulentnost'// Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №05(099). S. 1566 – 1587. – IDA [article ID]: 0981404111. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/111.pdf
19. Trunev A.P. Geometricheskaja turbulentnost'// Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №05(099). S. 1566 – 1587. – IDA [article ID]: 0981404111. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/111.pdf
20. Trunev A.P. Geometricheskaja turbulentnost' i kvantovaja teorija. – Palmarium Academic Publishing, ISBN 978-3-639-72485-1, 2015, 232 s.
21. Trunev A.P. Skorost' gravitacii i sverhbystroe dvizhenie v obshhej teorii otnositel'nosti// Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №06(100).
22. A.Z. Petrov. New methods in general relativity. - Moscow: Nauka, 1966.

23. V.A. Fok. Teorija prostranstva, vremeni i tjagotenija (2-e izd.). – M.: GIFML, 1961.
24. L. D. Landau and E. M. Lifshitz. The Classical Theory of Fields. Pergamon, New York, second edition, 1962.
25. Steven Weinberg. Gravitation and Cosmology. – John Wiley & Sons, 1972.
26. Alcubierre M. The warp drive: hyper-fast travel within general relativity//Class.Quant.Grav. 11, L73 (1994), gr-qc/0009013.
27. Flandern T. V. The Speed of Gravity: What The Experiments Say?// Phys. Lett. A250 1-11, 1998.
28. Carlip S. Aberration and the Speed of Gravity// Phys. Lett. A267 81-87, 2000.
29. Gabriele U. Varieschi, Zily Burstein. Conformal Gravity and the Alcubierre Warp Drive Metric//arXiv:1208.3706v1 [gr-qc] 17 Aug 2012.
30. Trunev A.P. Uravnenija Maksvella i Janga-Millsa v metrike uskorennyh i vrashhajushhihsja sistem otscheta v obshhej teorii otnositel'nosti// Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – №108(04).
31. A. Einstein, N. Rosen. On Gravitational Waves// J. Franklin Inst., 1937, 223, 43-54.
32. Weyl Hermann. Zur Infinitesimalgeometrie: Einordnung der projektiven und konformen Aufassung// Knigliche Gesellschaft der Wissenschaften Gttingen. Mathematisch-physikalische Klasse. Nachrichten: 99-112. 1921.
33. Kaluza Theodor. Zum Unitätsproblem in der Physik. Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. Berlin. (Math. Phys.) 1921: 966–972.
34. Pran Nath. Twenty Years of SUGRA// arXiv:hep-ph/0307123v2, 20 Jul 2003.
35. Trunev A.P. Usilitel' polja Janga-Millsa// Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – №07(111). S. 1202 – 1228. – IDA [article ID]: 1111507077. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2015/07/pdf/77.pdf
36. Trunev A.P. Kondensator polja Janga-Millsa// Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – №08(112). S. 2014 – 2034. – IDA [article ID]: 1121508145. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/145.pdf
37. Krivonosov L.N., Luk'janov V.A. Svjaz' uravnenij Janga-Millsa s uravnenijami Jejnshtejna i Maksvella// Journal of Siberian Federal University, Mathematics & Physics 2009, 2(4), 432-448.
38. Krivonosov L.N., Luk'janov V.A. Reshenie uravnenij Janga-Millsa dlja central'no-simmetricheskoj metriki pri nalichii jelektromagnitnogo polja./ Prostranstvo, vremja i fundamental'nye vzaimodejstvija, Vyp.3, 2013.
39. Trunev AP. Dynamics of quarks in the hadrons metrics with application to the baryon structure // Poly-thematic electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University (Journal KubGAU) [electronic resource]. - Krasnodar KubGAU, 2013. - № 01 (085). P. 525 - 542. - Mode of access: http://ej.kubagro.ru/2013/01/pdf/42.pdf
40. Trunev A.P. Gravitational waves and quantum theory// Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №02(096). S. 1146 – 1161. – IDA [article ID]: 0961402078. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/78.pdf
41. Trunev A.P. Gravitacionnye volny i kvantovaja teorija Shredingera / A.P. Trunev // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo

agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №02(096). S. 1189 – 1206. – IDA [article ID]: 0961402081. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/81.pdf

42. Trunev A.P., Lucenko E.V. Gravitacionnye volny i kojefficient jemerdzhentnosti klassicheskih i kvantovyh sistem// Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №03(097). S. 1343 – 1366. – IDA [article ID]: 0971403092. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/92.pdf

43. Trunev A.P. Metrika mestnogo superklastera galaktik i obshhaja teorija otnositel'nosti// Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №10(094). S. 893 – 916. – IDA [article ID]: 0941310061. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/61.pdf

44. Yang N., Mills R.L. Conservation of Isotopic Spin and Isotopic Gauge Invariance// Phys. Rev., 96, 191, 1954.

45. Bogoliubov N.N., Struminsky B.V., Tavkhelidze A.N. On composite model in the theory of elementary particles. JINR publication D-1968, Dubna, 1965.

46. Fritzsch H., Gell-Mann M., Leutwyler H. Advantages of the color octet gluon picture// Phys. Lett. B 47, 365, 1973.

47. Devitt B.S. Dinamicheskaja teorija grupp i polej. – Moskva, Nauka, 1987.