УДК 530.1+531.5+537.8

ДИНАМИЧЕСКИЕ ПОЛЕВЫЕ УРАВНЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ ТЕЛ В СРЕДЕ ФИЗИЧЕСКОГО ВАКУУМА

В. В. Сидоренков
vsidor4606@yandex.ru

На основе концепции Единого Поля силового пространственного взаимодействия материальных тел в среде физического вакуума при полноправном включении в теорию представлений о полях векторного потенциала построены и предварительно проанализированы системы динамических полевых уравнений электрического, магнитного и гравитационного полей, в соответствии с характеристиками которых скорость распространения волн всех указанных полей в точности равна скорости света в вакууме.

Одной из фундаментальных и до настоящего времени остающейся актуальной, но мало изученной проблемой физической науки является развитие и углубление наших знаний об уникальном феномене силового пространственного взаимодействия материальных тел, аналитически описываемых законами Кулона в электромагнетизме и тяготения Кавендиша [1]. На сегодня по данному вопросу достигнут существенный прогресс, где главный результат успеха проведенного исследования [2] состоит в том, что на основе анализа физических характеристик силового пространственного взаимодействия материальных тел в стационарных условиях установлена объективность существования *Единого Поля Взаимодействия* этих тел в реальном пространстве физического вакуума, обусловленного поляризацией вакуумной среды при наличии в ней Материи. При этом получено аналитическое соотношение для указанного поля взаимодействия [2], структурно тождественно, а главное адекватно описывающее различные по физической природе электрические, магнитные и гравитационные силы:

$$\boldsymbol{F}(\boldsymbol{r}) = A \cdot \frac{\hbar c}{r^3}\boldsymbol{r} = -\mathrm{grad}\left(A \cdot \frac{\hbar c}{r}\right) = -\mathrm{grad}\ U(r). \qquad (1)$$

Здесь $\hbar = h/2\pi$ - модифицированная постоянная Планка, c - скорость света [1], а A - безразмерный множитель, в виде произведения локальных физических параметров неподвижных взаимодействующих тел, нормируемого на произведение материальных констант Планка, соответствующей размерности, составленных из комбинации других фундаментальных физических констант [2]. Чтобы подчеркнуть физическую сущность множителя A, он назван «*амплитудой поляризации*» *среды физического вакуума*, поскольку только он единственно определяет численное значение силы пространственного взаимодействия материальных тел. Соответственно, в формулах (1) выражение $U(r) = A\left(\hbar c/r\right)$ есть *потенциальная энергия взаимодействия материальных тел*, или более конкретно, *энергия поляризации физического вакуума*.

Как нам представляется, с точки зрения концептуальных основ физики актуальность полученных в [2] результатов и их перспективность для дальнейшего научного развития наших знаний о феномене силового пространственного взаимодействия материальных тел не вызывает сомнений. В частности, представленное итоговое соотношение (1) однозначно показывает, что *все разговоры о скорости распространения поля гравитационного взаимодействия, по величине отличной от скорости света вплоть до бесконечности, следует считать безосновательными: скорость передачи любых полевых (пространственных) взаимодействий материальных тел определяется только свойствами физического вакуума*. Как видим, продолжение исследований поднятой здесь весьма серьезной фундаментальной проблемы вполне оправдано и необходимо, особенно при переходе от статических полей к полям динамическим.

Именно этот вопрос и будет рассматриваться в настоящей работе, поскольку, для подтверждения справедливости концепции Единого Поля, физически очевидно, что предполагаемые системы динамических полевых уравнений для всех указанных выше полей взаимодействия принципиально должны строиться по одному сценарию и быть структурно тождественными между собой.

Логика наших рассуждений при получении искомых систем динамических полевых уравнений – это на основе концепции полученных в основополагающей работе [2] результатов воспользоваться представлениями современной теории электромагнетизма [3, 4], базирующейся на полноправном включении в теорию векторных потенциалов. Говоря более конкретно, мы полностью повторим аргументацию и методику рассуждений в работе [5] при построении системы уравнений гравитационного поля, версия которых при сравнении с аналогичными уравнениями в работах по электромагнетизму [3, 4] пока получилась весьма далекой от ожидаемой. Итак, необходимо разобраться в этом!

Наши рассуждения начнем с того, что представим симметрию аналитических выражений полей *электрической, магнитной и гравитационной сил* в структурно тождественной форме, которые сразу запишем относительно векторных полей соответствующих напряженностей:

$$\text{a)}\ \boldsymbol{E}(\boldsymbol{r}) = \frac{\boldsymbol{F}^{\,эл}}{q_0^e} = \frac{q^e}{4\pi\varepsilon_0 r^3}\boldsymbol{r}\,, \qquad \text{b)}\ \boldsymbol{H}(\boldsymbol{r}) = \frac{\boldsymbol{F}^{\,мг}}{q_0^m} = \frac{q^m}{4\pi\mu_0 r^3}\boldsymbol{r}\,,$$

$$\text{c)}\ \boldsymbol{G}(\boldsymbol{r}) = \frac{\boldsymbol{F}^{\,гр}}{m_0} = \frac{m}{4\pi\gamma_0 r^3}\boldsymbol{r}\,. \qquad (2)$$

Здесь q^e, q^m и m - электрический, магнитный и гравитационный (масса) заряды; поля векторов $\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r})$ - электрической, $\boldsymbol{H}(\boldsymbol{r})$ - магнитной и $\boldsymbol{G}(\boldsymbol{r})$ - гравитационной напряженностей. Поскольку указанные взаимодействия происходят в пространстве физического вакуума, то присутствующие в формулах (2) размерные в системе единиц СИ физические постоянные ε_0, μ_0 и γ_0 будем называть *абсолютной электрической, магнитной и гравитационной проницаемостью вакуума*, где последняя константа γ_0 получается из *постоянной гравитационного взаимодействия* $G^{гр} = 1/4\pi\gamma_0 = 6{,}67\cdot 10^{-11} H\cdot(м^2/кг^2)$. Представленные здесь законы взаимодействия – это законы феноменологические и аналитически описываются эмпирическими выражениями действия *сил притяжения* (отталкивания) между двумя материальными точечными телами, находящимися на некотором расстоянии r друг от друга. При этом ни сами функциональные зависимости (2), ни их параметры никоим образом не объясняют физический механизм описываемых этими формулами явлений.

Отметим, что все представленные в (2) поля напряженностей являются *потенциальными полями* [1], а потому аналитически определяются соотношениями: $\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r}) = -\mathrm{grad}\ \varphi^e$, $\boldsymbol{H}(\boldsymbol{r}) = -\mathrm{grad}\ \varphi^m$ и $\boldsymbol{G}(\boldsymbol{r}) = -\mathrm{grad}\ \varphi^{гр}$, где $\varphi(r)$ - поле соответствующего скалярного потенциала. Подробное объяснение $\varphi(r)$ представлено в работе [2]. Таким образом, размерность векторных полей напряженности будет определяться *линейной плотностью скалярного потенциала*, или конкретно в единицах измерения системы СИ: $\{\boldsymbol{E}\}=\{В/м\}$ - электрической, $\{\boldsymbol{H}\}=\{А/м\}$ - магнитной и $\{\boldsymbol{G}\}=\{\mathrm{v}^2/м\}$ - гравитационной напряженности [5].

На примере обсуждения физических свойств электрического векторного поля покажем как можно получить систему дифференциальных динамических уравнений указанного поля, причем основой наших рассуждений будет тот факт, что функционально это поле, как и остальные поля в (2), пространственно определяется как $|\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r})| \sim 1/r^2$. То есть с учетом аналитики соотношения (2а) имеем электростатическую теорему Гаусса [1] $\oint\limits_{\forall S} \boldsymbol{D}d\boldsymbol{S} = \int\limits_{V_S} \rho^e dV = q^e$ $(\otimes)$, *поток вектора поля электрической индукции* (*смещения*) $\boldsymbol{D} = \varepsilon_0 \boldsymbol{E}$ *через произвольную замкнутую поверхность S равен суммарному стороннему электрическому заряду* q^e *в объеме* V_S *внутри этой поверхности.* Кстати, исходя из $(\otimes)$, вектор электрической индукции $\boldsymbol{D}$ является *потоковым вектором* и имеет единицы измерения $\{\boldsymbol{D}\}=\{Кл/м^2\}$, в отличие от линейного (циркуляционного) вектора $\{\boldsymbol{E}\}=\{В/м\}$ - электрической напряженности.

Соответственно, сравнивая электростатическую теорему Гаусса $(\otimes)$ с математической теоремой Гаусса-Остроградского $\oint\limits_{\forall S} \vec{a}\ d\vec{S} = \int\limits_{V_S} \mathrm{div}\, \vec{a}\ dV$, получим при $V_S \to 0$ первое дифференциальное уравнение электрического поля $\mathrm{div}\boldsymbol{D} = \rho$ $(*)$, где *объемная плотность потока векторного поля равна объемной плотности электрического заряда* $\rho = \partial q / \partial V$ в этой точке. В случае электронейтральности ($\rho = 0$) точек среды $(*)$ имеет вид $\mathrm{div}\boldsymbol{D} = 0$.

Далее из полученного дивергентного уравнения $(*)$ для свободного пространства $\mathrm{div}\boldsymbol{D} = 0$, с учетом соотношения векторного анализа $\mathrm{div}\mathrm{rot}\,\vec{a} = 0$, получаем следующее дифференциальное уравнение $\mathrm{rot}\,\boldsymbol{A}^e = \varepsilon_0 \boldsymbol{E}$ $(**)$. Здесь функция $\boldsymbol{A}^e(\boldsymbol{r})$ есть *векторный электрический потенциал* с единицами измерения в системе СИ $\{\boldsymbol{A}^e\}=\{Кл/м\}$. И еще. Во-первых, поскольку в уравнении $(**)$ вектор $\boldsymbol{A}^e$ реализуется посредством векторного произведения векторного оператора «Набла» на векторную функцию: $[\nabla, \boldsymbol{A}^e]$, то тем самым однозначно устанавливается, что <u>векторы $\boldsymbol{E}$ и $\boldsymbol{A}^e$ ортогональны между собой</u>. И во-вторых, в уравнении $(**)$ $\mathrm{rot}\,\boldsymbol{A}^e \neq 0$, а потому *поле вектора* $\boldsymbol{A}^e(\boldsymbol{r})$ *чисто вихревое*, и по этой причине можно записать еще одно уравнение электрического поля в виде кулоновской калибровки: $\mathrm{div}\,(\mu_0 \boldsymbol{A}^e) = 0 \quad (***)$.

Однако очевидность константы магнитной проницаемости вакуума μ_0 в уравнении $(***)$ на первый взгляд не оправдана и записана в дивергентном операторе лишь для подгонки под *потоковый вектор* $\mu_0 \boldsymbol{A}^e$. Более того, и единица измерения вектора $\{\mu_0 \boldsymbol{A}^e\} = \{(B \cdot c/м^2) \cdot c\}$ весьма странная, хотя физически интересно здесь то, что частное дифференцирование по времени $\partial / \partial t$ этого вектора превращает его по единицам измерения в обычный потоковый вектор магнитной индукции: $\{\mu_0 \partial \boldsymbol{A}^e / \partial t\} = \{(B \cdot c/м^2)\} = \{\boldsymbol{B}\} = \{\mu_0 \boldsymbol{H}\}$.

Результат данного рассуждения позволяет предложить функциональную связь между векторными полями магнитной *напряженности* $\boldsymbol{H}(\boldsymbol{r})$ и *векторного электрического потенциала* $\boldsymbol{A}^e(\boldsymbol{r})$ в виде соотношения:

$$\boldsymbol{H} = \frac{\partial \boldsymbol{A}^e}{\partial t}, \tag{3}$$

которое, по нашему мнению, является знаковым, поскольку оно со всей очевидностью показывает явную связь переменных во времени электрического и магнитного полей, совокупность которых, как мы видим, вполне оправданно называют *электромагнитным полем*. С практической точки зрения соотношение (3) должно далее помочь построить последнее уравнение в системе дифференциальных уравнений электрического поля. Но пока мы имеем тупик!

Именно тупиковая ситуация и непреложный факт неразрывной связи переменных во времени электрического и магнитного полей заставляет нас остановиться и перейти к аналогичным рассуждениям по построению *системы дифференциальных уравнений магнитного поля.*

Итак, следуя аналогичному сценарию, рассмотрим соотношение (2b) для сил магнитного взаимодействия материальных тел, измеренных Кулоном в опытах взаимодействия полюсов магнитных спиц [1]. Ввиду отсутствия в Природе магнитных монополей [6] первое дифференциальное уравнение магнитного поля запишется в виде $\mathrm{div}\boldsymbol{B} = 0 \quad (*)$. Откуда, с учетом соотношения векторного анализа $\mathrm{div}\,\mathrm{rot}\,\vec{a} = 0$, получаем следующее дифференциальное уравнение $\mathrm{rot}\,\boldsymbol{A}^m = \mu_0 \boldsymbol{H} \quad (**)$. Здесь функция $\boldsymbol{A}^m(\boldsymbol{r})$ есть *векторный магнитный потенциал* с единицами измерения в системе СИ $\{\boldsymbol{A}^m\} = \{(В \cdot с)/м\}$. Как видим, согласно $(**)$, векторы $\boldsymbol{H}$ и $\boldsymbol{A}^m$ взаимно ортогональны. А поскольку в уравнении $(**)$ $\mathrm{rot}\,\boldsymbol{A}^m \neq 0$, то *поле вектора* $\boldsymbol{A}^m(\boldsymbol{r})$ является *чисто вихревым*, и имено по этой причине можно записать еще одно уравнение магнитного поля в виде кулоновской калибровки: $\mathrm{div}\,(\varepsilon_0 \boldsymbol{A}^m) = 0 \quad (***)$.

Как и в рассуждениях при построении уравнений электрического поля константа электрической проницаемости вакуума ε_0 в уравнении $(***)$ также не очевидна и записана в дивергентном операторе для подгонки под *потоковый вектор* $\varepsilon_0 \boldsymbol{A}^m$. При этом единица измерения вектора $\{\varepsilon_0 \boldsymbol{A}^m\} = \{(Кл/м^2) \cdot с\}$ тоже весьма необычна, но при частном дифференцировании по времени $\partial / \partial t$ этого вектора он превращается, судя по единицам измерения, в обычный потоковый вектор электрической индукции: $\{\varepsilon_0 \partial \boldsymbol{A}^m / \partial t\} = \{Кл/м^2\} = \{\boldsymbol{D}\} = \{\varepsilon_0 \boldsymbol{E}\}$.

Результат данных рассуждений позволяет предложить функциональную связь между векторными полями *электрической напряженности* $\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r})$ и *векторного магнитного потенциала* $\boldsymbol{A}^m(\boldsymbol{r})$ в виде соотношения:

$$\boldsymbol{E} = -\frac{\partial \boldsymbol{A}^m}{\partial t}, \tag{4}$$

которое широко известно в классической теории электромагнетизма, как одно из слагаемых калибровки Лоренца [1]. Оно также со всей очевидностью показывает явную связь переменных во времени электрического и магнитного полей, совокупность которых вполне оправданно называют *электромагнитным полем*. С точки зрения решения нашей задачи соотношение (4) вместе с соотношением (3) должно помочь окончательно построить последние уравнения в системах дифференциальных уравнений электрического и магнитного поля.

Итак, совершим следующие действия, в которых, если взять ротор от соотношения (4), то с учетом уравнения $(**)$ для *векторного магнитного потенциала* $\boldsymbol{A}^m$ и подстановки сюда соотношения (3), получаем последовательную цепочку:

$$\mathrm{rot}\,\boldsymbol{E} = -\frac{\partial}{\partial t}\mathrm{rot}\,\boldsymbol{A}^m = -\mu_0 \frac{\partial \boldsymbol{H}}{\partial t} = -\mu_0 \frac{\partial^2 \boldsymbol{A}^e}{\partial t^2}.$$

В итоге имеем последнее четвертое уравнение в искомой системе дифференциальных уравнений электрического поля: $\mathrm{rot}\,\boldsymbol{E} = -\mu_0 \partial^2 \boldsymbol{A}^e / \partial t^2$ $(****)$.

Таким образом, мы можем теперь представить построенную нами систему дифференциальных динамических уравнений электрического поля с компонентами $\boldsymbol{E}$ и $\boldsymbol{A}^e$ в пространстве физического вакуума в следующем виде:

$$\text{(a)}\ \ \mathrm{rot}\,\boldsymbol{E} = -\mu_0 \frac{\partial^2 \boldsymbol{A}^e}{\partial t^2}, \qquad \text{(b)}\ \ \mathrm{div}\,(\varepsilon_0 \boldsymbol{E}) = 0, \qquad (5)$$

$$\text{(c)}\ \ \mathrm{rot}\,\boldsymbol{A}^e = \varepsilon_0 \boldsymbol{E}, \qquad \text{(d)}\ \ \mathrm{div}\,(\mu_0 \boldsymbol{A}^e) = 0.$$

Соответственно, если взять ротор от соотношения (3), то, с учетом уравнения $(**)$ для *векторного электрического потенциала* $\boldsymbol{A}^e$ и подстановки сюда соотношения (4), образуем последовательную цепочку:

$$\mathrm{rot}\,\boldsymbol{H} = \frac{\partial}{\partial t}\mathrm{rot}\,\boldsymbol{A}^e = \varepsilon_0 \frac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial t} = -\varepsilon_0 \frac{\partial^2 \boldsymbol{A}^m}{\partial t^2},$$

и в итоге получаем последнее четвертое уравнение в искомой системе дифференциальных уравнений магнитного поля: $\mathrm{rot}\,\boldsymbol{H} = -\varepsilon_0 \partial^2 \boldsymbol{A}^m / \partial t^2$ $(****)$.

Итак, мы построили систему дифференциальных уравнений магнитного поля с компонентами $\boldsymbol{H}$ и $\boldsymbol{A}^m$ в среде физического вакуума в виде:

$$\text{(a)}\ \ \mathrm{rot}\,\boldsymbol{H} = -\varepsilon_0 \frac{\partial^2 \boldsymbol{A}^m}{\partial t^2}, \qquad \text{(b)}\ \ \mathrm{div}(\mu_0 \boldsymbol{H}) = 0, \qquad (6)$$

$$\text{(c)}\ \ \mathrm{rot}\,\boldsymbol{A}^m = \mu_0 \boldsymbol{H}, \qquad \text{(d)}\ \ \mathrm{div}\,(\varepsilon_0 \boldsymbol{A}^m) = 0.$$

Комментировать и анализировать построенные здесь системы уравнений электромагнетизма мы не будем, поскольку им аналогичные, но в наиболее общем виде для реальных материальных сред, в том числе, диссипативных, подробно и весьма обстоятельно, можно сказать полностью, исследованы в большом числе работ, в частности, и в указанных [3, 4] списка литературы.

А мы вернемся к наиболее интересной части нашей задачи - построения системы дифференциальных динамических уравнений гравитационного поля. Покажем как можно получить *систему дифференциальных уравнений гравитационного поля*, где основой наших рассуждений снова будет тот факт, что функционально (2c) статическое поле тяготения $|\boldsymbol{G}(\boldsymbol{r})| \sim 1/r^2$. То есть с учетом конкретной аналитики соотношения (2c) имеем гравитационный аналог электростатической теоремы Гаусса [1] - теорему Гаусса для поля гравитации $\oint\limits_{\forall S} (\gamma_0 \boldsymbol{G})\ d\boldsymbol{S} = \int\limits_{V_S} \rho^m dV$ $(\otimes)$, где поток векторного поля $\gamma_0 \boldsymbol{G}$ через произвольную замкнутую поверхность S равен массе в объеме V_S внутри этой поверхности.

Полностью аналогичные рассуждения, проведенные при построении электромагнитных уравнений для вакуумной среды позволяют написать первое дифференциальное уравнение гравитационного поля $\operatorname{div}(\gamma_0 \boldsymbol{G}) = \rho^m$ $(*)$, где *объемная плотность потока векторного поля* $\gamma_0 \boldsymbol{G}(\boldsymbol{r})$ равна *объемной плотности массы* $\rho^m = \partial m / \partial V$ в этой точке. Причем аналогично векторам *электрической* $\boldsymbol{D} = \varepsilon_0 \boldsymbol{E}$ и *магнитной* $\boldsymbol{B} = \mu_0 \boldsymbol{H}$ *индукции в пустоте* вектор $\gamma_0 \boldsymbol{G}$ физически логично называть *вектором гравитационной индукции*. Физический смысл вектора $\gamma_0 \boldsymbol{G}$ подтверждает тот факт, что данный вектор является *потоковым вектором* и имеет единицу измерения $\{\gamma_0 \boldsymbol{G}\} = \{кг/м^2\}$, то есть он структурно и сущностно тождественен размерностям и единицам измерения физически аналогичных потоковых векторов в электромагнетизме: $\{\varepsilon_0 \boldsymbol{E}\} = \{Кл/м^2\}$ - электрической и $\{\mu_0 \boldsymbol{H}\} = \{(В \cdot с)/м^2\}$ - магнитной индукции для пустоты.

С учетом соотношения векторного анализа $\operatorname{div}\operatorname{rot} \vec{a} = 0$, получаем из уравнения $(*)$ следующее дифференциальное уравнение $\operatorname{rot} \boldsymbol{A}^{гр} = \gamma_0 \boldsymbol{G}$ $(**)$. Здесь функция $\boldsymbol{A}^{гр}(\boldsymbol{r})$ есть *векторный гравитационный потенциал* с единицами измерения $\{кг/м\}$, который структурно и сущностно подобен размерностям и единицам измерения $\{\boldsymbol{A}^e\} = \{Кл/м\}$ - *электрического* и $\{\boldsymbol{A}^m\} = \{В \cdot с/м\}$ - *магнитного векторных потенциалов* в электромагнетизме. Из уравнения $(**)$, как пояснено выше, необходимо следует, что <u>векторы $\boldsymbol{G}$ и $\boldsymbol{A}^{гр}$ взаимно ортогональны</u>. А во-вторых, в уравнении $(**)$ $\operatorname{rot} \boldsymbol{A}^{гр} \neq 0$, а потому *поле вектора* $\boldsymbol{A}^{гр}(\boldsymbol{r})$ *чисто вихревое*, и по этой причине можно записать еще одно уравнение в виде кулоновской калибровки: $\operatorname{div}(\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} \boldsymbol{A}^{гр}) = 0$ $(***)$.

Правомерность введения в уравнение $(***)$ коэффициента $\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} = 1/c_0$, обратно пропорционального скорости света в вакууме обсуждается в работе [5]. Здесь важно лишь то, что единицы измерения вектора $\{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} \boldsymbol{A}^{гр}\} = \{(кг/м^2) \cdot с\}$

структурно подобны аналогичным векторам на основе векторных потенциалов [3, 4]: $\{\varepsilon_0 \boldsymbol{A}^m\} = \{(Кл/м^2)\cdot c\}$ и $\{\mu_0 \boldsymbol{A}^e\} = \{(B\cdot c/м^2)\cdot c\}$, дифференцирование которых по времени дают вектора соответствующих *индукций*: *электрической* $\{\varepsilon_0 \partial \boldsymbol{A}^m/\partial t\} = \{Кл/м^2\} = \{\varepsilon_0 \boldsymbol{E}\}$, *магнитной* $\{\mu_0 \partial \boldsymbol{A}^e/\partial t\} = \{(B\cdot c/м^2)\} = \{\mu_0 \boldsymbol{H}\}$ и *гравитационной* $\{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}\partial \boldsymbol{A}^{гр}/\partial t\} = \{кг/м^2\} = \{\gamma_0 \boldsymbol{G}\}$.

Эти результаты позволяют предложить функциональную связь между векторными полями *гравитационной напряженности* $\boldsymbol{G}(\boldsymbol{r})$ и *векторного гравитационного потенциала* $\boldsymbol{A}^{гр}(\boldsymbol{r})$ в виде соотношения:

$$\boldsymbol{G} = \frac{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}{\gamma_0}\frac{\partial \boldsymbol{A}^{гр}}{\partial t}, \qquad (7)$$

которое, как нам представляется, является фундаментальным, поскольку структурно аналогичен знаковым в электродинамике соотношениям: $\boldsymbol{E} = -\partial \boldsymbol{A}^m/\partial t$ (4) и $\boldsymbol{H} = \partial \boldsymbol{A}^e/\partial t$ (3).

Для продолжения наших исследований рассмотрим цепочку, в которой сначала берется ротор от соотношения (7), а затем после учета уравнения $(**)$ для *векторного гравитационного потенциала* $\boldsymbol{A}^{гр}$ подставляется сюда снова соотношение (7), но уже продифференцированное по времени $\partial/\partial t$:

$$\operatorname{rot}\boldsymbol{G} = -\frac{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}{\gamma_0}\frac{\partial}{\partial t}\operatorname{rot}\boldsymbol{A}^{гр} = -\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}\frac{\partial \boldsymbol{G}}{\partial t} = -\frac{\varepsilon_0\mu_0}{\gamma_0}\frac{\partial^2 \boldsymbol{A}^{гр}}{\partial t^2}.$$

Итак, мы получаем последнее уравнение в искомой системе дифференциальных уравнений гравитационного поля: $\operatorname{rot}\boldsymbol{G} = -(\varepsilon_0\mu_0/\gamma_0)\,\partial^2 \boldsymbol{A}^{гр}/\partial t^2$ $(****)$, где проверка знака в этом уравнении проведена в работе [5], где анализировалась его промежуточная версия: $\operatorname{rot}\boldsymbol{G} = -\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}\,\partial \boldsymbol{G}/\partial t$.

Таким образом, мы построили наконец искомую <u>систему дифференциальных динамических уравнений гравитационного поля</u> с векторными компонентами $\boldsymbol{G}$ и $\boldsymbol{A}^{гр}$ в среде физического вакуума:

$$\text{a) } \operatorname{rot}\vec{G} = -\frac{\varepsilon_0\mu_0}{\gamma_0}\frac{\partial^2 \vec{A}^{гр}}{\partial t^2}, \qquad \text{b) } \operatorname{div}(\gamma_0\vec{G}) = \rho^m, \qquad (8)$$

$$\text{c) } \operatorname{rot}\vec{A}^{гр} = \gamma_0\vec{G}, \qquad \text{d) } \operatorname{div}(\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}\vec{A}^{гр}) = 0.$$

Как и должно быть, согласно концепции Единого Поля силового пространственного взаимодействия материальных тел в среде физического вакуума [2], система (8) структурно идентична полученным здесь системам динамических уравнений электрического (5) и магнитного (6) полей для вакуумной среды.

Как видим, представленные в системе (8) уравнения (8a) и (8c) в совокупности структурно являются первичными уравнениями гравитационных волн. В этом можно легко убедиться, взяв, как обычно, ротор от одного из роторных уравнений системы, и после чего подставить в него другое роторное уравнение той же системы. Например, в качестве иллюстрации получим волновое уравнение относительно $\boldsymbol{G}$:

$$\mathrm{rotrot}\,\boldsymbol{G} = \mathrm{graddiv}\,\boldsymbol{G} - \Delta\boldsymbol{G} = -\frac{\varepsilon_0\mu_0}{\gamma_0}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\mathrm{rot}\,\boldsymbol{A}^{гр} = -\varepsilon_0\mu_0\frac{\partial^2\boldsymbol{G}}{\partial t^2} = -\frac{1}{c_0^2}\frac{\partial^2\boldsymbol{G}}{\partial t^2} .$$

Аналогично рассуждая, получим волновое уравнение относительно $\boldsymbol{A}^{гр}$:

$$\mathrm{rotrot}\,\boldsymbol{A}^{гр} = \mathrm{graddiv}\,\boldsymbol{A}^{гр} - \Delta\boldsymbol{A}^{гр} = \gamma_0\mathrm{rot}\,\boldsymbol{G} = -\varepsilon_0\mu_0\frac{\partial^2\boldsymbol{A}^{гр}}{\partial t^2} = -\frac{1}{c_0^2}\frac{\partial^2\boldsymbol{A}^{гр}}{\partial t^2} .$$

Тогда окончательно имеем $\Delta\boldsymbol{G} - \frac{1}{c_0^2}\frac{\partial^2\boldsymbol{G}}{\partial t^2} = 0$ и $\Delta\boldsymbol{A}^{гр} - \frac{1}{c_0^2}\frac{\partial^2\boldsymbol{A}^{гр}}{\partial t^2} = 0$, где константа $c_0 = 1/\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}$ является *скоростью света в физическом вакууме*. Следовательно, скорость распространения гравитационных волн $\mathrm{c}^{гр}$ определяется только лишь электрическими ε_0 и магнитными μ_0 параметрами пространства физического вакуума и в точности равна скорости света (электромагнитных волн) в свободном от Материи пространстве: $\mathrm{c}^{гр} = \mathrm{c}_0$. В итоге возникает физически очевидный вопрос, что это за волны, и каковы характеристики распространения таких волн? Здесь конечно требуется подробный анализ решений указанных волновых уравнений, который следует провести в дальнейшем. Но уже сейчас можно уверенно сказать, что, согласно соотношению (7), где $\boldsymbol{G} \sim \partial\boldsymbol{A}^{гр}/\partial t$, колебания взаимно ортогональных векторных полевых компонент $\boldsymbol{G}(\boldsymbol{r},t)$ и $\boldsymbol{A}^{гр}(\boldsymbol{r},t)$ в плоской гармонической волне гравитационного поля имеют относительно друг друга сдвиг по фазе на $\pi/2$.

Далее возникает физически очевидный, принципиальный вопрос: что переносят такие волны? Другими словами, необходимо прояснить физическое содержание представленной здесь системы уравнений гравитационного поля. На этот вопрос уравнения системы (8) способны ответить посредством уравнения энергетического баланса, а именно

$$\boldsymbol{A}^{гр}\operatorname{rot}\boldsymbol{G}-\boldsymbol{G}\operatorname{rot}\boldsymbol{A}^{гр}=\operatorname{div}[\boldsymbol{G},\boldsymbol{A}^{гр}]=-\frac{\varepsilon_0\mu_0}{\gamma_0}\boldsymbol{A}^{гр}\frac{\partial^2\boldsymbol{A}^{гр}}{\partial t^2}-\gamma_0(\boldsymbol{G},\boldsymbol{G})\,. \qquad (9)$$

Видно, что соотношение энергетического баланса (9) характеризует в данной точке пространства объемную плотность механической энергии (слагаемые слева), изменение которой определяет транспорт в окружающее пространство объемной плотности потока вектора поверхностной плотности энергии (дивергентное слагаемое). Кстати, обсуждаемое здесь соотношение (9) с учетом формулы связи $\boldsymbol{G}$ и $\boldsymbol{A}^{гр}$ (7) математически тождественно полученному в работе [5] соотношению энергетического баланса (5). Интересно, что и в случае стационарного гравитационного поля ($\partial/\partial t=0$) соотношение баланса (9) также работает, иллюстрируя то, что объемная плотность механической энергии (последнее слагаемое слева) принципиально определяется транспортом извне объемной плотности гравитационного потока (дивергентное слагаемое), либо наоборот (9), источник энергии статической гравитации создает гравитационный поток наружу. Таким образом, система уравнений гравитационного поля (8) действительно физически содержательна и перспективна, а потому требует дальнейшего серьезного изучения, а следующее из нее соотношение энергетического баланса (9) представляет собой гравитационный аналог широко известной энергетической теоремы Умова-Пойнтинга [1].

<u>В заключение подведем итог и отметим основные результаты</u>:

– на основе концепции Единого Поля силового пространственного взаимодействия материальных тел в среде физического вакуума при полноправном включении в теорию представлений о полях векторного потенциала построены и предварительно проанализированы системы динамических полевых уравнений электрического, магнитного и гравитационного полей, структурно тождественные между собой;

– независимым путем установлено, что переменные во времени электрическое с компонентами $\boldsymbol{E}$, $\boldsymbol{A}^{e}$ и магнитное с компонентами $\boldsymbol{H}$, $\boldsymbol{A}^{m}$ поля, действительно находятся в неразрывной связи, составляя единство в виде электромагнитного поля, распространяющегося в виде $4^{\text{х}}$ - компонентной волны;

– показано, что гравитационное поле принципиально реализуется совокупностью двух векторных полевых компонент, а именно, взаимно ортогональными векторами гравитационной напряженности $\boldsymbol{G}$ и гравитационного векторного потенциала $\boldsymbol{A}^{гр}$, колебания которых при волновом распространении имеют относительно друг друга сдвиг по фазе на $\pi/2$;

– делается вывод о том, что уравнения гравитационного поля никоим образом не коррелируют с уравнениями электромагнитного поля, то есть *поля гравитации и электромагнетизма физически независимы*, хотя все эти поля распространяются в одном пространстве – физическом вакууме, где скорость распространения волн гравитации в точности равна скорости света в вакууме.

Литература

1. Физический энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. - М.: Советская энциклопедия, 1983.

2. *Сидоренков В.В.* Единое поле силового пространственного взаимодействия материальных тел // XLVII Всероссийская конференция по проблемам физики частиц, физики плазмы и конденсированных сред, оптоэлектроники: Тезисы докладов. Секция «Теоретическая физика». - М.: РУДН, 2011. С. 67-69; // http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/101231162031.pdf .

3. *Сидоренков В.В* Обобщение физических представлений о векторных потенциалах в классической электродинамике // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. - 2006. - № 1. - С. 28-37; // http://scipeople.ru/publication/100582/ .

4. *Сидоренков В.В.* Физические основы современной теории электромагнитного поля // http://scipeople.ru/publication/106024/ .

5. *Сидоренков В.В.* Построение и предварительный анализ системы уравнений гравитационного поля // http://sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/11782.html .

6. *Сидоренков В.В.* Монополь Дирака – фантом физической науки // http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/100324185010.pdf .