

УДК 530.01

В.Т. САРЫЧЕВ

НЕРАСКРЫТЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ТЕОРИИ МАКСВЕЛЛА

Предлагается презентация по истории создания теории электромагнитного поля Дж. К. Максвелла. Показано, что потенциальные возможности уравнений Максвелла далеко не исчерпаны. Уравнения допускают объединение электромагнитного и гравитационного полей в единое комплексное поле. Это поле описывается системой дифференциальных уравнений, которая отличается от уравнений Максвелла тем, что они не имеют внешних источников поля. Источники в этих уравнениях представляет 4-вектор тока, который является нелинейной функцией компонент комплексного поля. В качестве иллюстрации приводится частное решение уравнений, которое представляет полевую модель элементарных частиц, обладающих массой и электрическим зарядом.

Ключевые слова: гравитация, электромагнитное поле, эфир, преобразования Лоренца, электрон.

Теория электромагнитного поля создавалась Максвеллом не один год, поэтому дату юбилея теории следует рассматривать как некоторый ключевой этап её становления. Труды Максвелла по теории электромагнитного поля опубликованы в трех главных статьях: «On Faraday's Lines of Force» (1855–1856), «On Physical Lines of Force» (1861–1862) и «A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field» (1864). Русскоязычная версия указанных работ содержится в избранных сочинениях по теории электромагнитного поля Дж. К. Максвелла [1].

Общий план создания теории электромагнитного поля представлен в первом абзаце статьи «О линиях сил Фарадея». Максвелл пишет: «...для успешного развития теории необходимо, прежде всего, упростить выводы прежних исследований и привести их к форме, наиболее доступной восприятию. Результаты такого упрощения могут быть представлены или чисто математической формулой или физической гипотезой». Указывая на достоинства и недостатки этих способов, он предлагает использовать дополнительно физическую аналогию: «Под физической аналогией я разумею то частное сходство между законами двух каких-нибудь областей науки, благодаря которому одна является иллюстрацией для другой».

В своих исследованиях Максвелл придерживается физической гипотезы, «что имеется какая-то эфирная среда, заполняющая пространство и пронизывающая все тела, которая обладает способностью быть приводимой в движение, передавать это движение от одной своей части к другой и сообщать это движение плотной материи, нагревая её и воздействуя на неё разнообразными способами». Для описания свойств этой среды он использует математический аппарат теории несжимаемой жидкости и теорию потенциала. Экспериментальной базой теории являлись результаты исследований М. Фарадея. Достаточно полно история теории эфира и электричества представлена в одноименной монографии Э. Уиттекера [2]. Целью данного сообщения является демонстрация нераскрытых возможностей уравнений Максвелла.

Эти уравнения содержат 20 переменных величин, определяемых 20 выражениями; 18 из них могут быть представлены шестью векторами: A – электромагнитное количество движения, H – магнитная интенсивность, E – электродвижущая сила, j – электрический ток, f – электрическое смещение, $j' = j + df/dt$ – полный ток – и скалярами: ρ – плотность электрического заряда, ϕ – электрический потенциал (терминология Максвелла). Современна лоренц-инвариантная форма уравнений имеет вид волнового уравнения:

$$\square A = -4\pi J, A = (\phi, \mathbf{A}), J = (J_0, \mathbf{J}), J_0 = \rho, \mathbf{J} = \mathbf{j}/c. \quad (1)$$

Это выражение предполагает, что состояние эфира определяется 4-векторным потенциалом A , а роль источника поля играет 4-вектор тока J . Для определения тока требуются материальные уравнения. Максвелл не уточняет, что понимается под плотной материей, тогда как Фарадей считает материальные частички сгустком электромагнитного поля.

Если по началу материя была инородным вкраплением в эфир, то в конце XIX века ситуация начала меняться. Г.А. Лоренц предлагал «...мыслить частички материи как некоторые местные изменения в состоянии эфира» [3]. О. Хевисайд считал эфир великой кладовой гравитационной энергии. Ещё в 1893 г. он усматривал аналогию между гравитацией и электромагнетизмом. Предлагал для описания гравитационных явлений уравнения, подобные максвелловским [4].

В 1912 г. Ми публикует работу «Основы теории материи», в которой пишет, что электромагнитное и гравитационное поля образуют интерьер электрона и что природа электрона не отличается от природы эфира [5]. Однако какой-либо конкретной модели электрона Ми не предлагал, она лишь указывала путь, по которому следует двигаться для создания подобной модели.

Во второй декаде прошлого столетия интерес к теории эфира начал быстро угасать в связи с появлением квантовой механики, специальной и общей теориями относительности. Тем не менее бросать исследования на пути, указанном Фарадеем, Томсоном, Максвеллом, Лоренцем, Ми и другими приверженцами гипотезами эфира, неблагоразумно. Основная трудность, мешающая движению в этом направлении, – отсутствие идей по включению гравитации в сферу влияния уравнений Максвелла и определение источников поля в этих уравнениях. Однако это препятствие преодолимо. Примером могут служить работы Л. Бриллюэна [6] и В.Т. Сарычева [7]. В [7] в качестве основного выражения, описывающего свойства эфира, предлагается использовать волновое уравнение (1), а компоненты 4-потенциала A и 4-тока J считать комплексными, определяя их выражениями

$$J_0 = \frac{i}{8\pi}(\mathbf{E}^2 + \mathbf{H}^2), \quad \mathbf{J} = \frac{i}{4\pi}[\mathbf{E}\mathbf{H}]; \quad A = A_e + iA_G, \quad \mathbf{E} = -\nabla A_0 - \partial A / \partial t, \quad \mathbf{H} = [\nabla A]. \quad (2)$$

Система (1) при таком определении источников становится замкнутой, а компоненты тока удовлетворяют закону сохранения заряда при условии, что для потенциала A справедливо калибровочное соотношение Лоренца. Мнимые величины в (2) соответствуют гравитационному полю, реальные – электромагнитному. Таким образом, первичным понятием теории комплексного поля предлагается считать только комплексный 4-вектор потенциал A .

Существенной помехой развития теории эфира являются попытки создать механические модели эфира. Если эфир является первичной субстанцией, то законы механики должны быть следствием свойств эфира, а не наоборот. Механические понятия должны определяться полем. Например, в [6] показано, что решениям волнового уравнения, представляющим полевые модели частиц, соответствуют следующие выражения массы m , электрического заряда e , магнитного момента $\boldsymbol{\mu}$ и спина \mathbf{s} :

$$q = e + im = \frac{i}{8\pi} \int (\mathbf{E}^2 + \mathbf{H}^2) dr, \quad \mathbf{j} = \frac{i}{4\pi} \int [\mathbf{E}\mathbf{H}] dr, \quad \boldsymbol{\mu} = \boldsymbol{\mu}_e + i\mathbf{s} = \frac{i}{4\pi} \int [r[\mathbf{E}\mathbf{H}]] dr.$$

Здесь используется система единиц, в которой основной единицей размерности является длина. Например, E [см⁻¹] = 3.48·10²⁴ E в CGS. Масса и электрический заряд электрона имеют следующие значения: $m = 6.76 \cdot 10^{-56}$ см и $e = -1.38 \cdot 10^{-34}$ см.

Есть основания полагать, что выражением (1) может описать достаточно широкий круг физических явлений, начиная с частиц микромира и кончая астрономическими объектами. Однако это перспективы далекого будущего. На сегодняшний день в [6] представлены лишь два частных решения этого уравнения. Одно – строгое аналитическое решение для стационарного сферически симметричного случая, второе – численное решение стационарной задачи с осевой симметрией. Ценность аналитического решения заключается в том, что оно может раскрыть глубинный смысл некоторых законов механики.

При сферической симметрии для стационарного случая уравнение (1) имеет следующее решение:

$$\varphi = \frac{2}{i} \ln \left(1 + i \frac{q}{2r} \right); \quad E_r = \frac{e}{(r - m/2)^2 + e^2/4} + i \frac{m(r - \gamma)}{r((r - m/2)^2 + e^2/4)}, \quad \gamma = \frac{e^2 + m^2}{2m}, \quad q = e + im. \quad (3)$$

Это решение получено для инерциальной системы отсчета (ИСО) S_0 , покоящейся относительно эфира. В ИСО S_v , которая движется относительно S_0 со скоростью $V = (V_0, \mathbf{V})$, также могут существовать аналогичные решения, зависящие лишь от одной скалярной величины r_v . Значение этой величины определяется выражением $r_v = |\mathbf{r} + \mathbf{V}(\mathbf{V} \cdot \mathbf{r}) / (1 + V_0) - \mathbf{V}t|$, следующим из преобразований Лоренца. В ИСО S_v плотность комплексного 4-тока J_v и комплексный 4-ток P_v определяются выражениями $J_v = i(E_{r,v}^2, \mathbf{0}) / 8\pi$, $P_v = \iiint J_v dr_v = (q, \mathbf{0})$. Лоренцева трансформация этих токов из ИСО S_v

в ИСО S_0 приводит к следующим соотношениям: $J = iE_{r,v}^2 V / 8\pi$, $P = qV$. Таким образом, если в ИСО S_v только плотность комплексного заряда и комплексный заряд отличны от нуля, а токи от-

существуют, то в ИСО S_0 появляются токи в направлении вектора V . Кроме того, в ИСО S_0 наблюдается комплексное магнитное поле H , которое подчиняется соотношению $E_{r,v}^2 = E^2 - H^2$.

Мнимым компонентам комплексного 4-тока P_v и P соответствуют механические 4-векторы энергии-импульса: $P_{0,v}' = m$, $P_v' = 0$ и $P_0' = mV_0$, $P' = mV$. Эти компоненты удовлетворяют тождеству $P_0'^2 - P'^2 = m^2$. Здесь у символа m в определении масса покоя термин «покоя» является лишним. Скалярные величины лоренц-инвариантны. В данном случае масса является постоянной интегрирования по всему пространству квадратов напряженности реальных компонент комплексного поля минус квадраты напряженности мнимых компонент.

В ИСО S_0 форма поверхностей равной плотности комплексного заряда имеет вид эллипсоида вращения, малая ось которого ориентирована вдоль вектора V , и она короче большей в V_0 . Деформация сферы в эллипсоид поддерживается движением поля как целого относительно ИСО S_0 . Именно эта деформация, а точнее лоренц-ковариантность волнового уравнения, ответственна за соблюдение закона инерции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Максвелл Дж. К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. – М.: ИТТЛ, 1954. – 688 с.
2. Уиттекер Э. История теории эфира и электричества. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». 2001. – 512 с.
3. Лоренц Г. А. Теория электронов и её применение к явлениям света и теплового излучения. – М.: ГИТТЛ, 1956. – 472 с.
4. Heaviside O. Electromagnetic Theory. – London: "The Electrician" Printing and Publishing Company, Limited, 1916. – V. 1. – 466 p.
5. Mie G. Grundlagen einer Theorie der Materie // Ann. Phys. – 1912. – V. 37. – P. 511–534.
6. Бриллюэн Л. Новый взгляд на теорию относительности. – М.: Мир, 1972. – 144 с.
7. Сарычев В. Т. // Изв. вузов. Физика. – 2012. – Т. 55. – № 8. – С. 96–102.

Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, Россия
E-mail: vsarychev@mail.tsu.ru

Поступила в редакцию 27.08.15.

Сарычев Валерий Тимофеевич, д.ф.-м.н., профессор.

V.T. SARYCHEV

AN UNREVEALED OPPORTUNITY OF MAXWELL'S THEORY

It is proposed a presentation on the history of the Maxwell theory of electromagnetic field. It is shown that the potential of Maxwell's equations are far from exhausted. Equations can combine electromagnetic and gravitational fields into a single complex field. This field is described by a system of differential equations, which differs from the Maxwell equations so that they do not have external field sources. The source of these equations is a 4-vector current, which is a nonlinear function of the components of the complex field. As an illustration, given a particular solution of equations, this is a field model of elementary particles with mass and electric charge.

Keywords: gravity, electromagnetic field, aether, Lorentz transformations, electron.

REFERENCES

1. Maksvell. J. K. Izbrannye sochinenija po teorii jelektromagnitnogo polja. M.: ITTL, – 1954. – 688 s. (In Russ.)
2. Uitteker JE. Istorija teorii jefira i jelektrichestva. – Izhevsk: NIC «Reguljarnaja i haoticheskaja dinami-ka». 2001.– 512 s. (In Russ.)
3. Lorenc G.A. Teorija jelektronov i ejo primenenie k javlenijam sveta i teplovogo izluchenija. M.: GITTL. - 1956. – 472 s. (In Russ.)
4. Heaviside O., Electromagnetic theory. – London: "The Electrician" printing and publishing company, limited. Vol. 1. 1916.– 466 p
5. Mie G. "Grundlagen einer Theorie der Materie" in Annalen der Physik, V. 37, 1912, pp. 511–534.
6. Brilljujen L. Novyj vzgljad na teoriju otnositel'nosti. M.: «Mir», 1972. – 144 s. (In Russ.)
7. Sarychev V.T.//Izv. Vuzov. Fizika.– 2012.–№8.–S. 96-102. (In Russ.)

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia
E-mail: vsarychev@mail.tsu.ru

Sarychev Valerij Timofeevich, Dr.Sc., Prof.