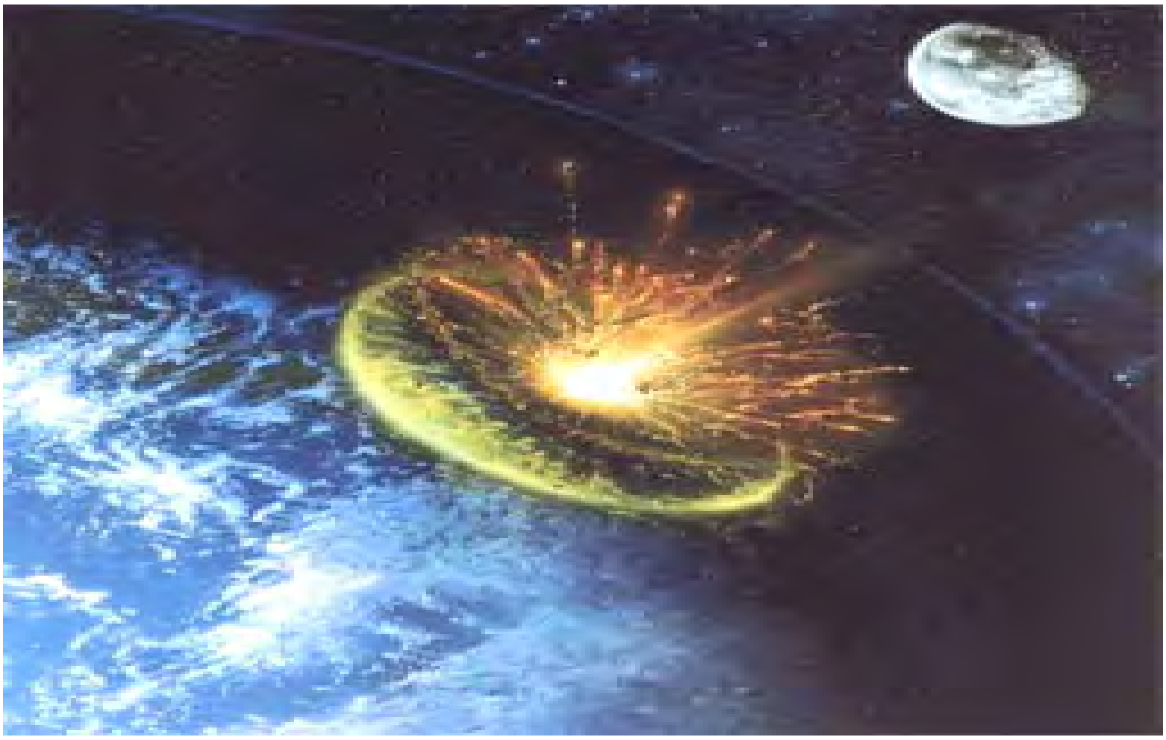

Лоренц-ковариантное дальнодействие

Мария Корнева, Виктор Кулигин, Галина Кулигина

Аннотация:

В статье показано, что физики допускают математическую ошибку, считая, что любые решения уравнения Даламбера являются функциями запаздывающих потенциалов. Приводится доказательство того, что существуют вырожденные решения этого уравнения (мгновенное дальнодействие). Требование от уравнений релятивистской ковариантности не спасает от появления вырожденных решений. Таким образом, релятивистская физика на словах постулирует предельную скорость распространения взаимодействий, а на деле описывает взаимодействие зарядов через мгновенное действие на расстоянии.

Введение

Целью работы является сравнение постановки математической и физической задач для нахождения решения неоднородного волнового уравнения (уравнения Даламбера). Сразу же сделаем принципиально важное замечание. Никаких переходов из одной инерциальной системы отсчета в другую мы делать не будем. Следовательно, начальные условия и любое решение уравнения Даламбера мы будем рассматривать в **общем** для всех решений пространстве и **едином** для всех решений времени. Иными словами, потенциал в заданной точке (решение задачи) однозначно определяется начальными условиями, координатами этой точки и моментом времени фиксации потенциала.

Математическая постановка задачи.

Рассмотрим для простоты неоднородное волновое уравнение (одномерный случай) [1]

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\frac{1}{c^2} f(x;t) \quad (1)$$

где: u - искомый потенциал; f/c^2 - обильность источника потенциала u.

Пусть заданы соответствующие граничные условия и начальные условия

$$u(x;0)=\phi(x)\,; \qquad \left.\frac{\partial u(x;t)}{\partial t}\right|_{t=0}=\psi(x) \qquad (2)$$

В [1] доказано, что решение этой задачи существует и оно единственно

$$u(x;t)=\frac{\phi(x+ct)+\phi(x-ct)}{2}+\frac{1}{2c}\int_{x-ct}^{x+ct}\psi(\xi)d\xi+\frac{1}{2c}\int_0^t d\tau\int_{x-c(t-\tau)}^{x+c(t-\tau)}f(\xi;\tau)d\xi \qquad (3)$$

Физическая постановка задачи (1 вариант).

В физике интересуются (как правило) полями, которые создают источники потенциала. В выражении (3) эти потенциалы описываются третьим членом. Потенциалы, обусловленные начальными условиями (ϕ и ψ), не имеют своих источников. По этой причине часто их полагают равными нулю. В этом смысле первый вариант сводится к математической постановке задачи с нулевыми начальными условиями. Здесь единственность решения сохраняется.

Физическая постановка задачи (2 вариант).

Однако весьма часто в физике встречаются случаи особого рода. Проиллюстрируем это на примере уравнений электродинамики в калибровке Лоренца.

$$\frac{\partial^2 A_i}{\partial x_k^2}=-\mu j_i \qquad (4)$$

где:

$$j_i=c\rho u_i \qquad (5)$$

A_i - 4-потенциал заряда; j_i – 4-вектор плотности тока; ρ - плотность пространственного заряда, измеренная в системе отсчета, связанной с зарядом; u_i – 4-вектор скорости заряда.

Потенциал A_i, входящий в уравнение (4), должен удовлетворять условию калибровки Лоренца

$$\partial A_i/\partial x_i=0 \qquad (6)$$

где $A_i=\phi u_i/c$; ϕ - скалярный потенциал неподвижного заряда; u_i – 4-вектор скорости заряда.

Вот здесь и возникают особенности, которые не учитывает современная электродинамика. Причина в том, что теперь мы уже не можем **произвольно** задавать начальные условия, как в случае первого варианта постановки физической задачи. Начальные условия могут оказаться несовместными с условием (6). Этот наиболее интересный случай будет рассмотрен ниже.

1. Второй вариант физической постановки задачи

Рассмотрим второй вариант постановки физической задачи на простом конкретном примере. Будем искать скалярный потенциал равномерно движущегося точечного заряда, который равномерно движется вдоль оси x.

Скалярный потенциал ϕ движущегося заряда удовлетворяет уравнению

$$\Delta\phi-\frac{\partial^2\phi}{c^2\partial t^2}=-\frac{q}{4\pi\varepsilon a^2}\delta(x-vt;y;z) \qquad (1.1)$$

В свою очередь, векторный потенциал **равномерно** движущегося заряда связан со скалярным потенциалом соотношением (5), которое можно записать в форме $\mathbf{A} = \phi\mathbf{v}/c^2$.

Помимо этого, существует условие калибровки Лоренца (6) $div\mathbf{A} + \frac{1}{c^2}\frac{\partial\phi}{\partial t} = 0$.

Если подставить выражение для векторного потенциала в условие калибровки Лоренца, то эти дополнительные условия совместно дадут уравнение непрерывности для скалярного потенциала ϕ

$$div\mathbf{v}\phi + \frac{\partial\phi}{\partial t} = 0 \qquad (1.2).$$

Из выражения (1.2) следует, что производная потенциала во времени (рассматриваемая как начальное условие при $t = 0$) не может быть задана произвольным образом. Например, она не может быть равной нулю, как при первом варианте постановки физической задачи. Более того, мы можем, используя (1.2), вычислить и вторую производную потенциала по времени.

При равномерном движении заряда вдоль оси x можно найти следующие выражения:

$$\frac{\partial\phi}{\partial t} = -div\mathbf{v}\phi = -v\frac{\partial\phi}{\partial x}; \qquad \frac{\partial^2\phi}{\partial t^2} = -\frac{\partial}{\partial t}(v\frac{\partial\phi}{\partial x}) = -v\frac{\partial}{\partial x}\frac{\partial\phi}{\partial t} = v^2\frac{\partial^2\phi}{\partial x^2} \qquad (1.3)$$

Учитывая (1.3), легко привести волновое уравнение (1.1) к уравнению эллиптического типа

$$\frac{\partial^2\phi}{\partial x^2}(1-\frac{v^2}{c^2}) + \frac{\partial^2\phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\phi}{\partial x^2} = -\frac{q}{\varepsilon}\delta(x - vt; y; z) \qquad (1.4)$$

Обратите внимание на следующий факт. Теперь нам **нет необходимости задавать начальные условия**, поскольку производная по времени от потенциала ϕ в уравнении (1.4) отсутствует!

Далее делаем замену $\xi = x/\sqrt{1-(v/c)^2}$ и обращаем выражение (1.4) в уравнение Пуассона.

$$\frac{\partial^2\phi}{\partial\xi^2} + \frac{\partial^2\phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\phi}{\partial x^2} = -\frac{q}{\varepsilon}\delta(\xi\sqrt{1-(v/c)^2} - vt; y; z) \qquad (1.5)$$

Решением этого уравнения будет потенциал Лоренца, который является дальнодействующим (уравнение Пуассона!)

$$\phi_L = \frac{q}{4\pi\varepsilon\sqrt{(x-vt)^2 + (1-v^2/c^2)(y^2+z^2)}} \qquad (1.6)$$

Потенциал (1.6) удовлетворяет уравнениям (1.1) и (1.4) одновременно. Как уже говорилось, потенциал, определяемый выражением (1.6), не является запаздывающим, поскольку он является решением уравнения (1.4). Он является **дальнодействующим** потенциалом (мгновенное дальнодействие).

С другой стороны, он является также решением волнового уравнения (1.1). Противоречия в этом нет. Дальнодействующие решения в некоторых случаях могут удовлетворять волновому уравнению. Такие решения мы называем **вырожденными решениями** волнового уравнения.

2. Вырожденное решение

Рассмотрим вывод выражения (1.6), предложенный Лоренцем. Лоренц исходил из того, что потенциал покоящегося заряда описывается уравнением Пуассона

$$\Delta\phi = -\frac{\rho}{\varepsilon} \qquad (2.1)$$

Потенциал, описываемый выражением (2.1) является **дальнодействующим**. Далее, чтобы получить выражение для потенциала движущегося заряда, он использует свое преобразование

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1-(v/c)^2}}; \quad y' = y; \quad z' = z; \quad t' = \frac{t - xv/c^2}{\sqrt{1-(v/c)^2}} \qquad (2.2)$$

В результате он получает выражение (1.6).

Отсюда можно сделать ряд выводов. Если исходный потенциал был дальнодействующим, он останется дальнодействующим после преобразования Лоренца. Соответственно, если потенциал до преобразования был запаздывающим, после применения преобразования Лоренца он не станет дальнодействующим, а сохранит запаздывание.

– **Вывод 1.** Преобразование Лоренца это обычное алгебраическое преобразование 4-координат, и оно не меняет **функционального** характера преобразуемых потенциалов. Заметим также, что вырожденное решение (1.6), как и исходное уравнение (1.1), является Лоренц-ковариантным. Как следствие **Лоренц-ковариантность** волнового уравнения и его решений не может служить индикатором или признаком их **запаздывающего** характера.

Выражение (1.6) является решением волнового уравнения (удовлетворяет неоднородному волновому уравнению (1.1)). Иными словами, это выражение является **прямым решением** волнового уравнения при задании соответствующих начальных условий в рамках **математической** постановки задачи.

Используя (1.6), мы можем найти начальные условия для **математической** постановки задачи Коши для уравнения (1.1)

$$\phi(x;0) = \phi_L(x;0)\,; \qquad \left.\frac{\partial\phi(x;t)}{\partial t}\right|_{t=0} = \left.\frac{\partial\phi_L(x;t)}{\partial t}\right|_{t=0} \qquad (2.3)$$

где ϕ_L определяется выражением (1.6).

Мы можем теперь не рассматривать дополнительные условия, связанные с калибровкой Лоренца. Они уже вошли в начальные условия задачи Коши. В силу существования и единственности решения задачи Коши для волнового уравнения выражение (1.6) является решением волнового уравнения с начальными условиями (2.3) в рамках данной математической постановки задачи.

Итак, если мы имеем математическую постановку задачи: а) уравнение для потенциала (1.1) и б) граничные условия и начальные условия (2.3), то в силу теоремы о единственности решения задачи Коши решением уравнения (1.1) будет служить **дальнодействующий** потенциал (1.6). Если бы мы задали **другие начальные условия** (например, нулевые), то получили бы решение в форме **запаздывающих** потенциалов (например, потенциалы Лиенара-Виехерта). Подробно этот вопрос рассматривается в работе [2].

– **Вывод 2.** При **математической** постановке задачи существует класс таких начальных условий, при которых решение волнового уравнения является **дальнодействующим** (вырожденное решение). Например, дальнодействующий потенциал неподвижного заряда (решение уравнения Пуассона) $\phi = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon R}$ является одновременно решением **волнового** уравнения (вырожденное решение) при соответствующих начальных условиях [2].

- **Вывод 3.** Решения при **физической** постановке задачи (вариант 1 и вариант 2) могут отличаться друг от друга, т.е. единственность решения **физической** задачи, в общем случае, не имеет места и зависит от постановки задачи. Главное и принципиальное различие получаемых решений в их особой **функциональной зависимости** от координат и времени (запаздывание, мгновенное дальнодействие).
- **Вывод 4.** Можно добавить следующее. Попытки «доказать», что выражение (1.6) и потенциалы Лиенара-Виехерта эквивалентны, некорректны. Во введении мы уже отметили, что все решения рассматриваются в **общем** пространстве и **едином** времени. Таким образом, утверждения, что **любые** решения неоднородного волнового уравнения *должны выражаться только через запаздывающие и опережающие потенциалы*, а дальнодействие в решениях «никогда не имеет места» - заблуждение. Это заблуждение «подпитывается» другим предрассудком – «корпускулярно-волновым дуализмом».

С точки зрения математической постановки задачи подобные «доказательства» являются профанацией. Чтобы доказать эквивалентность, необходимо установить тождество (эквивалентность) начальных условий задачи Коши и функциональное соответствие решений. А это невозможно.

Процитируем работу [3]:

«*Эти поля* (формула (1.6) – *Авт.*) *тождественно совпадают с полем* ***статического*** *заряда, подвергнутым преобразованиям Лоренца без каких-либо ограничений на скорость*».

В следующем параграфе авторы пишут:

«*Эти выражения* (формула (1.6) – *Авт.*) *полностью эквивалентны потенциалам Лиенара-Виехерта. Однако при таком выводе вопросы, касающиеся скорости распространения волны в момент излучения и момент приема, отпали*».

Во-первых, как потенциалы Лиенара-Виехерта, так и формула (1.6) рассматриваются в **общем** пространстве и **едином** времени. Каждая из формул дает **свое** значение потенциала для **фиксированного момента времени** в любой рассматриваемой точке пространства. Иными словами, **в каждом** решении существует однозначное соответствие между координатами пространства и моментом времени, с одной стороны, и потенциалом, с другой. По этой причине «*отпадать*» здесь нечему.

Во вторых, «эквивалентность» существует в форме «желаемого», а не действительного результата. Начальные условия математической постановки задачи в сопоставляемых случаях различны, а потому и решения (потенциалы) не могут быть «эквивалентными» в силу теоремы о существовании и единственности решения задачи Коши. Более того, эти решения функционально различны.

3. Ускоренный заряд

Мы не сомневаемся, что релятивисты могут предложить следующее объяснение: «Дескать, при равномерном движении заряда его поле является квазистатическим. Запаздывание отсутствует. Поэтому выражение (1.6) правильное». Но тогда зачем морочить голову запаздывающими потенциалами Лиенара-Виехерта?

Рассмотрим произвольное движение заряда. Как известно, выражения (5) и (6) остаются справедливыми для этого случая. Проведем преобразование волнового уравнения для этого случая. Поскольку заряд точечный div**v** = 0.

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = -\mathrm{div}\mathbf{v}\phi = -\mathbf{v}\mathrm{grad}\phi;$$

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} = -\frac{\partial}{\partial t}(\mathbf{v}\mathrm{grad}\phi) = -\mathrm{grad}\phi\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} - \mathbf{v}\mathrm{grad}\frac{\partial \phi}{\partial t} = -\mathrm{grad}\phi\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v}\mathrm{grad}(\mathrm{div}\mathbf{v}\phi) =$$

$$= -\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t}\mathrm{grad}\phi + \mathbf{v}\mathrm{grad}(\mathbf{v}\mathrm{grad}\phi); \quad \mathrm{div}\mathbf{v} = 0$$

Таким образом, вновь волновое уравнение свелось к уравнению эллиптического типа.

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{1}{c^2}[\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t}\mathrm{grad}\phi - \mathbf{v}\mathrm{grad}(\mathbf{v}\mathrm{grad}\phi)] = -\frac{q}{\varepsilon}\delta(\mathbf{r} - \mathbf{v}t)$$

Хотя уравнение записано для малых скоростей, суть дела от этого не меняется. Мы не будем искать решение этого уравнения. Интересующиеся могут это проделать сами. Отметим только, что решение этого уравнения не является запаздывающим, хотя автоматически удовлетворяет волновому уравнению. Оно имеет, как и в предыдущем случае, характер мгновенного дальнодействия. Никаких «запаздывающих потенциалов» в решении появиться не может. Строгий математический анализ основ релятивистской электродинамики [4] показал, что ускоренный заряд вопреки сложившемуся мнению не излучает электромагнитных волн!

4. Дальнодействие и эфир

Сейчас появилось много теорий, опирающихся на понятие «эфира». Таких теорий мы насчитали более десятка. «Эфирные» теории имеют ряд специфических недостатков, из-за которых идея эфира нам представляется недостаточно обоснованной:

– «Эфирные» теории используют эфир, как некую среду, переносящую взаимодействия. По этой причине все они опираются на представление об **абсолютной** системе отсчета, связанной с эфиром.
– Эти теории используют гипотезы о специфической **структуре** эфира и его свойствах, а гипотезы требуют экспериментального подтверждения.
– Взаимодействие материальных тел осуществляется с помощью волн (или потоков) эфира. Такое взаимодействие имеет **диссипативный** характер. Следовательно, такое понятие механики как «консервативная система» противоречит теории эфира.
– Взаимодействие **между телами** посредством волн эфира приводит к нарушению принципа равенства действия противодействию. Следовательно, возможно «самоускорение» систем материальных тел и т.д.

Однако «эфирные» теории появились не на пустом месте. Они базируются на противоречиях, существующих в современных теориях, и призваны исправить недостатки этих теорий. В работах, по обоснованию необходимости введения эфира, дается обоснованная критика непоследовательности современных представлений о явлениях природы. В этом плане сторонники эфира набрали большой критический материал. Однако, критикуя современную физику, авторы не проводят глубокого анализа причин появления этих противоречий. Они считают, что набранный критический материал уже достаточен для выдвижения альтернативных гипотез о существовании эфира.

Между тем они упускают другой путь. В большинстве случаев анализ причин появления противоречий позволяет устранить эти противоречия достаточно эффективно. Речь идет об исправлении математических ошибок и изменении интерпретации явлений в рамках существующего математического формализма. Мы выбрали этот путь.

Вернемся к дальнодействующим решениям и покажем, где в физике с ними приходится сталкиваться. Если вы внимательно рассмотрите релятивистскую функцию Лагранжа, например, для двух взаимодействующих гравитационных масс, или же уравнения движения этих тел, то не обнаружите в этих выражениях запаздывающих членов.

$$\frac{d}{dt}\frac{m\mathbf{v}}{\sqrt{1-(v/c)^2}} = -\gamma\frac{mM}{R^3}\mathbf{R}$$

Здесь явно прослеживается мгновенное дальнодействие. А если ввести запаздывание в такое взаимодействие, что получится? Здесь не грех процитировать В. Ацюковского [5]:

…«*Вся небесная механика, точнейшая из наук, опирается в своих расчетах на* ***статические*** *формулы. Эти формулы совпадают с динамическими только в том случае, если скорость распространения взаимодействия равна бесконечности. Таким образом, и весь опыт небесной механики подтверждает тот факт, что скорость распространения гравитации много выше скорости света*»

«Статические формулы» это и есть мгновенное дальнодействие. Но для релятивистов важна не истина, а авторитет. Кто такой Лаплас по сравнению с А. Эйнштейном? Между тем Лаплас уже давно сказал свое веское слово.

«*В своем знаменитом «Изложении системы мира» в 1797 году Лаплас писал, что «скорость распространения гравитации, которую он высчитал, анализируя движение Луны, ее так называемые вековые ускорения, не менее чем в 50 миллионов раз превышает скорость света!». И с того времени доказательств Лапласа никто не опроверг*»… [5].

Аналогичное положение возникает при релятивистском описании взаимодействия заряженных частиц. Как показано в [4], [6] и других работах описание релятивистского **взаимодействия зарядов** базируется не на запаздывающих потенциалах и полях, а на дальнодействии. Это относится и к описанию парных взаимодействий зарядов в физике плазмы. Здесь следует добавить некорректность вариационных основ самой релятивистской механики [6].

Как бы релятивисты не превозносили бессмысленный постулат «о существовании предельной скорости распространения взаимодействий», дальнодействие подобно вирусу проникает в релятивистские теории, показывая их несостоятельность. Бессмысленен он потому, что взаимодействие не есть волна или материальное тело. Взаимодействие есть **процесс,** протекающий в данный момент времени в данной точке пространства, а процессу невозможно приписать «механическое» движение.

5. Дальнодействие и волны

Итак, мы подошли к наиболее интересному вопросу о полях зарядов и полях электромагнитных волн. Изложим кратко результаты нашего анализа, опубликованные в [6]. Анализ не может основываться на гипотезах. Он опирается на строгие математические исследования, позволяет вскрыть неправильные представления, обнаружить необоснованные заключения и т.д.

Строгий математический анализ основ электродинамики позволил выявить удивительные вещи [6]:

1. Уравнения Максвелла описывают не только электромагнитную волну. Они описывают (и это мы показали выше) мгновенное взаимодействие (дальнодействие). За это отвечают вырожденные решения.
2. В силу сказанного выше, поля зарядов и поля электромагнитных волн это поля различные по своей природе и различные по свойствам. Поле заряда связано с инерциальной электромагнитной массой. Масса покоя электромагнитной волны равна нулю. Отождествление этих полей – укоренившийся предрассудок, не имеющий ничего общего с уравнениями Максвелла и электродинамикой.
3. Отождествление полей зарядов и полей электромагнитных волн «доказывается» с помощью предельного перехода уравнений Максвелла в калибровке Лоренца при скорости света, стремящейся к бесконечности. Если провести анализ **энергетических соотношений** и с этой точки зрения рассмотреть предельный переход, то окажется, что такой предельный переход ведет к абсурдным результатам.
4. Более того, из анализа следует, что ускоренный заряд не способен излучать электромагнитные волны. Излучение имеет иную природу. Это открывает путь «классическому» подходу к описанию структуры атомов.

В этой статье мы не коснулись вопроса об эквивалентности калибровок, вопроса об ускорителях и т.д. Все это обсуждается в [6].

Однако есть смысл высказать гипотезу. Поле волны представляет собой **самостоятельный** вид материи, обладающий такими свойствами, которые отличают свойства волны от свойств материальных тел и объектов. По этой причине преобразования Лоренца должны быть применимы только для волн. Преобразование Лоренца дает отображение реальных явлений с помощью световых лучей (**не без искажений**, обусловленных движением источника световой информации) [6].

Что касается материальных тел, то для них справедливо преобразование Галилея. Этот подход исключает многие противоречия. Он сохраняет евклидовость пространства, универсальность времени и восстанавливает справедливость механики Ньютона. По этой причине при описании квазистатических явлений электродинамики и тяготения нет смысла сохранять Лоренц-ковариантность уравнений. Достаточно, чтобы они были Галилей-ковариантными.

Заключение

Конечно, есть повод посмеяться над незадачливыми релятивистами, которые «заблудились в трех соснах» уравнений математической физики, тем более что это не единственное их заблуждение. Это и есть «голое мастерство математического формализма» [7]? Но смеяться пока рано.

В свое время Моисей сорок лет водил свое племя по пустыне, прежде чем решился на оседлый образ жизни. Современные «моисеи-релятивисты» уже более века водят по псевдонаучным улицам Города Призраков (Специальная теория относительности) школьников и студентов. Они не учат, а навязывают им свои ошибочные представления. Не пора ли физикам-релятивистам, наконец, одуматься и принять «оседлый образ жизни», т.е. скрупулезно проанализировать состояние науки, опираясь на здравый смысл, логику и строгие математические доказательства?

Источники информации:

1. Тихонов А.Н., Самарский Ф.Ф. Уравнения математической физики. ГИТТЛ, М. 1953.
2. Кулигин В.А., Кулигина Г.А., Корнева М.В. Вы очень жаждете иметь новый Чернобыль? www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/9448.html , 2008.

3. Пановски В., Филипс М. Классическая электродинамика. М., ГИФФМЛ, 1968.
4. Кулигин В.А., Кулигина Г.А., Корнева М.В. Ревизия теоретических основ релятивистской электродинамики. http://n-t.ru/tp/ns/rt , 2007.
5. Ацюковский В., Зигуненко С. Откуда дует эфирный ветер? Знак вопроса. М., Знание. № 1-2, 1993.
6. Корнева М.В., Кулигин В.А., Кулигина Г.А. Анализ классической электродинамики и теории относительности. http://n-t.ru/tp/ns/ak.htm , 2008.
7. Кулигин В.А. Вавилонская башня вульгарного позитивизма. http://dialectics.ru/521.html, 2008.