МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ СТО ЭЙНШТЕЙНА

А.Ф. Потехин
Одесский национальный морской университет
Ул. Мечникова, 34, 65029, Одесса, Украина

Аннотация

Понятие о динамических и кинематических системах отсчёта согласно Ньютону [1], [2] позволяет согласовать аксиомы Специальной теории относительности Эйнштейна с математическим содержанием этой теории. Первая аксиома СТО есть не обобщение принципа относительности Галилея-Ньютона на электродинамические процессы, как это предполагал Эйнштейн, а математическое требование ковариантности уравнений физики относительно кинематических преобразований Лоренца. Вторая аксиома СТО есть не утверждение о постоянстве скорости света $c = const$ в инерциальных системах отсчёта, как это предполагал Эйнштейн, а утверждение о математической инвариантности $c = inv$ этой скорости относительно кинематических преобразований Лоренца. В итоге, СТО базируется не на утверждении Эйнштейна [3] "Дальнейшие соображения опираются на принцип относительности и на принцип постоянства скорости света", а на утверждении " Дальнейшие соображения опираются на принцип ковариантности и на принцип инвариантности скорости света ". Игнорирование этого обстоятельства приводит к противоречиям и парадоксам, которые являлись предметом критики теории Эйнштейна с момента её появления вплоть до наших дней.

Ключевые слова: динамические и кинематические системы отсчёта; инерциальные системы отсчёта; принцип относительности; ковариантность и инвариантность уравнений движения

Определения

Согласно Ньютону все подвижные системы отсчёта разделяются на два класса – динамические и кинематические [1], [2].

Если рассматриваемая система материальных частиц движется совместно с системой отсчёта $\sum$, которая, в свою очередь, движется относительно сферы удалённых звёзд, тогда $\sum$ является динамической системой отсчёта для данного процесса. Если рассматриваемая система материальных частиц не принимает участия в переносном движении совместно с системой отсчёта $\sum'$, тогда она является кинематической системой отсчёта для данного процесса. Необходимо отметить относительность этих понятий: одна и та же система отсчёта для одних процессов может быть динамической, для других – кинематической.

Динамические системы отсчёта, в свою очередь, подразделяются на два класса – инерциальные и неинерциальные. Только в динамике появляется понятие инерциальных систем отсчёта. Динамические системы отсчёта, которые движутся поступательно, равномерно и прямолинейно относительно сферы удалённых звёзд, следовательно, и друг относительно друга, являются инерциальными системами отсчёта. В каждой из таких динамических инерциальных систем отсчёта согласно экспериментально установленному динамическому принципу относительности Галилея-Ньютона, физические законы не только механики, но и электродинамики наблюдаются и описываются одинаково с точностью до обозначения координат. Уравнения движения физических процессов в динамических инерциальных системах отсчёта никогда не содержат скорости их движения относительно других систем отсчёта. Динамические системы отсчёта, которые движутся с ускорением относительно динамических инерциальных систем отсчёта, являются неинерциальными динамическими системами отсчёта.

Уравнения динамики Ньютона Галилей-ковариантны во всех кинематических системах отсчёта

Запишем основное уравнение динамики материальной точки M в инерциальной системе отсчёта $Oxyz$ при некоторых начальных условиях

$$m\bar{a} = F(t, \bar{r}, \bar{\mathrm{v}})\,. \tag{1}$$

Согласно динамическому принципу относительности Галилея-Ньютона, в любой другой инерциальной системе отсчёта $O^* x^* y^* z^*$ движение другой материальной точки M^* с тем же значением массы m записывается таким же уравнением

$$m\bar{a}^* = F(t, \bar{r}^*, \bar{\mathrm{v}}^*)\,. \tag{2}$$

Если начальные условия в системе отсчёта $O^* x^* y^* z^*$ для M^* точно такие же, как и в системе отсчёта $Oxyz$ для M, то мы приходим к следующей формулировке динамического принципа относительности Галилея-Ньютона: идентичные механические процессы, каждый из которых происходит в своей инерциальной системе отсчёта, наблюдаются и описываются одинаково с точностью до обозначения координат. Этот принцип есть следствие экспериментального факта. В конце XIX века выполнение данного принципа было экспериментально подтверждено также и для электродинамических процессов. Определённые затруднения с выполнением данного принципа возникли лишь в оптике. Это объясняется тем, что для фотона понятия инерциальных систем отсчёта неприменимо. Фотон, испущенный источником, в отличие от материальной точки, не сохраняет скорости движения своего источника. Поэтому первый закон Ньютона, закон инерции, для фотона не применим. Любая система отсчёта для фотона является кинематической.

В кинематических системах отсчёта существует принцип, аналогичный принципу относительности Галилея-Ньютона в инерциальных системах отсчёта. Этот принцип формулируется так: “Уравнения движения одного и того же процесса во всех кинематических системах отсчёта ковариантны относительно некоторого преобразования этих систем отсчёта, причём данное преобразование образует группу”. Выбор таких преобразований систем отсчёта неоднозначен и определяется выбором соответствующей кинематики.

Пусть $O'x'y'z'$ будет одна из кинематических систем отсчёта для материальной точки M, уравнение движения (1) которой в инерциальной системе отсчёта $Oxyz$ записано выше. Тогда, согласно преобразованию Галилея

$$\bar{r} = \bar{u}'t + \bar{r}', \quad t = t', \quad \bar{\mathrm{v}} = \bar{u}' + \bar{\mathrm{v}}' \tag{3}$$

уравнение (1) в $O'x'y'z'$ принимает вид

$$m\bar{a}' = \bar{F}(t, \bar{u}'t + \bar{r}', u' + \mathrm{v}')\,, \tag{4}$$

где $\bar{u}' = const$ - скорость движения кинематической штрихованной системы отсчёта относительно инерциальной нештрихованой.

Пусть $O''x''y'z''$ будет другая кинематическая система отсчёта для той же материальной точки M. Тогда, согласно преобразованию Галилея

$$\bar{r} = \bar{u}''t + \bar{r}'' \quad t = t'', \quad \bar{\mathrm{v}} = \bar{u}'' + \bar{\mathrm{v}}'' \tag{5}$$

уравнение (1) в $O''x''y''z''$ принимает вид

$$m\bar{a}'' = \bar{F}(t, \bar{u}''t + \bar{r}'', u'' + \mathrm{v}'')\,. \tag{6}$$

где $\bar{u}'' = const$ - скорость движения системы отсчёта $O''x''y'z''$ относительно $Oxyz$.

Сравнивая (1) с (4) и (6), видим, что уравнение движения материальной точки (1) в инерциальной системе отсчёта $Oxyz$ не ковариантно относительно преобразования Галилея. Но уравнение (4), записанное в одной из кинематических систем отсчёта, ковариантно относительно преобразования Галилея во всех кинематических системах отсчёта, причём это преобразование обладает групповыми свойствами. Докажем это утверждение.

Преобразование Галилея

$$r' = \bar{V}t + r'', \quad t' = t'' = t, \quad \mathrm{v}' = \bar{\mathrm{V}} + \mathrm{v}''\,. \tag{7}$$

где V - относительная скорость систем отсчёта $O'x'y'z'$ и $O''x''y'z''$

$$\bar{V} = u'' - u'\,, \tag{8}$$

приводит уравнение (4) к виду

$$m\overline{a}''=\overline{F}[(t,(u''-V)t+(\overline{V}t+\overline{r}''),(u''-V)+(V+\mathrm{v}'')]. \quad (9)$$

и мы получили уравнение (6), что подтверждает групповые свойства преобразований Галилея.

Полевые уравнения Максвелла Галилей-ковариантны во всех кинематических системах отсчёта

Полевые уравнения Максвелла в некоторой инерциальной системе отсчёта имеют вид

$$div\,\overline{E}=\frac{1}{\varepsilon_0}\rho_e, \quad (10)$$

$$rot\,\overline{E}=-\frac{\partial B}{\partial t}, \quad (11)$$

$$div\,\overline{B}=0, \quad (12)$$

$$rot\,\overline{B}=\frac{1}{c^2}\frac{\partial\,\overline{E}}{\partial\,t} \quad (13)$$

Согласно динамическому принципу Галилея-Ньютона, в другой инерциальной системе отсчёт $O*x*y*z*$ уравнения Максвелла имеют тот же вид

$$div\,\overline{E}*=0 \quad (14)$$

$$rot\,\overline{E}*=-\frac{\partial\overline{B}*}{\partial\,t}, \quad (15)$$

$$div\,\overline{B}*=0, \quad (16)$$

$$rot\,\overline{B}*=\frac{1}{c^2}\frac{\partial\,\overline{E}*}{\partial\,t} \quad (17)$$

В электродинамической теории возникла и другая задача: необходимо описать поле (10) - (13) в кинематической неускоренной системе отсчёта $\sum'$. При этом, $\sum'$ движется относительно ИСО $\sum$ со скоростью $\overline{u}=const$. Чтобы описать в $\sum'$ процесс, который происходит в ИСО $\sum$, применим кинематическое преобразование Галилея

$$\overline{r}=\overline{r}'+\overline{u}'t, \qquad t=t' \quad (18)$$

к системе уравнений (10)-(13).

Выведем некоторые вспомогательные соотношения. Применив преобразования Галилея (18) к функции $f(\overline{r},\,t)$, получим

$$f(\overline{r},t)=f(\overline{r}'+\overline{u}'t',t')=f'(r',t'). \quad (19)$$

Далее находим

$$\frac{\partial f}{\partial t}=\frac{\partial f'}{\partial t'}\frac{\partial t'}{\partial t}+\frac{\partial f'}{\partial\overline{r}'}\frac{\partial\overline{r}'}{\partial t}. \quad (20)$$

$$\frac{\partial f}{\partial\overline{r}}=\frac{\partial f'}{\partial\overline{r}'}\frac{\partial\overline{r}'}{\partial\overline{r}}. \quad (21)$$

Принимая также во внимание, что

$$\frac{\partial t'}{\partial t}=1, \quad \frac{\partial r'}{\partial t}=-\overline{u}', \quad \frac{\partial\overline{r}'}{\partial\overline{r}}=\delta(\,\delta_{ij}=1, i=j; \quad \delta_{ij}=0, i\neq j), \quad (22)$$

из (20) и (21) получим следующие соотношения между операторами в штрихованной и не штрихованной системах отсчёта

$$\frac{\partial}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t'} - \overline{u}'\overline{\nabla}', \quad \overline{\nabla} = \overline{\nabla}'. \tag{23}$$

С учётом (23), уравнения Максвелла (10)-(13), после применения к ним преобразования Галилея, принимают следующий вид в системе отсчёта $\sum'$

$$div\overline{E}' = 0, \tag{24}$$

$$rot\,\overline{E}' == -\frac{\partial}{\partial t'}\overline{B}' + \left[(\overline{u}'\overline{\nabla}')\overline{B}'\right], \tag{25}$$

$$div\,\overline{B}' = 0, \tag{26}$$

$$rot\,\overline{B}' = \frac{1}{c^2}\frac{\partial}{\partial t'}\overline{E}' - \left[\frac{1}{c^2}(\overline{u}'\overline{\nabla}')\overline{E}'\right]. \tag{27}$$

Как и следовало ожидать, нековариантность уравнений Максвелла (10)-(13) и (24)-(27) обусловлена конвективным током и конвективной производной от векторов поля – члены в квадратных скобках. Но уравнения (24)-(27) как и уравнения Ньютона (4) ковариантны во всех кинематических системах отсчёта относительно преобразований Галилея.

Мы можем сделать заключение, что, как в механике, так и в электродинамике: а) динамические инерциальные системы отсчёта равноправны в том смысле, что идентичные физические процессы в каждой из них протекают и описываются одинаково; б) кинематические системы отсчёта равноправны в том смысле, что уравнения движения одного и того же процесса в них ковариантно относительно их взаимного преобразования, причём это преобразование обладает групповыми свойствами.

**Полевые уравнения Максвелла Лоренц-ковариантны
Во всех кинематических системах отсчёта**

Первая аксиома СТО есть не обобщение экспериментального принципа относительности Галилея - Ньютона на электродинамические процессы, как это предполагал Эйнштейн, но лишь математическое требование ковариантности уравнений физики относительно кинематических преобразований Лоренца.

В работах Лоренца формально-математическими выкладками было показано, что уравнения Максвелла (10)-(13), записанные в одной из инерциальных систем отсчёта, принятой за неподвижную, сохраняют свой вид и в другой инерциальной системе отсчёта. При этом, координаты и время в этой другой инерциальной системе отсчёта связаны с координатами и временем в первой системе отсчёта некоторыми соотношениями. Но уравнения Максвелла в кинематических системах отсчёта Лоренц не рассматривал. На это обратил внимание А. Эйнштейн и показал, что тот же вид уравнения Максвелла сохраняют при преобразованиях Лоренца во всех кинематических неускоренных системах отсчёта. И это такая же форма, как в инерциальных системах отсчёта. При этом Эйнштейн показал, что формально-математические соотношения Лоренца приобретают физический смысл преобразований пространства и времени в новой кинематике. Новый подход Эйнштейна к решению проблемы электродинамики движущихся тел Лоренц прокомментировал так. “Следует обратить особое внимание на замечательную обратимость, на которую указал Эйнштейн, До сих пор исследованиями явлений занимался только наблюдатель в неподвижной системе A_0, тогда как A ограничивался подвижной системой S …Эйнштейн обратил особое внимание на это обстоятельство в своей теории, в которой он исходит из того, что он называет принципом относительности, т. е принципом, на основании которого уравнения, при помощи которых могут быть описаны физические явления, не изменяют своего вида при переходе от одной системы координат к другой, имеющей равномерное прямолинейное движение по отношению к первоначальной системе” [4]. Именно такое понимание принципа относительности, как требование ковариантности, заложено в фундамент СТО, на что неоднократно обращал внимание Эйнштейн: “Согласно специальному принципу относительности, законы природы должны быть ковариантны относительно преобразований Лоренца ” [5].

Кинематический принцип относительности Эйнштейна принципиально отличается от динамического принципа относительности Галилея-Ньютона. С учётом этого, становится также ясным, что вторая аксиома СТО Эйнштейна есть утверждение не постоянства скорости света во всех инерциальных системах отсчёта, а утверждение о инвариантности этой скорости в кинематических системах отсчёта относительно преобразований Лоренца. Докажем это утверждение.

Если v есть фазовая скорость волны в инерциальной системе отсчёта $Oxyz$ некоторой неподвижной среды, v' есть скорость этой волны в кинематической системе отсчёта $O'x'y'z'$ и u' относительная скорость движения систем отсчёта $O'x'y'z'$ and $Oxyz$, то, в соответствии с преобразованиями Лоренца, имеем

$$\mathrm{v}' = \frac{\mathrm{v} - u'}{1 - \dfrac{\mathrm{v}u'}{c^2}} \tag{28}$$

Если это световая волна, тогда $\mathrm{v} = c$ и согласно (28), получим

$$\mathrm{v}' = c = inv \tag{29}$$

Эта инвариантность скорости света v' во всех кинематических системах отсчёта обусловлена “деформацией” пространственных координат и времени при преобразованиях Лоренца.

В итоге, после такой корректировки формулировок аксиом Эйнштейна, его специальная теория относительности становится физически обоснованной, лишённой противоречий теорией, математический аппарат которой приводит к тем же верным результатам в электродинамике движущихся тел, что и метод запаздывающих потенциалов. Всегда лишь следует принимать во внимание, в какой системе отсчёта решается задача – динамической или кинематической. Это особенно важно при интерпретации полученных результатов. Игнорирование этого обстоятельства приводит к противоречиям и парадоксам, которые являлись предметом критики теории Эйнштейна с момента её появления вплоть до наших дней.

1. A. F. Potjekhin, To the Question of the Principle of Equivalence in the Einstein’s GTR. //Gamow Memorial International Conference Dedicated to 100-th Anniversary of Georg Gamow «Astrophysics and Cosmology after Gamow – Theory and Observations», Odessa, August 8-14, 2004.– Odessa, Astroprint, 2004. Pg. 126.
2. A. F. Potjekhin, The Basic Dynamics Equation in accelerated Frames of Reference, (In Russian). //Collected of IX International Conference Papers “Contemporary Physic’s Practicum”, Volgograd (Russia) September 19-21, 2006 – Moscow, Printer Hose MPhS, 2006. Pg. 95.
3. A. Einstein Collected of Scientific Papers, **I** (In Russian). Nauka Publishers, Moscow; 1965, 7-35.
4. Lorentz H. A. The Theory of electrons. Teubner, Leipzig 1909.
5. A. Einstein, Collected of Scientific Papers, **II** (In Russian), Nauka Publishers, Moscow, 1965, 123.

****

The journal “Annalen der Physik”

----- Original Message -----

From: Анатолий
To: eckern@physik.uni-augsburg.de
Cc: hehl@thp.uni-koeln.de ; b.kramer@jacobs-university.de ; gerd.roepke@uni-rostock.de ; a.wipf@tpi.uni-jena.de
Sent: Tuesday, April 01, 2008 8:09 AM
Subject: Fw: Potjekhin's article

Open Letter to
EDITORIAL BOARD
of the journal
ANNALEN DER PHYSIC
Editor in Chief
ULRICH ECKERN,
Editors: Friedrich W. Hehl, Bernhard Kramer, Gerd Röpke, Andreas Wipf

Dear Colleges,

I am sending my article for publication in the journal "Annalen der Physik" with the title

ON THE MATHEMATICAL BASES OF EINSTEIN'S STR

A. F. Potjekhin

Abstract

The concept of the Dynamic and Kinematic reference systems according to Newton enables to co-ordinate the Einstein's axioms of the Special relativity theory with the mathematical contents of this theory. The first axiom of SRT is not a generalization of the Galileo-Newton relativity principle to the electrodynamics processes, as was assumed by Einstein, but mathematical requirement of covariance of equations of physics relative to the Lorentz transformations. The second axiom of SRT is not the statement on the constancy of the light velocity $c = const$ for inertial reference systems, as per Einstein's assumption, but mathematical requirement of invariance $c = inv$ of this velocity relative to the Lorentz transformations. As a result, SRT is based not on the Einstein's statement "The following reflexions are based on the principle of relativity and on the principle of the constancy of the velocity of light" (A. Einstein), but on the statement "The following reflexions are based on the principle of covariance and on the principle of the invariance of the velocity of light".

As a result, after these correct formulations of Einstein's axioms, his Special Relativity Theory becomes the physically substantiated theory, devoid of contradictions, whose mathematical apparatus leads to the same correct results of the electrodynamics of the moving bodies, as the method of the retarding potentials. Always only one point should be taken into consideration, to what reference system the problem is solved in - dynamic or kinematic. This is especially important at interpretation of the obtained results. Ignoring this circumstance leads to the contradictions and paradoxes, being the objects of the critics of Einstein's theory from the moment of its appearance up to our days.

Please, publish my article in the journal "Annalen der Physik".
Best wishes,
Professor A.F. Potjekhin

P.S. Please, tell your ref number of this my article
****

----- Original Message -----
From: "Ulrich Eckern" <eckern@physik.uni-augsburg.de>
To: "Анатолий" <potjekhin@te.net.ua>
Cc: <b.kramer@jacobs-university.de>
Sent: Thursday, April 03, 2008 1:07 PM
Subject: Re: Potjekhin's article / ue789

Dear Professor Potjekhin,

I can confirm that I received your e-mail dated 1 April 2008. However, the present paper is only a slight variation of the previously submitted one, which has been rejected by Professor Kramer. (See also my e-mail dated 17 March 2008.)

I see no reason to revise our earlier decision.

Best regards
Ulrich Eckern

Annalen der Physik http://www.physik.uni-augsburg.de/annalen/

****