



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 99-21  
ЛВМ

Кристиан Маршаль<sup>1</sup>

**РЕШАЮЩИЙ ВКЛАД АНРИ ПУАНКАРЕ  
В СПЕЦИАЛЬНУЮ ТЕОРИЮ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ<sup>2,3</sup>**

Перевод с английского Ю.В.Куянова<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup>Заместитель директора аэрокосмического исследовательского центра Франции ONERA

<sup>2</sup>C.Marchal-DES, ONERA-BR 72-92322 CHATILLON CEDEX-FRANCE

<sup>3</sup>Доклад по материалам этой работы сделан на семинаре ИФВЭ 12 ноября 1998 года

<sup>4</sup>Лаборатория высокополевых магнитов ИФВЭ. E-mail: kuyanov@mx.ihep.su

Протвино 1999

**Аннотация**

Маршал К. Решающий вклад Анри Пуанкаре в специальную теорию относительности: Препринт ИФВЭ 99-21. – Протвино, 1999. – 12 с., библиогр.: 16.

В исторической ретроспективе обосновывается приоритет Анри Пуанкаре в создании специальной теории относительности. Приводится формулировка принципа относительности, отличная от данной А.Эйнштейном, и показывается, как непосредственно из принципа относительности можно получить преобразования Лоренца. Отмечается, что принцип относительности Пуанкаре, в отличие от сформулированного Эйнштейном, не противоречит существованию ненулевой массы у фотона.

**Abstract**

Marchal C. Henri Poincaré: a Decisive Contribution to Special Relativity. Translated from English by Kuyanov Yu.V.: IHEP Preprint 99-21. – Protvino, 1999. – p. 12, refs.: 16.

In historical retrospect the priority of Henri Poincaré as a founder of the Special Relativity is urged. The expression of the Relativity Principle different from that of A.Einstein is given and the way to obtain the Lorentz transformation as a direct consequence of the relativity principle without need for an invariant velocity of light is shown. The existence of nonzero mass of photon being in no contradiction with Poincaré's relativity principle rather than Einstein's one is noticed.

## Краткое содержание

Электромагнитные уравнения Максвелла вместе с прежними представлениями об абсолютном времени Ньютона и абсолютном пространстве Эвклида находились в противоречии с невозможностью обнаружения абсолютного движения Земли.

Анри Пуанкаре и Г.А.Лоренц в течение более чем десяти лет написали друг другу немало писем на эту тему. Они шаг за шагом развивали совместный анализ, что привело Анри Пуанкаре к заключению, что такие понятия как абсолютное время и абсолютное пространство, так и соответствующий им “эфир” являются вымышленными, а не существующими реально. Изменения координат и времени в инерциальных системах отсчета подчиняются не правилам Галилея, а преобразованиям Лоренца, которые можно вывести из принципа относительности Пуанкаре, опубликованного в 1904 году на Всемирном научном конгрессе в Сент-Луисе (штат Миссури, США).

Последующие работы Пуанкаре, датированные июнем и июлем 1905 года, стали первой полной разработкой специальной теории относительности, ее связей с электромагнетизмом, а понятие о гравитационных волнах было введено впервые.

К сожалению, Анри Пуанкаре задолго до конца проложенного им грандиозного пути заболел раком в 1909 году и умер в 1912 году.

Теория относительности есть результат очень долгого созревания знаний и отражает противостояние человечества свойствам вещества, энергии, пространства и времени.

Давайте начнем с этого противостояния во второй половине девятнадцатого века. Его главными элементами тогда были следующие:

### I. Относительность по Галилею

В течение нескольких столетий считалось, что сила пропорциональна скорости: вы толкаете предмет и он движется, вы прекращаете толкать и он останавливается... Требуются значительные усилия при анализе результатов наблюдений и выявление природы трения, чтобы понять, что в отсутствие силы движение остается прямолинейным и равномерным (Галилей) и что сила пропорциональна ускорению (Ньютон).

В действительности, Галилео добивался такого понимания орбитального движения Земли, чтобы объяснить, почему Земля не теряет свою атмосферу и океаны вдоль своей орбиты!... И для этого ему понадобилось то, что мы теперь называем принципом относительности Галилея: *“Механический эксперимент дает одинаковые результаты в фиксированной лаборатории и в лаборатории, движущейся прямолинейно и равномерно”*, т.е. в практическом смысле, пока ваш самолет летит прямолинейно и равномерно, не подвергаясь порывам ветра, вы можете, как обычно, пить свой кофе<sup>1</sup>.

## II. Движение Земли

У Коперника и Галилея не было физического доказательства движения Земли, поэтому Коперник представил свою работу в качестве гипотезы, хотя Галилей был более категоричен. К счастью, к середине девятнадцатого столетия существование этого движения было надежно подкреплено тремя классическими доказательствами: (А) абберрацией звезд (Брэдли в 1727 г.), (Б) параллаксом звезд (Бессель в 1840 г.) и (В) маятником Фуко (в 1851 г.).

## III. Абсолютное или “Ньютоновское” время

*“Tempus absolutum, verum et mathematicum...”*

*“Истинное математическое абсолютное время является по своей природе независимым от всех остальных переменных. Оно течет равномерно и будет называться “длительностью””*.

Очевидно, что более или менее точной и субъективной мерой длительности является относительное и общее время, определяемое, как обычно, по движению небесных тел вместо истинного времени, это часы, дни, месяцы и годы (Newton *Philosophiae naturalis Principia mathematica*, 2<sup>nd</sup> edition, 1713).

Ни в Ньютоновы дни, ни даже спустя два столетия ни по каким часам невозможно было обнаружить малые отличия, связанные с релятивистскими эффектами. Таким образом, было вполне естественным принимать существование “абсолютного времени”, этого существенного параметра столь многих физических законов, и ньютоновское определение такого времени появилось тогда вместе с существенным предостережением: *“Давайте будем осторожны; вращение Земли, возможно, несколько неравномерно”*.

## IV. Абсолютное Эвклидово пространство и понятие о силе

Закон инерции:

$$\text{ускорение} = \text{сила}/\text{масса}$$

---

<sup>1</sup>За этот принцип и некоторые другие фундаментальные философские рассуждения ученые считают Галилео одним из отцов-основателей современной науки, а современникам он был известен в основном благодаря заключению в тюрьму в 1633 году. Но вот в чем и ирония, и исторический шанс: именно потому, что он находился под домашним арестом у себя в Арчетри возле Флоренции, Галилей нашел необходимое время для философских размышлений. Без этого приговора он, возможно, остался бы тем оживленным профессором, горячим, сильным и иногда пристрастным полемистом, каким он был всю свою жизнь.

справедлив только в “Галилеевской системе отсчета”, или “инерциальной системе отсчета”, которая не вращается и относительные движения которой прямолинейны и равномерны.

Во второй половине девятнадцатого века неэвклидовские геометрии Лобачевского, Бояи и Римана рассматривались как математические курьезы и не вызывали ни у кого интереса, так как физическое пространство считалось Эвклидовым.

Огромный успех ньютоновской теории всемирного тяготения, с ее точным описанием движения планет и, особенно, открытием планеты Нептун (1846 г.) после продолжительных вычислений Леверье и Адамса, подчеркивает справедливость сделанных выше замечаний.

К 1850 году все законы механики удовлетворяли принципу относительности Галилея, сохраняя свой вид при обычных Галилеевских преобразованиях систем отсчета, например по классическому выражению:

$$\begin{cases} x_1 = x - Vt \\ y_1 = y \\ z_1 = z \\ t_1 = t, \end{cases} \quad (1)$$

где  $V$  — постоянная скорость движения второго набора осей по отношению к первому, а  $t_1 = t$  — абсолютное время.

#### V. Электромагнитные уравнения Максвелла (1864 г.)

Уравнения Максвелла выражают прогресс в понимании вещества, возможно, на порядок величины больший, чем прогресс от ньютоновского закона всемирного тяготения. Но эти уравнения являются еще и источником проблем — они не сохраняются при галилеевских преобразованиях систем отсчета.

Давайте рассмотрим их простейшее выражение в вакууме. Электрическое поле  $\vec{E}$  и магнитная индукция  $\vec{B}$  связаны четырьмя следующими соотношениями:

$$\operatorname{div} \vec{E} = 0, \quad \operatorname{div} \vec{B} = 0, \quad \operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \quad \operatorname{rot} \vec{B} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}, \quad (2)$$

где  $\mu_0$  — магнитная проницаемость вакуума, равная  $4\pi \cdot 10^{-7}$  генри/метр, а  $\varepsilon_0$  — диэлектрическая проницаемость вакуума, равная  $8,854188 \cdot 10^{-12}$  фарада/метр.

Простейшими решениями системы уравнений (2) являются плоские волны, распространяющиеся, например, вдоль оси  $Ox$ :

$$\vec{E} = (0, E_y(u), 0) \quad \text{и} \quad \vec{B} = (0, 0, B_z(u)), \quad (3)$$

где  $u = x - ct$ ;  $c = (\mu_0 \varepsilon_0)^{-1/2} = 299792458$  м/с; а функции  $E_y(u)$  и  $B_z(u)$  отличаются только множителем, а именно:  $E_y(u) \equiv c \cdot B_z(u)$ .

Таким образом, в некоторой Максвелловской системе отсчета  $Oxyzt$ , для которой справедливы уравнения (2), распространяются плоские волны со скоростью электромагнитных волн  $c$ . В результате опытов Герца по изучению подобия электромагнетизма и света установлено, что эта скорость является скоростью света.

К сожалению, преобразования Галилея (1) не сохраняют скорость  $c$  и поэтому мы должны выбирать между двумя следующими возможностями:

(А) Уравнения Максвелла справедливы лишь относительно особенной системы отсчета  $Oxyz$  и только приблизительно справедливы для медленно движущихся систем отсчета (как те, что в наших обычных экспериментах на Земле).

(Б) Уравнения Максвелла справедливы для всех инерциальных систем отсчета, а принцип относительности должен быть распространен из механики в электромагнетизм и оптику. Но за это придется заплатить: понятия абсолютного времени и абсолютного пространства должны быть отброшены, поскольку они находятся в противоречии с инвариантностью скорости света.

Ньютоновское абсолютное время казалось столь очевидным и столь естественным, что гипотеза А была немедленно принята. Гипотетическая система отсчета  $Oxyz$  приобретает конкретную форму “эфира” — среды, по-видимому, столь легкой и неосязаемой, чтобы можно было считать, что она играет для электромагнетизма ту же роль, что и воздух для звука. Конечно, такой эфир представляет собой яркую картину “абсолютного пространства”.

Следующим этапом было, очевидно, исследовать свойства эфира, а также определить “абсолютное” движение Земли с помощью соответствующих оптических или электромагнитных экспериментов.

Эксперимент Физо (измерение скорости света в потоке воды в 1851 г.) и эксперимент Эйри (измерение угла абберации в телескопе, заполненном водой, в 1871 г.), как тогда считалось, выявили “частичное увлечение эфира” прозрачной средой.

Используя всевозможные идеи и оборудование, многие экспериментаторы (Траутон и Нобл, Лодж, Кеннеди, Торндайк и другие) пытались изучить эфир и определить, хотя и безуспешно, абсолютное движение Земли. Наибольшую известность приобрели Майкельсон и Морли. В их эксперименте (в 1887 г.) не удалось обнаружить анизотропию скорости света, несмотря на то, что точность, с которой теоретически можно было бы установить движение Земли, составляла только несколько км/с.

Это великое счастье, что мысль об орбитальном движении Земли твердо засела в умах ученых XIX столетия. Два века раньше простейшим объяснением было бы: “Земля не движется...”.

В то время, когда выполнялись эти эксперименты, теоретики тоже получили некоторые интересные результаты. Лоренц и Фитцджералд заметили, что подходящим сжатием “эфирным ветром” можно объяснить кажущуюся изотропию, полученную в эксперименте Майкельсона и Морли.

В 1887 году Фойгт получил преобразование координат, которое сохраняет Максвелловские плоские и сферические волны. В 1895 году Лоренц обнаружил, что в первом порядке преобразования Фойгта сохраняют уравнения Максвелла также в первом порядке. Лармор несколько позднее получил тот же результат во втором порядке.

В своем великом меморандуме в мае 1904 года “Магнитные явления в системах, движущихся с произвольной скоростью меньшей, чем скорость света” [1] Лоренц

привел обобщение преобразования Фойгта, которое сохраняет уравнения Максвелла в вакууме.

Величайший прогресс достигнут математиком, физиком и философом Анри Пуанкаре, который был другом Лоренца. Обмениваясь письмами начиная с 1895 года, они последовательно совершенствовали совместный анализ.

(А) В книге “Наука и гипотеза” (1902 г.) на стр.111, 245 и 246 [2].

“Нет абсолютного пространства. Мы ощущаем только относительные движения”.

“Нет абсолютного времени. Только согласованным образом можно определить равенство двух длительностей, а одновременность событий, произошедших в различных местах (точках пространства), нельзя установить даже интуитивно”.

“Справедлива ли гипотеза эфира? Только это вопрос метафизикам. Эта гипотеза удобна для объяснения явлений, но ее можно похоронить. Обычно эту гипотезу оставляют для ясного понимания, но это единственная причина, по которой ее оставляют”.

(Б) На Всемирном научном конгрессе в Сент-Луисе (штат Миссури, США), состоявшемся в сентябре 1904 года (опубликовано в ноябре 1904 года), Анри Пуанкаре попросили прочесть лекцию на тему: “Современное состояние и будущие перспективы математической физики”. Там он смело добавил к пяти классическим принципам физики “принцип относительности” в следующей формулировке:

“Законы физических явлений должны быть одинаковыми как для неподвижного наблюдателя, так и для наблюдателя, движущегося прямолинейно и равномерно, поскольку у нас нет возможности убедиться в том, участвуем ли мы в таком движении или нет”<sup>2</sup>[11].

Этот принцип, конечно, существенно обосновывался негативными результатами всех эфирных экспериментов того времени, а наибольшая часть лекции посвящалась защите этого принципа. Вот заключение лекции.

“Таким образом, в последние годы принцип относительности доблестно защищали, а энергия, с которой его защищали, свидетельствует о серьезности атак... Наверно, нас вынудят построить совершенно новую механику, в которой инерция возрастает вместе со скоростью, а скорость света могла бы стать тем пределом, который нельзя превзойти”.

(В) В письме во Французскую Академию Наук 5 июня 1905 года (опубликовано 9 июня 1905 года [3]) Пуанкаре формулирует принцип относительности еще раз и анализирует “изменение переменных”, предложенное Лоренцем в его меморандуме. Пуанкаре упрощает эту формулировку и дает ей современное имя: “Существенным пунктом, сформулированным Лоренцем, является то обстоятельство, что уравнения Максвелла сохраняются при преобразованиях, которые я называю преобразованиями Лоренца” (Позднее, в 1914 году, Лоренц уточнит: “Мое доказательство не было

---

<sup>2</sup>Удивительно, что эта впервые и совершенно верно высказанная формулировка принципа относительности вовсе не упоминается в очень интересной и, в общем, хорошо документированной публикации [12]. Не оказалось этой формулировки ни в [13], несмотря на то, что она есть в [14], ни даже в известной энциклопедии математических наук [15].

общим, только доказательства Пуанкаре, а затем Эйнштейна и Минковского были полными”).

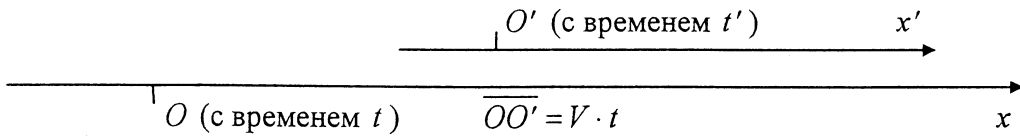
Пуанкаре замечает, что преобразования Лоренца в числе других являются элементами математической группы (в настоящее время называемой группой Пуанкаре), и это позволяет ему определить величину коэффициента  $L$ , используемого Лоренцем в его преобразованиях. Этот коэффициент должен быть равен единице.

Наконец, он замечает, что такая теория относительности подразумевает существование “гравитационных волн”, распространяющихся со скоростью света. Однако его последующие исследования в этом направлении окажутся безуспешными.

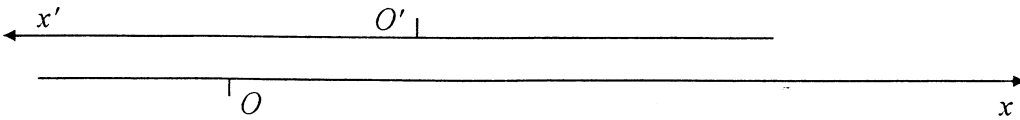
Мы должны отметить, что второе время  $t'$ , присутствующее в преобразованиях Лоренца, является столь же физическим, сколь и первое время потому, что не существуют ни эфир, ни абсолютное время, а также вследствие полной симметрии преобразований. Пуанкаре объяснил физический смысл этого времени  $t'$  с помощью синхронизации удаленных часов световыми сигналами и с помощью инвариантности скорости света [4].

Весьма примечательно, что преобразования Лоренца являются прямым следствием принципа относительности, и для этого вовсе не требуется инвариантность скорости света.

Давайте рассмотрим это преобразование вдоль осей  $Ox$  и  $O'x'$ , движущихся друг относительно друга со скоростью  $V$ .



Чтобы сделать системы отсчета совсем симметричными, обратим направление оси  $O'x'$ .



Однородность приведет нас к линейному преобразованию, и если мы положим  $t = t' = 0$  в точках  $O$  и  $O'$ , когда они совмещаются, то преобразования  $(x, t) \rightarrow (x', t')$  и  $(x', t') \rightarrow (x, t)$  выражаются следующими соотношениями с подходящими значениями восьми констант от  $A$  до  $D'$ :

$$\begin{cases} x' = Ax + Bt \\ t' = Cx + Dt \end{cases} \quad \begin{cases} x = A'x' + B't' \\ t = C'x' + D't' \end{cases} \quad (4)$$

Вследствие принципа относительности и симметрии получим

$$A = A'; \quad B = B'; \quad C = C'; \quad D = D'. \quad (5)$$

Более того, в точке  $O'$  мы имеем  $x' = 0$  и  $x = Vt$ , следовательно, из того, что  $x' = Ax + Bt$ , мы получаем  $AV + B = 0$ , а из того, что  $x = A'x' + B't'$  и  $t = C'x' + D't'$ , получаем  $B = VD$  и затем  $A = -D$ .



И, наконец, последовательно получаем

$$\begin{cases} x = Ax' + Bt' = A(Ax + Bt) + B(Cx + Dt) = (D^2 + VCD)x \\ t = Cx' + Dt' = C(Ax + Bt) + D(Cx + Dt) = (D^2 + VCD)t. \end{cases} \quad (6)$$

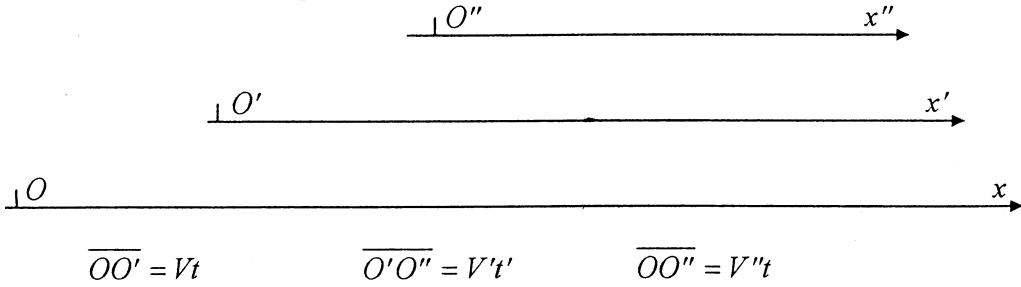
Следовательно,  $D^2 + VCD = 1$ , т.е.  $C = \frac{1-D^2}{DV}$ .

Преобразование  $(x, t) \rightarrow (x', t')$  теперь приобретает вид

$$x' = -Dx + DVt; \quad t' = \frac{1-D^2}{DV}x + Dt. \quad (7)$$

Единственная константа, остающаяся неизвестной,  $D$  есть функция от  $V$ , которую можно определить путем сравнения нескольких скоростей.

Давайте опять развернем ось  $O'x'$  и направим теперь три оси  $Ox$ ,  $O'x'$  и  $O''x''$  в одном и том же направлении.



Соотношения (7) дают с учетом перемены знака у  $x'$ :

$$x' = Dx - DVt, \quad t' = \frac{1-D^2}{DV}x + Dt \quad (8)$$

и аналогично для  $D'$  с  $V'$  и для  $D''$  с  $V''$ :

$$x'' = D'x' - D'V't', \quad t'' = \frac{1-D'^2}{D'V'}x' + D't'; \quad (9)$$

$$x'' = D''x - D''V''t, \quad t'' = \frac{1-D''^2}{D''V''}x + D''t. \quad (10)$$

С помощью уравнений (8) и (9) получаем

$$\begin{cases} x'' = D'(Dx - DVt) - D'V' \left( \frac{1-D^2}{DV}x + Dt \right) \\ t'' = \frac{1-D'^2}{D'V'}(Dx - DVt) + D' \left( \frac{1-D^2}{DV}x + Dt \right) \end{cases} \quad (11)$$

т.е.

$$\begin{cases} x'' = \left( D'D + \frac{D'V'(D^2-1)}{DV} \right) x - DD'(V + V')t \\ t'' = \left( \frac{D-DD'^2}{D'V'} + \frac{D'-D^2D'}{DV} \right) x + \left( \frac{DV(D'^2-1)}{D'V'} + D'D \right) t. \end{cases} \quad (12)$$

Сравнивая (10) и (12), получаем

$$D'' = D'D + \frac{D'V'(D^2-1)}{DV}; \quad (13)$$

$$D''V'' = DD'(V + V'); \quad (14)$$

$$\frac{1 - D''^2}{D''V''} = \frac{D - DD'^2}{D'V'} + \frac{D' - D^2D'}{DV}; \quad (15)$$

$$D'' = \frac{DV(D'^2 - 1)}{D'V'} + D'D. \quad (16)$$

Следовательно, из (13) и (16) получаем

$$\frac{D'V'(D^2 - 1)}{DV} = \frac{DV(D'^2 - 1)}{D'V'}. \quad (17)$$

И теперь мы можем определить  $K$  следующим соотношением:

$$K = \frac{D^2V^2}{D^2 - 1} = \frac{D'^2V'^2}{D'^2 - 1}. \quad (18)$$

Поскольку величина  $K$  имеет одинаковое значение для двух произвольных скоростей (и соответствующих им  $D$ ), следовательно, эта величина постоянная для всех скоростей. С другой стороны, в случае  $V = 0$ , очевидно,  $x = x'$  и  $t = t'$  и, согласно (8), получается  $D = +1$ , следовательно, мы должны выбрать положительное решение уравнения (18):

$$D = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{K}}}. \quad (19)$$

В соответствии с (8) мы, таким образом, получаем преобразование  $(x, t) \rightarrow (x', t')$ , и Пуанкаре без труда обобщает его к преобразованию  $(x, y, z, t) \rightarrow (x', y', z', t')$ :

$$\begin{cases} x' = \frac{x - Vt}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{K}}} \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \frac{t - \frac{Vx}{K}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{K}}} \end{cases} \quad (20)$$

Остается определить константу  $K$ , что приводит к преобразованиям Галилея, если  $K = +\infty$ , и к обычным преобразованиям Лоренца, если  $K = c^2$ .

Константа  $K$  не может быть отрицательной (в этом случае оказалось бы возможно возвращаться назад во времени), а квадратный корень из нее выглядит как предел и непревзойденная скорость. Это следует из самого вида квадратного корня  $\sqrt{1 - \frac{V^2}{K}}$ , а также при выводе выражения для составной скорости, исходя из (14) и (13):

$$V'' = \frac{V + V'}{1 + \frac{VV'}{K}}, \quad (21)$$

т.е. обозначая  $k = \sqrt{K}$ :

$$\frac{k - V''}{k + V''} = \frac{k - V}{k + V} \cdot \frac{k - V'}{k + V'}. \quad (22)$$

Предполагая  $|V| < \sqrt{K}$  и  $|V'| < \sqrt{K}$ , получаем, что в любом случае  $|V''| < \sqrt{K}$ .

Вполне естественно Пуанкаре и Лоренц выбрали  $K = c^2$ , что согласуется с инвариантностью скорости света и сохранением уравнения Максвелла во всех инерциальных системах отсчета. Однако заметим, что если необходимо, то возможно предположить, что  $K$  лишь слегка больше, чем  $c^2$ . Тогда фотоны имели бы очень малую, но ненулевую массу, а их скорость, т.е. скорость света, была бы почти равной  $\sqrt{K}$  и оказалась бы возрастающей функцией их энергии.

(Г) Заключительная фундаментальная работа Пуанкаре по релятивизму в статье “К динамике электрона”, в которой он развивает и доказывает идеи своего письма в Академию ([5], июль 1905 года, опубликована в январе 1906 года). Особенно впечатляет в ней выражение преобразования электромагнитного поля: электромагнетизм выглядит как связь между электростатикой и относительностью.

Теория Лоренца-Пуанкаре, следовательно, приводит к относительному характеру физического пространства и физического времени. Она находится в соответствии с принципом относительности, с уравнениями Максвелла не только в вакууме, но и во всех случаях, с экспериментами по выявлению движения эфира (Физо, Эйри, Майкельсон и др.) и с классическими результатами, которые сформулировали первооткрыватели электромагнетизма: Кулон, Ампер, Вольта, Лаплас, Гаусс, Эрстед, Фарадей... Так была завершена специальная теория относительности.

А тем временем Эйнштейн приготовил и опубликовал свою первую и наиболее известную статью об относительности “К электродинамике движущихся тел” [6]. Эта статья не содержит ссылок на другие работы, и поэтому некоторые считают ее компиляцией предшествующих работ [7].

Основная мысль Эйнштейна — это инвариантность скорости света (что не допускает существования небольшой массы у фотона).

Эйнштейн пришел к принципу относительности. Он получил все те же результаты, что и Пуанкаре. Он упомянул, что связанные с именем Лоренца преобразования являются элементами математической группы, но никак не использовал это их свойство.

Был ли Эйнштейн знаком с работой Пуанкаре? Это трудный вопрос. С одной стороны, он написал в 1955 году письмо Карлу Зелигу:

“Нет сомнений, что специальная теория относительности, если рассматривать ее развитие в ретроспективе, созрела для открытия в 1905 году. Лоренц обнаружил, что для анализа уравнений Максвелла существенны преобразования, которые впоследствии стали носить его имя, а Пуанкаре даже проник глубже в их взаимосвязь. Что же касается меня, то мне известны были важные работы Лоренца 1895 года “Теория электромагнетизма Максвелла” и “Исследование одной теории электрических и оптических явлений в возбужденных телах”. Но ни с более поздней работой Лоренца, ни с последовательными исследованиями Пуанкаре я тогда знаком не был. В этом смысле моя работа 1905 года была независимой” ([8], стр.11).

С другой стороны:

А. В статье Эйнштейна 1905 года представлены все те же результаты, что и у Пуанкаре, даже групповое свойство элементов из преобразований, связанных с

именем Лоренца. Это замечание о математической группе было тогда очень новым и практически игнорировалось физиками. Эйнштейн тоже его не использовал.

Б. У Эйнштейна, конечно, не было возможности прочитать июльскую 1905 года статью Пуанкаре в то время, когда он писал собственную, однако июньское 1905 года “Письмо в Академию” пришло в Берн вовремя, до 12 или 13 июня, и прочесть его входило в служебные обязанности Эйнштейна.

В. Согласно воспоминаниям его друзей Мориса Соловина и Карла Зелига, Эйнштейн прочитал книгу Пуанкаре “Наука и гипотеза” (нет абсолютного времени, нет абсолютного пространства, нет эфира...) в течение 1902–1904 годов. Эта книга на протяжении нескольких недель обсуждалась в рамках их лекционного цикла “Академия Олимпия” ([8], стр.129, 139 и [9]).

Тем не менее, даже если принцип относительности можно было бы назвать принципом Пуанкаре, и даже если Эйнштейн не был бы первым, мы обязаны ему не только за общую теорию относительности 1916 года, но и за значительную популяризацию специальной теории относительности. Это оказалось весьма кстати, потому что здоровье Пуанкаре ухудшилось, и он многого в своей гигантской работе<sup>3</sup> сделать не успел.

Конечно, не только из-за плохого здоровья Пуанкаре и отсутствия упоминания о нем в работе Эйнштейна 1905 года так мало знают о Пуанкаре и так много об Эйнштейне. Если бы великий физик, такой как Поль Ланжевен (который в течение нескольких недель беседовал с Пуанкаре о физике во время путешествия в Сент-Луис в 1904 году), поддержал Пуанкаре, ясность была бы установлена немедленно.

Если бы Пуанкаре имел возможность публикации в известных физических изданиях, таких как “Annalen der Physik”, в котором была опубликована статья Эйнштейна, тогда он мог бы приобрести более широкую известность. А он для своей статьи в июле 1905 года нашел лишь “Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo”, второстепенный журнал по математике, который не известен физикам.

Кажется невероятным, что у Пуанкаре почти не было возможности публиковаться в журналах для физиков, а ведь физики того времени не хотели признавать, что этот выдающийся математик тоже является одним из них. Даже сегодня некоторые физики еще считают, что физический смысл переменных  $x'$  и  $t'$  в преобразованиях Лоренца недостаточно подчеркивался автором принципа относительности.

Более того, большинство профессоров французских университетов, в значительной мере и не в последнюю очередь, занимали левую политическую позицию в то время суровой политической конфронтации (дело Дрейфуса, отчуждение церкви от государства). Они отказывались поддерживать Анри Пуанкаре, которого ассоциировали с его двоюродным братом Раймоном Пуанкаре, лидером правых и будущим президентом Французской республики. Возможно, именно по этой причине молчал Поль Ланжевен.

Пуанкаре не был эгоистичен в публикациях. Он выразил Лоренцу больше чем дань уважения, от которой Лоренц чистосердечно отказался. Пуанкаре назвал функ-

---

<sup>3</sup>Пуанкаре заболел в 1909 году и умер в 1912 году в возрасте 58 лет.

ции Фукса именем профессора Фукса, хотя в разработке этих функций он сам выполнил две третьих всей работы.

К счастью, дружба Лоренца и спасла Пуанкаре. После триумфальных результатов наблюдения затмения солнца в 1919 году Нобелевский комитет собрался в 1921 году и первоначально решил: “Мы должны дать премию Эйнштейну за теорию относительности”. Но Лоренц, лауреат премии по физике 1902 года, запротестовал — “Это нечестно!” и опубликовал заметку о жизни Пуанкаре, которую написал еще в 1914 году [10]... “Я не устанавливал принцип относительности как точную и всеобщую истину. Напротив, Пуанкаре получил полную инвариантность (уравнений Максвелла) и сформулировал постулат относительности (т.е. принцип относительности), выражение, которое именно он первым использовал...”. Изумленный Нобелевский комитет решил подумать об этом более тщательно и, наконец, через несколько месяцев дал премию Эйнштейну не за теорию относительности, а за фотоэлектрический эффект!

Таким образом, несмотря на скромность и застенчивость, Анри Пуанкаре следует признать не только отличным философом науки<sup>4</sup> и одним из величайших математиков. Он также величайший физик (электромагнетизм и радио, оптика, флюоресценция, кинетическая теория газов, кванты и пр...), отец принципа относительности и первооткрыватель специальной теории относительности.

## Список литературы

- [1] Lorentz H.A. Electromagnetic phenomena in a system moving with any velocity less than that of light. // Proc. Royal Acad., Amsterdam 6, 809 (1904).
- [2] Poincaré H. La Science et l’Hypothèse. – Flammarion, Paris, 1902.
- [3] Poincaré H. Sur la dynamique de l’électron. – Comptes rendus de l’Académie des Sciences de Paris, 140, 1504-1508 (5 Juin 1905).
- [4] Poincaré H. La mesure du temps. // Revue de métaphysique et de moral, 6, 371-384 (1898).
- [5] Poincaré H. Sur la dynamique de l’électron. – Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo 21, 129-175 (received July 23, 1905, published in January 1906).
- [6] Einstein A. Zür Elektrodynamik der bewegten Körper. – Annalen der Physik 17, 891-921 (received June 30, 1905, published September 26, 1905).
- [7] Leveugle J. Poincaré et la Relativité. – La Jaune et la Rouge, p.31-51, Avril 1994.

---

<sup>4</sup>Например: “Ясно, что то, что хорошо для теоретиков, не обязательно есть наилучшее для детей и студентов” [16].

Если бы мы забыли это мудрое изречение Пуанкаре, то мы не смогли бы обучить “современной математике” миллионы несчастных учеников.

- [8] Miller A.I. Albert Einstein's Special Theory of Relativity. – Addison-Wesley Publishing Company Inc. Reading Mass., 1981.
- [9] Solovine M. Lettes á Maurice Solovine. – Paris Gauthier - Villars ed. VIII, 1956.
- [10] Lorentz H.A. Deux mémoires de Henri Poincaré dans la Physique mathématique. // Acta Mathematica, t.38, 1921.
- [11] Poincaré H. L'état actuel et l'avenir de la physique mathématique. – Bulletin des Sciences Mathématiques. Tome 28-2e série (reorganized 39-1), p. 306-1904.
- [12] Tonnwlat M.A. Histoire du Principe de Relative. – Paris, Flammarion, 1971.
- [13] Ginzburg V.L. On the Theory of Relativity. – Nauka, Moscow, 1979.
- [14] Bol'shaia Sovetskaia Entsiklopedia. Great Soviet Encyclopedia – translation of the third edition, v.18, Macmillan, Inc. New-York, Collier Macmillan Publishers London Relativity, Theory of, p. 653 (1974).
- [15] Pauli W., Kottler F. Encyklopädie der Mathematischen Wissenschaften. – Leipzig-Verlag und Druck Von BG Teubner. – Relativitätstheorie VI-2-2 , p. 171 (1922-1934).
- [16] Poincaré H. Science et Méthode. – Paris, Flammarion, 1908, p.123.

*Рукопись поступила 19 апреля 1999 года*

Кристиан Маршалль

Решающий вклад Анри Пуанкаре в специальную теорию относительности.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы  $\text{\LaTeX}$ .

Редактор Н.В.Ежела.

Технический редактор Н.В.Орлова.

---

Подписано к печати 21.04.99 г. Формат  $60 \times 84/8$ .      Офсетная печать.

Печ.л. 1,5.    Уч.-изд.л. 1,15.    Тираж 100.    Заказ 106.    Индекс 3649.

ЛР №020498 17.04.97.

---

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий  
142284, Протвино Московской обл.

