

## ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ БЕЗ СВЕТОВОГО ПОСТУЛАТА И ПРИНЦИП ПРИЧИННОСТИ

«Бессветовое» направление в СТО – без постулата о постоянстве скорости света в вакууме – берет свое начало, как известно, от работ Игнатовского, Франка и Роте, что отмечено, например, в монографии Паули [1]. В общепринятом варианте относительного движения систем отсчета  $K$  и  $K'$ , исходя из групповых соображений и соображений симметрии удается получить формулы преобразования  $x$  – координаты и времени в виде:

$$x' = (x - \beta t)(1 - \alpha \beta^2)^{-\frac{1}{2}}, \quad t' = (t - \alpha \beta x)(1 - \alpha \beta^2)^{-\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – постоянная, имеющая размерность обратного квадрата скорости,  $\beta$  – скорость относительного движения систем  $K$  и  $K'$ . Формулам преобразований (1) соответствует закон преобразования проекции скорости частицы  $u$  на оси координат  $x$ ,  $x'$  – закон сложения скоростей (ЗСС) вида

$$u'_x = (u_x - \beta)(1 - \alpha u_x \beta)^{-1}. \quad (2)$$

Как отмечалось Паули «относительно знака, величины и физического смысла  $\alpha$  сказать на основе высказанных положений ничего нельзя». То же отмечено и в работе [2].

Впоследствии предлагались различные варианты вывода исходных соотношений СТО без светового постулата. Работы [2]- [5] – не исчерпывают список работ этого направления.

Имеется и такой подход, когда вводится вместо постулата о постоянстве скорости света утверждение о существовании в природе предельной скорости передачи взаимодействий, которая в силу принципа относительности должна быть одинаковой во всех инерциальных системах отсчета [6].

Заметим, что бессветовой подход вошел уже в энциклопедическое издание [7].

Рассмотрим варианты исходных положений СТО, из которых следует ее содержание, под которым будем понимать: вид пространственно-временных преобразований и существование предельной скорости передачи взаимодействий. Соответствующий результат может быть получен, как известно, из следующих вариантов исходных постулатов.

Первый. Два традиционных эйнштейновских постулата плюс принцип причинности.

Второй. Принцип относительности плюс постулат о существовании предельной скорости передачи взаимодействий.

Что касается методологических требований к исходным положениям, то поскольку СТО – общезначимая теория пространства и времени, представляется логичным, чтобы положения эти были достаточно общего характера, по возможности простые и, разумеется, их должно быть как можно меньше.

Исходя из сказанного, предлагается следующий вариант совокупности исходных положений. Как и в других вариантах, принимается изотропность

пространства и однородность пространства и времени. К симметриям добавляются следующие два постулата:

- а) принцип относительности;
- б) принцип причинности.

Принцип причинности рассматривается здесь, конечно, в варианте макропричинности и понимается согласно, например [8], как генетическая связь явлений, когда одно из них (причина) вызывает другое (следствие): «Причинение вызывается физическим воздействием одного явления на другое, когда между ними происходит перенос материи и движения. При этом свойства причинности существенным образом связываются со свойствами пространства и времени и предполагают такое свойство его структуры, как безусловную возможность однозначного упорядочения двух временных точек явление "причина" происходит раньше явления "следствие"».

Принцип б) является, по-видимому, более общим, более естественным и менее сильным, чем утверждение о существовании предельной скорости передачи взаимодействий.

Покажем, как из предложенных посылок следуют необходимые результаты.

Сначала тем или иным способом выводятся преобразования вида (1) (для двух других пространственных координат получаются тождественные преобразования). Для этого необходимы лишь соображения пространственно-временных симметрий и принцип а). Из всего этого вытекает линейность и групповой характер искомых преобразований, как показано в [2], и их вид (1) с той, однако, особенностью, что знак  $\alpha = \text{const}$  в рамках данных соображений оказывается неопределенным, так что можно принять либо  $\alpha = -c_0^{-2} < 0$ , либо  $\alpha = c_0^{-2} > 0$ , где  $c_0$  – постоянная, имеющая размерность скорости.

Покажем, что в рамках предложенной выше совокупности посылок а) и б) устанавливается знак  $\alpha$ .

Рассмотрим причинно-связанные события, происходящие в системе  $K$  на оси  $x$  в точках  $x_1$  и  $x_2$ , так что  $x_1 < x_2$  и событие в  $x_1$  – причина, событие в точке  $x_2$  – следствие. Моменты наступления событий соответственно  $t_1$  и  $t_2$ ,  $t_1 < t_2$ . Сказанное означает распространение от  $x_1$  к  $x_2$  некоторого сигнала, физическая природа которого не ограничивается, причем в выбранной конфигурации сигнал движется вдоль оси  $x$  в том же направлении, что и система отсчета  $K'$ . Пусть скорость сигнала в системе  $K$  равна по величине  $u$ .

$$\text{Имеем } \Delta x = x_2 - x_1 = u \Delta t, \quad \Delta t = t_2 - t_1.$$

$$\text{Выберем сначала } \alpha = -c_0^{-2} < 0.$$

Т.к. в данном случае  $u_x = u$ , то в соответствии с (1) для промежутка времени между событиями в системе  $K'$  получим

$$\Delta t' = \left( \Delta t + \frac{g \Delta x}{2} \right) \left( 1 + \frac{g^2}{c_0^2} \right)^{-\frac{1}{2}} = \Delta t \left( 1 + \frac{gu}{c_0^2} \right) \left( 1 + \frac{g^2}{c_0^2} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (3)$$

В соответствии с принципом причинности должно быть  $\Delta t' = t_2' - t_1' > 0$ .

Поскольку  $g > 0$ , то равенством (3) обеспечивается  $\Delta t' > 0$  при любой величине  $g$ .

Рассмотрим теперь случай, когда событие-причина происходит в точке  $x_1$ , правее  $x_2$ , где происходит событие-следствие,  $x_1 > x_2$ . В таком варианте движение сигнала от  $x_1$  к  $x_2$  со скоростью  $u$  осуществляется встречным образом по отношению к движению системы  $K'$ . Теперь  $\Delta x = x_2 - x_1 = -u \Delta t$  и вместо (3) получим:

$$\Delta t' = t_2' - t_1' = \Delta t \left( 1 - \frac{gu}{c_0^2} \right) \left( 1 + \frac{g^2}{c_0^2} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (4)$$

Требование  $\Delta t' > 0$  остается и в этом случае и для его выполнения необходимо, как видно из (4), выполнение неравенства  $\mathcal{U} < c_0^2$ . Очевидно можно считать возможным случай  $u = \mathcal{U}$ . Тогда получим  $\mathcal{U} < c_0$ . Ясно, что не может быть  $u > c_0$ . Но невозможно, вообще говоря, заменив  $\mathcal{U}$  на  $u$ , получить аналогично  $u < c_0$ , т.к. нельзя быть заранее уверенным, что скорость системы  $K'$  как физического тела может достигать скорости сигнала любой природы. Поэтому для  $u$  необходимо лишь выполнение условия  $u \leq c_0$ .

Как видно, выбор  $\alpha = -c_0^{-2} < 0$  при наложении ограничений на скорости  $\mathcal{U}$  и  $u$  может быть согласован с принципом причинности. Величина  $c_0$  приобретает смысл предельной скорости передачи взаимодействий.

Проверим далее совместность выбранного значения  $\alpha < 0$  с принципом относительности. В соответствии с этим принципом предельная скорость передачи взаимодействий должна быть одинаковой во всех ИСО. ЗСС (2) при выбранном  $\alpha$  будет иметь вид:

$$u'_x = (u_x - \mathcal{U}) \left( 1 + \frac{u_x \mathcal{U}}{c_0^2} \right)^{-1} \quad (5)$$

Однако, при таком виде ЗСС при скорости сигнала  $u_x = c_0$  из (5) следует, что  $0 < u'_x < c_0$ , при  $u_x = -c_0$  будет  $|u'_x| > c_0$ , что означает неинвариантность величины  $c_0$ . Уравнение (5) не дает и никакой иной универсальной скорости.

Проведенный анализ показывает, что выбором в (1)  $\alpha < 0$ , нельзя обеспечить выполнение одновременно принципов причинности и относительности. Вывод: необходимо брать  $\alpha = c_0^{-2} > 0$ . В этом случае преобразования (1) принимают вид преобразований Лоренца, со всеми известными следствиями, причем предельный характер скорости передачи сигнала  $u$  не требует уже дополнительных соображений, т.к. принцип причинности входит в число исходных посылок.

Таким образом, два достаточно общих принципа, относительности и причинности могут быть взяты в качестве исходных посылок СТО. Для опытного определения остается лишь величина  $c_0$ , но не знак постоянной  $\alpha$ .

В заключение заметим, что аксиоматический вариант формулировки основ СТО приводится в работе [9]. Здесь подход не только бессветовой, но изначально фигурируют элементы множеств, которые не обязательно являются пространственно-временными сущностями. Рассматриваются групповые преобразования с использованием топологических соображений при определенной асимметрии, что соответствует причинности, и применительно к пространственно-временным элементам ведет к инварианту, который соответствует преобразованиям Лоренца,  $\alpha > 0$  в данной интерпретации.

Такого рода обобщения, конечно, необходимы, но они, очевидно, не могут целиком заменить более простых и наглядных подходов, основанных на общих физических принципах, один из которых предложен в данной работе.

Что касается экспериментальных обоснований, то это опытные обоснования СТО, которые хорошо известны, например, замедление времени для быстродвижущихся частиц. Ведь  $\alpha < 0$  дало бы эффект убыстрения течения времени.

Можно заметить все же, что имеются экспериментальные факты, свидетельствующие как будто о таком явлении. Имеются в виду известные опыты Тернера и Хилла по обнаружению поперечного эффекта Доплера при относительном вращательном движении источника и поглотителя гамма-квантов: перестановка местами источника и поглотителя в центре и на боковой поверхности ротора ведет к смещению резонансной частоты излучения в более коротковолновую голубую область спектра.

Принцип причинности, взятый здесь за основу, можно считать справедливым в макроявлениях (во всяком случае, пока).

В микромире справедливость данного принципа, как известно, ставится под сомнение, так что нельзя быть уверенным в универсальности приведенных рассуждений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Паули В.** Теория относительности. – М., 1983. – С. 27-28.
2. **Терлецкий Я.П.** Парадоксы теории относительности. – М., 1966. – С. 23-31.
3. **Кард П.** Изв. АН Эстонской ССР. 1976. Т. 25. Физика \* Математика, № 3. С. 227-233; 1981. Т. 30, №4. С. 397-398.
4. **Соболевский А.Н.** В сб. Методические материалы по вопросам преподавания физики в высшей школе. – Мн.: МВ ССО БССР, 1986. – С. 29.
5. **Nichikawa S.** Nuovo Cimento B. 1997. Vol. 112, №8. P. 1175-1187.
6. **Фок В.А.** Теория пространства, времени и тяготения. – М., 1955. – С. 28.
7. Физический энциклопедический словарь. – М., 1984. – С. 507-509.
8. **Барашенков В.С.** Проблемы субатомного пространства и времени. – М.: Атомиздат, 1979. – С. 68-69.
9. **Guts A.K.** Гравитация и космология. 1995. Т. 1, №3. С. 211-215.

#### SUMMARY

*The problem of axioms for the without light Special Theory of Relativity is discussed. It's stated the reasons for the acception of the axioms: 1) the principle of the relativity; 2) the principle of the causality.*