

ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ПО-ДРЕВНЕГРЕЧЕСКИ*

М.И. Петелин

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

Экскурс в историю теории относительности для любознательных студентов и не только.

Ключевые слова: Пространственно-временная симметрия, 12-я теорема Прокла, теория относительности.

Согласно [1-4], теория относительности может быть построена без априорного ограничения скорости материальных тел – наоборот, это ограничение само следует сразу же из симметрии пространства-времени¹.

Следуя античной методологии [1], начнем с определения. Пусть две одинаковые инерциальные системы движутся по одной прямой (рис. 1), и пусть в каждой из них свой наблюдатель измеряет расстояния, взяв за единицу N своих шагов, и измеряет временные интервалы, взяв за единицу M автоколебаний своего пульса («каждой системе – собственное время»). Из соображений прокловской [1] симметрии², эти наблюдатели могут подобрать отношение N/M так, чтобы измерять как координаты ξ, ξ' , так и времена τ, τ' общим одномерным эталоном³. Тогда пересчет

*Статья написана по материалам доклада, прочитанного на XVI Международной зимней школе-семинаре по радиофизике и электронике СВЧ. Саратов, Россия, 2–7 февраля 2015.

¹Удобной иллюстрацией пространственно-временной симметрии может служить уравнение Фогта [5] ([4] Appendix 2), которое описывает распространение электромагнитного волнового пакета в вакууме:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial \xi^2} = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \tau^2} \Leftrightarrow \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \xi'^2} = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \tau'^2}$$

Однако, разумеется, пространственно-временная симметрия $\xi \leftrightarrow \tau$ гораздо фундаментальнее своих частных физических проявлений.

²Эта *συμμετρεῖν* (= «измеряй вместе») была постулирована полтора тысячелетия назад Проклом [1], который, заменив 5-й элемент Аристотеля – эфир – вакуумом, сделал как движение, так и покой относительными.

³По аналогии – из педагогического опыта автора этих строк – современный прогрессивный студент запускает в безграничный вакуум два идентичных кристалла и в каждом из них, руководствуясь народно-экономической мудростью «Время – деньги, пространство – тоже деньги», вводит – подбором отношения \bar{N}/\bar{M} – унитарный одномерный пространственно-временной эталон («Давайте все измерять баксами!»), соответствующий \bar{N} периодам кристалла и \bar{M} периодам «вращения» электрона вокруг локального ядра.

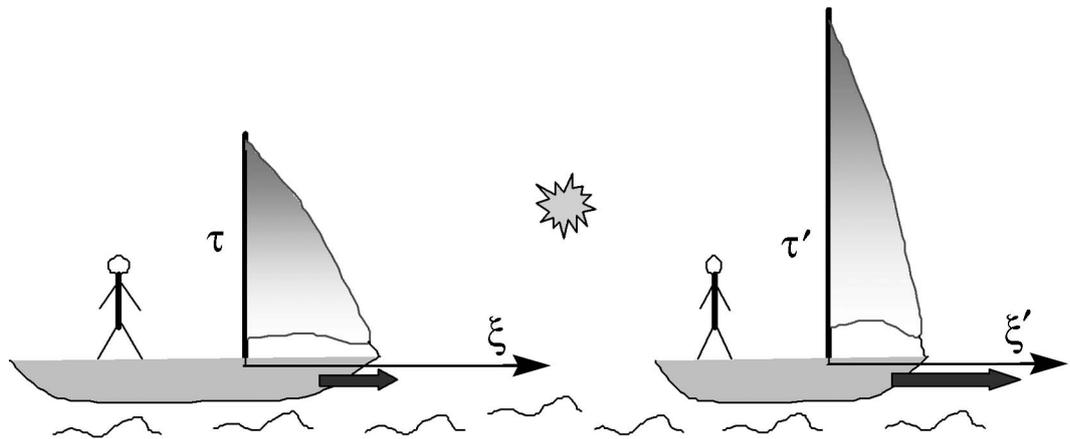


Рис. 1. Инерциальные системы отсчета

любого события из одной инерциальной системы в другую становится инвариантным относительно коммутации

$$\begin{array}{ll} \xi \rightarrow \tau & \xi' \rightarrow \tau' \\ \tau \rightarrow \xi & \tau' \rightarrow \xi' \end{array} \quad (1)$$

а из взаимности относительного движения систем отсчета следует инвариантность относительно коммутации

$$\begin{array}{ll} \xi \rightarrow -\xi' & \xi \rightarrow -\xi \\ \tau \rightarrow \tau' & \tau' \rightarrow \tau. \end{array} \quad (2)$$

Для некоторого «стартового» события положим $\xi_0 = \tau_0 = \xi'_0 = \tau'_0 = 0$ и, чтобы удовлетворить условиям (1)–(2), свяжем последующие события (ξ, τ, ξ', τ') уравнениями

$$\begin{array}{l} \xi = \gamma\xi' + \kappa\tau' \Rightarrow \xi' = \gamma\xi - \kappa\tau, \\ \tau = \kappa\xi' + \gamma\tau' \Leftarrow \tau' = -\kappa\xi + \gamma\tau, \end{array} \quad (3)$$

а чтобы подстановка любого из столбцов в противоположный давала тождество, свяжем коэффициенты условием

$$\gamma^2 - \kappa^2 = 1. \quad (4)$$

Из (3)–(4) следуют популярные эффекты релятивистской кинематики [5,6]:

- «парадокс» близнецов: $\xi' = 0 \Rightarrow \tau' = \tau/\gamma$ (мораль: «Хочешь жить – умей вертеться»),
- лоренцево «сокращение» длины: $\tau' = 0 \Rightarrow \xi' = \xi/\gamma$ (мораль: «В прыжке – сгруппируйся»).

Разобравшись с координатами и временами, займемся их производными – скоростями. Полагая в (3) $\xi' = 0$ или $\xi = 0$, найдем относительные взаимные скорости систем отсчета

$$\beta = \pm \frac{\kappa}{\gamma} \quad (5)$$

и, используя (5), запишем условие циклической рекуррентности (4) в виде

$$\gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2}, \quad (6)$$

согласно которому относительная скорость систем отсчета (а значит, и любых материальных тел) ограничена:

$$|\beta| \leq 1 \quad (7)$$

– пространственно-временная симметрия (1)–(2) результировала в 12-ю теорему Прокла: «Εν πεπερασμένω χρόνω το αλείρον κινείσθαι ουκ εστιν» – «За конечное время нельзя пройти бесконечное расстояние» [1].

Измеренная в конце предыдущего тысячелетия «бытовая» предельная скорость материальных тел оказалась равной $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.⁴ Соответственно, если измерять координату $x = \xi$ метрами, а время $t = \tau/c$ секундами, то «древнегреческие» формулы (3)–(4) сводятся к «обычному» преобразованию Лоренца [5,6].

Я благодарен Д.И. Трубецкову за приглашение в гостеприимные «Волжские дали» на зимнюю школу-семинар.

Библиографический список

1. Προκλῶν Διαδοχῶν Λυκίου, «Σηοιτειωζις Φοζικη». Начала физики / Перевод С. Месяц. М.: Греко-латинский кабинет Ю.А. Шичалина, 2001.
2. Mermin N. Relativity Without Light // Am. J. Phys. 1984. Vol. 52. P. 119.
3. Feigenbaum M. The Theory of Relativity – Galileo’s Child (arXiv:0806.1234v1, 2008).
4. Petelin M. The universal speed limit as an attribute of the space-time symmetry // JBAP. 2015. Vol. 4, № 1. P. 8.
5. Voigt W. Ueber das Dopplersche Prinzip // Goett. Nachr. 1887. S. 41.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. М.: Физматлит, 1967.
7. Feynman R., Leighton R., and Sands M. The Feynman Lectures on Physics. 2006.

References

1. Προκλῶν Διαδοχῶν Λυκίου, «Σηοιτειωζις Φοζικη». Elements of Physics. / A. Ritzenfeld (ed./transl.). Leipzig: Teubner, 1912.
2. Mermin N. // Am. J. Phys. 1984. 52. Vol. 119.
3. Feigenbaum M. arXiv:0806.1234v1, 2008.
4. Petelin M. // JBAP. 2015. Vol. 4, № 1. P. 8.
5. Voigt W. // Goett. Nachr. 1887. S. 41.
6. Landau L.D., Lifshitz E.M. // The Classical Theory of Fields. 1975. Vol. 2. (4th ed.). Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-7506-2768-9.

⁴Несколько лет назад CERNовцы намерили было у нейтрино скорость, превышающую скорость света; и тут выяснилось, что стандартная теория относительности [5,6], основанная на экспериментах с фотонами и заряженными частицами, бессильна ограничить скорость незаряженных тел. В конце концов CERN был вынужден подчиниться Проклу и снизить скорость нейтрино до скорости света. Под прокловское ограничение (6) неизбежно подпадет и скорость пока еще не открытых торсионных волн.

7. *Feynman R., Leighton R., and Sands M.* The Feynman Lectures on Physics. 2006.

Поступила в редакцию 3.03.2015

RELATIVITY A LA ANCIENT GREEK

M. I. Petelin

Institute of Applied Physics, Nizhny Novgorod, Russia

From the history of relativity for students and not only for them.

Keywords: Space-time symmetry, the 12-th theorem of Prokl, theory of relativity.



Петелин Михаил Иванович – родился в 1937 году в Горьком (Нижний Новгород). Окончил радиофизический факультет (1959) и аспирантуру при Горьковском университете (1962). С 1962 по 1967 год работал в Горьковском университете ассистентом кафедры электродинамики СВЧ. В 1967 году перешел в Научно-исследовательский радиофизический институт (НИРФИ) при Горьковском университете. В 1977 году переведен в Институт прикладной физики Российской академии наук (ИПФ РАН), где в настоящее время занимает должность главного научного сотрудника. Область научных интересов: микроволновая электроника и электродинамика больших мощностей в приложениях к проблемам управляемого термоядерного синтеза, радиолокации и ускорителей заряженных частиц. Награды: Государственная премия СССР (1967), премия имени К. Баттона (1996), Государственная премия России (2003), премия имени Д. Пирса (2011).

603950 Нижний Новгород, ГСП-120, ул. Ульянова, 46
Институт прикладной физики РАН
E-mail: petelin@appl.sci-nnov.ru