



**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

С 844

P2-88-375 *e*

В.Н.Стрельцов

**СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД
НА ЗАРОЖДЕНИЕ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ**

1988

1. *Введение.* Современная физика в отличие от классической имеет дело фактически с быстрыми движениями (как основной составной элемент сюда входят и электромагнитные явления). Быстрые движения, т.е. движения со скоростями, близкими к скорости света "с", называются релятивистскими. Именно их изучение привело по существу к пересмотру основополагающих представлений о пространстве и времени.

Представляет интерес, с современных позиций, а следовательно, и более объективно, проследить, как зародились новые концепции, приведшие к радикальному пересмотру классической физики и ставшие уже чем-то привычным в настоящее время.

Теория релятивизованного пространства-времени, учитывающая особенности быстрых движений, получила название специальной теории относительности (СТО). Она установила, что физической реальностью является единое пространство-время, позволила углубить физический смысл и обобщить само понятие координаты. Можно сказать, что СТО базируется на преобразованиях Лоренца. Именно из них следует, что при релятивистских движениях длины масштабов или длительности процессов изменяются. Роль инварианта играет единый пространственно-временной интервал. Вместе с тем, эти преобразования по сравнению с галилеевскими фактически закрепили равноправие между пространственными и временными координатами.

Ретроспективному анализу зарождения главных особенностей СТО и будет посвящена наша работа. При этом мы оставляем в стороне вопрос о релятивистском принципе относительности, обобщившем галилеевский принцип (1632 г) на быстрые движения и на другие (а не только механические) физические явления.

2. *Введение равноправия между пространственными и временными координатами.* По-видимому, Фогт в 1887 г. первый внес изменения в известные формулы Галилея, введя преобразование для времени. Формулы Фогта имели вид ^{1/}:

$$x' = x - vt, \quad t' = t - \frac{v}{c^2} x. \quad (1)$$

На современном языке они называются приближенными (с точностью до v^2/c^2) светоподобными (или изотропными) преобразованиями Лоренца. Аналогичную формулу для времени спустя пять лет вводит

Лоренц^{/2/}. Таким образом, Фогт по существу впервые затронул кардинальный вопрос о равноправии пространственных и временных координат*.

Следующий шаг был сделан Лармором, который по сути дела и получил (введя γ -фактор, $\gamma = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$) математические формулы для пространственно-временных координат^{/3/}. Мы сейчас называем их преобразованиями Лоренца. По свидетельству Гоффмана^{/4, с.137/}, он пользовался ими уже в 1898 г.

Здесь, однако, мы хотим обратить внимание на следующее. Конкретное проявление релятивизма, т.е. в конечном счете релятивистские эффекты изменения длины, замедления времени, увеличения энергии и т.д., определяются по сути дела величиной γ или, как мы сейчас говорим, лоренц-фактором (приближенно говорят об эффектах порядка v^2/c^2). Поэтому здесь важно то, когда же появились первые указания на возможность подобных явлений?

3. *Гипотеза об изменении пространственных размеров при движении* была выдвинута Фицджеральдом для объяснения отрицательного результата опыта Майкельсона — Морли^{/5/}. В 1889 г. он высказал предположение о том, что длины материальных тел изменяются при движении (через эфир) на величину, зависящую от квадрата отношения их скорости к скорости света^{/6/}. Таким образом, Фицджеральд по существу впервые поставил другой кардинальный вопрос — о зависимости пространственных размеров от состояния движения. Тремя годами позже независимо от него Лоренц^{/7/} выдвинул гипотезу о сокращении продольных размеров всех твердых тел в направлении их движения (относительно эфира) согласно формуле

$$l = l^0 \gamma^{-1}. \quad (2)$$

Здесь l и l^0 — продольные размеры тел в движении и покое соответственно. Это явление получило название сокращения Лоренца — Фицджеральда. Впоследствии формула (2) была включена в структуру СТО^{/8/}.

4. *Первое отступление.* Таким образом, предположение об изменении пространственных размеров материальных объектов в результате движения, выдвинутое Фицджеральдом, явилось следствием отрицательного результата опыта Майкельсона — Морли. Однако, если при расчете времени распространения света вдоль продольного плеча интерферометра ($t_{||}$) Майкельсон учитывал изменение этой скорости ($c-v$ — в направлении движения Земли (относительно эфира) и $c+v$ — против),

то при вычислении времени распространения света вдоль поперечного плеча (t_{\perp}) это влияние не учитывалось. Хотя свет распространяется под углом θ , близким в $\pi/2$ ($\cos \theta = v/c$), все же это отличие приводит к уменьшению скорости света на величину v^2/c . В результате будем иметь, что $t_{\perp} > t_{||}$ ^{/9/}. А это, в свою очередь, означает, что для объяснения опыта Майкельсона — Морли теперь нужно допустить удлинение (а не сокращение) продольных размеров тел при движении сквозь эфир. Правда, точности ради отметим, что в первой работе Фицджеральда^{/6/} говорится об изменении размеров, а не об их сокращении.

С другой стороны, при трактовке данного опыта с позиции теории относительности^{/10/} t_{\perp} остается неизменным, т.е.

$$t_{\perp} = 2 \frac{l^0}{c} \gamma, \quad (3)$$

а для $t_{||}$ в соответствии с условием постоянства скорости света найдем

$$t_{||} = 2 \frac{l_{||}}{c}. \quad (4)$$

Отсюда, приравнявая (3) к (4), придем к релятивистской "формуле удлинения"

$$l_{||} = l^0 \gamma. \quad (5)$$

4. *Второе отступление.* Здесь мы хотим остановиться на рассуждениях Гоффмана^{/4, с.169/}, которые основываются на том, что для света дробь (пройденное расстояние)/(затраченное время) должна иметь одно и то же значение "с" независимо от системы отсчета. Далее он рассуждает следующим образом. Ваши часы идут в γ раз медленнее моих. Однако мне известно, что значение указанной дроби равно "с". Следовательно, если отмеренное вашими часами "затраченное время" в γ раз меньше полученного мною значения, то я должен обнаружить, что во столько же раз меньше и ваше "пройденное расстояние". Но если теперь правильно учесть, что указанные часы связаны с длиной в покое, а я-наблюдатель измеряет длину в движении, то мы придем именно к формуле (5), а не к сокращению Фицджеральда — Лоренца, как это утверждается в^{/4/}.

5. *Заключение.* Таким образом, как сейчас стало вполне ясно, соображение о равноправии пространственных и временных координат и предположение об изменении пространственных размеров при движении возникли еще в конце прошлого столетия. Потребовалось более полутора десятков лет, прежде чем Лоренцем, Пуанкаре, Эйнштейном и Минковским были построены основы теории относительности.

* Будучи одним из родоначальников кристаллофизики, Фогт также впервые ввел в науку понятие тензора.

При этом фактически ошибка Майкельсона, никем не замеченная, привела к тому, что до настоящего времени формуле лоренцева сокращения (2) отдается предпочтение перед малоизвестной "формулой удлинения" (5).

ЛИТЕРАТУРА

1. Voigt W. *Gött. Nachr.*, 1887, s.41.
2. Lorentz H.A. *Arch. Neerl.*, 1882, b.25, s.363.
3. Larmor J.J. *Aether and Matter*. Cambridge, 1900 (имеется частичный перевод в сб.: *Принцип относительности*. Под ред. Тяпкина А.А. М.: Атомиздат, 1973, с.48).
4. Гоффман Б. *Корни теории относительности*. М.: Знание, 1987.
5. Michelson A.A., Morley E.W. *Amer. J. Sci.*, 1887, v.34, p.333; *Phil. Mag.*, 1887, s.5, v.24, p.449.
6. FitzGerald G.F. *Science*, 1889, v.XIII, p.390.
7. Lorentz H.A. *Verh. K. Akad. Wet.*, 1892, v.1, p.74.
8. Эйнштейн А. *Собр. научных трудов*, т.1. М.: Наука, 1965, с.18.
9. Стрельцов В.Н. *Сообщение ОИЯИ P2-86-470*, Дубна, 1986; *P2-88-61*, Дубна, 1988.
10. Стрельцов В.Н. *Сообщение ОИЯИ P2-5946*, Дубна, 1971.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 мая 1988 года.

Стрельцов В.Н.

P2-88-375

Современный взгляд

на зарождение теории относительности

Высказывается суждение о том, что предпосылками построения основ теории относительности послужили: введение аналогии между преобразованиями пространственных и временных координат (В.Фогт, 1887 г.) и предположение об изменении пространственных размеров тел при движении (Дж. Фицджеральд, 1889 г.). Отмечается, что введение сокращения Лоренца — Фицджеральда для объяснения отрицательного результата опыта Майкельсона — Морли связано с неточностью вычисления времени распространения света вдоль поперечного плеча интерферометра.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1988

Перевод О.С.Виноградовой

Strel'tsov V.N.

P2-88-375

Contemporary View on

Theory of Relativity Origin

The opinion is expressed that the prerequisites of construction of foundations for theory of relativity were the introduction of analogy between transformations of space and time coordinates (W.Voigt, 1887) and suggestion that the length of material bodies changes as they are moving (G.FitzGerald, 1889). It is noted that the introduction of Lorentz-FitzGerald contraction to interpret the negative result of Michelson-Morley experiment is due to inaccuracy of calculation of time of light propagation along the transverse arm of interferometer.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1988