

ИЗ ТЕКУЩЕЙ ЛИТЕРАТУРЫ

530.12+531.18

ОПЫТНАЯ ПРОВЕРКА ПОСТУЛАТОВ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Как известно¹, специальная теория относительности основывается на двух постулатах — на постулате (принципе) относительности и постулате о независимости скорости света от скорости источника излучения. Опытная проверка первого постулата, начиная с опыта Майкельсона — Морли, с возрастающей точностью была проведена в многочисленных экспериментах, доказавших отсутствие привилегированной системы отсчета для электромагнитных явлений². Вместе с тем до последнего времени не было достаточно надежных экспериментов, проверяющих второй постулат³⁻⁵. Недавний результат опыта Кантора⁶, поставивший под сомнение второй постулат, еще больше увеличил интерес к экспериментальному обоснованию этого постулата. Все это привело к тому, что в последнее время появился ряд экспериментальных работ^{3,7-10}, в которых независимость скорости света от скорости источника излучения проверялась различными способами. Среди этих работ только в одной работе³ использовался внеземной источник излучения. В ней фазовым методом сравнивались скорости света, излученного разными экваториальными краями солнечного диска. Статистическая обработка результатов наблюдений привела к полному согласию со вторым постулатом.

Следует, однако, отметить, что результаты опытов с внеземными источниками излучения встречают затруднения в своей интерпретации из-за взаимодействия света со средой, расположенной между источником и местом наблюдения⁵. То же самое относится и к экспериментам, проводимым в земных условиях, при распространении света в воздухе, как, например, в опыте Кантора. Остановимся на этом опыте, получившем широкую огласку.

В этом опыте сравнивались оптические длины путей двух пучков света, проходивших через тонкие стеклянные пластинки, установленные на вращающемся диске. Направление распространения одного из пучков совпадало с направлением движения пластинок, а направление другого пучка было противоположным. В результате движения стеклянных пластинок отмечался интерференционный сдвиг в 0,5 полосы, который автором рассматривался как нарушение справедливости второго постулата. Рядом авторов¹¹⁻¹⁵ были даны различные объяснения полученному результату в рамках теории Эйнштейна, однако в последующих аналогичных экспериментах^{7,8} отмеченный интерференционный сдвиг вообще не наблюдался. Таким образом, было установлено, что сдвиг интерференционных полос, наблюдаемый Кантором, не имел непосредственного отношения ко второму постулату.

Наряду с указанными опытами представлялось интересным проделать независимые эксперименты, не использующие интерференционных свойств света. Такие два опыта недавно были проделаны. В одном из них⁹ использовался метод измерений времени пролета γ -квантов, излученных движущимися и неподвижными ядрами, а в другом¹⁰ использовалась аннигиляция позитронов и электронов на лету.

В опыте с измерением времени пролета γ -квантов движущимся источником излучения являлось возбужденное ядро C^{*12} , получаемое в результате неупругого рассеяния α -частиц в реакции $C^{12}(\alpha, \alpha')C^{*12}$. Время жизни на возбужденном уровне (4,43 Мэв) ядра C^{*12} равно $6,5 \cdot 10^{-14}$ сек, и ядро успевает излучить γ -квант прежде, чем оно остановится (после рассеяния α -частицы ядро C^{*12} имеет скорость отдачи). Неподвижным источником в данном опыте являлось ядро O^{*16} (уровень 6,13 Мэв), получаемое в аналогичной реакции $O^{16}(\alpha, \alpha')O^{*16}$. Время жизни этого ядра на возбужденном уровне равно $1,2 \cdot 10^{-11}$ сек, и ядро успевает остановиться перед тем, как испустить γ -квант. Измерения доплеровского смещения показали, что в момент излучения ядро C^{*12} имеет в среднем скорость, равную $(1,8 \pm 0,2) \cdot 10^{-2} c$, где c — скорость света в вакууме, а скорость ядра O^{*16} в момент излучения в среднем действительно равна нулю.

В рассматриваемом опыте периодическая последовательность импульсов, состоящая из α -частиц, выходящих из циклотрона, посылалась на две мишени, расположенные вдоль направления движения пучка α -частиц. Расстояние между мишенями, одна из которых содержала ядра C^{12} , а другая ядра O^{16} , равнялось 30 см.

Получаемая последовательность импульсов γ -квантов регистрировалась приемником, расположенным на расстоянии ~ 5 м от мишеней вблизи оси пучка α -частиц. Если промежуток времени между регистрируемыми импульсами γ -квантов, приходящих от обеих мишеней, в случае, когда α -частицы сначала попадают на мишень из ядер C^{12} , обозначить τ_1 , а через τ_2 обозначить тот же промежуток времени в случае, когда мишени

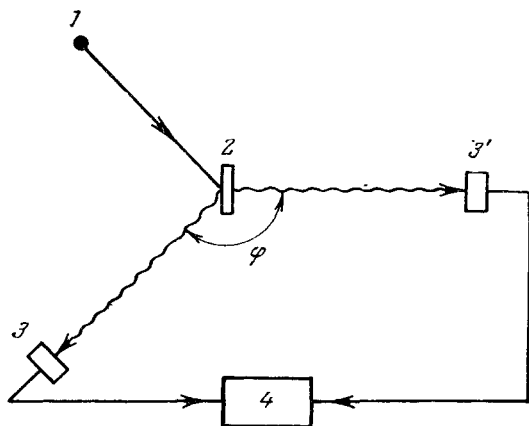


Схема опыта, использующего аннигиляцию на лету.

1 — Источник позитронов (Cu^{64}); 2 — пластинка из органического стекла; 3, 3' — приемники излучения γ -квантов; 4 — устройство совпадений.

переставлены местами, то в соответствии со вторым постулатом должно выполняться соотношение $\Delta t = \tau_1 - \tau_2 = 0$. Если бы скорость света складывалась со скоростью источника, то в данном случае Δt равнялась бы $0,5 \cdot 10^{-9}$ сек. Предварительные результаты опыта показали, однако, что $\Delta t = (-0,2 \pm 0,2) \cdot 10^{-9}$ сек. Таким образом, рассмотренный опыт подтверждает второй постулат.

В другом опыте, использующем аннигиляцию позитронов на лету, скорость источника излучения γ -квантов совпадала со скоростью центра масс электрона и позитрона. Аннигиляция позитрона и электрона с излучением двух γ -квантов происходила в тонкой пластинке из органического стекла (см. рисунок). На одинаковом расстоянии от пластинки располагались два приемника, регистрирующие оба γ -кванта. В системе центра масс два γ -кванта раз-

летаются в противоположные стороны ($\varphi = 180^\circ$). В лабораторной системе координат этот угол будет меньше 180° , а направления разлета обоих γ -квантов будут, вообще говоря, несимметричными относительно направления движения позитронов.

В данном опыте сравнивались времена пролета обоих γ -квантов (по схеме совпадений) в двух случаях: при аннигиляции в покое и на лету. При аннигиляции в покое приемники излучения и место аннигиляции располагались на одной прямой ($\varphi = 180^\circ$). В случае аннигиляции на лету проекции вектора скорости источника излучения (центра масс электрона и позитрона) на направления движения обоих γ -квантов не были равны друг другу, что при аддитивном сложении скоростей источника и скорости γ -квантов могло бы приводить к неравным временам пролета γ -квантов. Однако измерения показали, что с точностью до $\pm 10\%$ времена пролета, а следовательно, и скорости γ -квантов при всех исследованных углах разлета оказались равными, в полном согласии со вторым постулатом специальной теории относительности.

Дальнейшее увеличение точности в подобных опытах можно получить, повысив скорость источника излучения, например, используя распад π^0 -мезона на два γ -кванта¹⁶. Такое увеличение точности опытов имеет смысл, исходя из важной роли второго постулата, не только для специальной теории относительности, но и для общей, поскольку независимость скорости света от скорости источника излучения принимается и в общей теории относительности (см. 17).

Что касается точности проверки первого постулата, то в последнее время, используя биекция двух одинаковых мазеров с молекулярными пучками, направленными противоположно¹⁸ и перпендикулярно¹⁹ друг к другу, удалось установить, что скорость «эфира» относительно Земли не должна превосходить 30 м/сек (0,001 орбитальной скорости движения Земли). Этот результат в 45 раз превосходит по точности предыдущие опыты типа Майкельсона — Морли²⁰. Еще более высокая точность может быть достигнута в опытах, использующих эффект Мессбауэра^{2, 21}.

Таким образом, несмотря на увеличивающуюся точность, все имеющиеся в настоящее время опыты подтверждают оба постулата специальной теории относительности.

А. Г. Молчанов

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. A. E i n s t e i n, Ann. d. Phys. 17, 891 (1905) (см. перевод в сб. «Принципы относительности», М.—Л., ОНТИ, 1935).
2. C. M ø l l e r, Proc. Roy. Soc. A270, 306 (1962).
3. А. М. Б о н ч-Б р у е в и ч, В. А. М о л ч а н о в, Опт. и спектр. 1, 113 (1956).

4. H. Dingle, *Nature* **183**, 1761 (1959).
 5. J. G. Fox, *Amer. J. Phys.* **30**, 297 (1962).
 6. W. Kantor, *J. Opt. Soc. Amer.* **52**, 978 (1962), **54**, 147 (1964).
 7. G. C. Babcock, T. G. Bergman, *J. Opt. Soc. Amer.* **53**, 1357 (1963); **54**, 147 (1964).
 8. J. F. James, R. S. Sterberg, *Nature* **197**, 1192 (1963).
 9. T. Alvager, A. Nilsson, J. Kjellman, *Nature* **197**, 1191 (1963).
 10. D. Sadeh, *Phys. Rev. Letts.* **10**, 271 (1963).
 11. D. R. White, R. A. Alpher, *J. Opt. Soc. Amer.* **53**, 760 (1963).
 12. A. Bierman et al., *J. Opt. Soc. Amer.* **53**, 1008 (1963).
 13. P. Burcev, *Phys. Letts.* **5**, 44 (1963).
 14. Z. L. Budrikis, *Phys. Letts.* **6**, 258 (1963).
 15. V. Vyšin, *Phys. Letts.* **8**, 36 (1964).
 16. W. G. V. Rosser, *Nature* **190**, 249 (1961).
 17. В. Л. Гнзбур, УФН **81**, 739 (1963).
 18. J. P. Gedarholm, G. F. Bland, B. L. Havens and C. H. Townes, *Phys. Rev. Letts.* **1**, 342 (1958).
 19. T. S. Jaseja et al., *Phys. Rev.* **133**, A1224 (1964).
 20. G. Joos, *Ann. d. Phys.* **7**, 385 (1930).
 21. D. C. Champeney and P. B. Moon, *Proc. Phys. Soc.* **77**, 350 (1961).
-