

§ 13. Теорема сложения скоростей. Опыт Физо

Так как на практике мы можем сообщать масштабам и часам лишь скорости, незначительные по сравнению со скоростью света c , то выводы предыдущего параграфа вряд ли можно непосредственно сравнить с опытом. Но так как эти выводы покажутся читателю весьма странными, то можно привести еще одно следствие теории, которое легко выводится из вышеизложенного и блестяще подтверждается опытом.

В § 6 мы вывели теорему сложения скоростей, имеющих одинаковое направление, в таком виде, как она следует из гипотез классической механики. Это же можно легко получить и из преобразования Галилея (§ 11).

Вместо идущего по вагону человека мы рассматриваем точку, движущуюся относительно системы координат K' в соответствии с уравнением

$$x' = wt'.$$

Из первого и четвертого уравнений преобразования Галилея x' и t' можно выразить через x и t ; тогда получим

$$x = (v + w)t.$$

Это уравнение выражает не что иное, как закон движения точки относительно системы K (движение человека относительно полотна железной дороги); обозначая скорость этого движения через W , как и в § 6, получаем

$$W = v + w. \quad (\text{A})$$

Но подобное рассуждение можно с таким же успехом провести на основе теории относительности. В уравнении

$$x' = wt'$$

выразим x' и t' через x и t , применяя первое и четвертое уравнения преобразования Лоренца. Тогда вместо уравнения (A) получим уравнение

$$W = \frac{v + w}{1 + vw/c^2}, \quad (\text{B})$$

которое соответствует теореме сложения одинаково направленных скоростей в теории относительности. Теперь возникает вопрос, какая из

этих двух теорем подтверждается на опыте. Ответ на этот вопрос дает исключительно важный эксперимент, поставленный более половины столетия назад гениальным физиком Физо и повторенный с того времени некоторыми лучшими физиками-экспериментаторами, так что его результат является бесспорным. Этот эксперимент решает следующий вопрос. В покоящейся жидкости распространяется свет с определенной скоростью w . С какой скоростью распространяется он в трубе R (см. рис. 3) по направлению, указанному стрелкой, если упомянутая жидкость течет по этой трубе со скоростью v ?

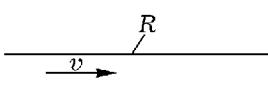


Рис. 3

Во всяком случае мы можем предположить в смысле принципа относительности, что *относительно жидкости* свет распространяется всегда с одной и той же скоростью w независимо от того, движется ли жидкость относительно других тел или она неподвижна. Следо-

вательно, известны скорость света относительно жидкости и скорость последней относительно трубы; требуется найти скорость света относительно трубы.

Ясно, что мы снова имеем задачу § 6. Труба играет роль полотна железной дороги, т. е. системы координат K , а жидкость — роль вагона, т. е. системы координат K' , и, наконец, свет — роль бегущего в вагоне человека или роль движущейся точки в настоящем параграфе. Таким образом, обозначая через W скорость света относительно трубы, можно ожидать, что она выражается либо уравнением (А), либо уравнением (Б), в зависимости от того, соответствует ли действительности преобразование Галилея или преобразование Лоренца.

Эксперимент¹ решает вопрос в пользу уравнения (Б), полученного из теории относительности, и притом с большой точностью. Влияние скорости течения жидкости v на распространение света, согласно последним превосходным измерениям Зеемана, выражается формулой (Б) с ошибкой, меньшей 1 %.

Правда, следует отметить, что задолго до появления теории относительности Г. А. Лоренц дал теорию этого явления и обосновал чисто электродинамическим путем при помощи определенных гипотез об

¹Физо нашел, что $W = w + v (1 - 1/n^2)$, где $n = c/w$ — показатель преломления жидкости. С другой стороны, вследствие того, что величина vw/c^2 мала по сравнению с 1, из уравнения (Б) получаем: $W = (w + v) (1 - vw/c^2)$ или, с одинаковой степенью точности, $w + v (1 - 1/n^2)$, что совпадает с результатом эксперимента Физо.

электромагнитной структуре материи. Однако это обстоятельство несколько не уменьшает доказательную силу эксперимента Физо, как *experimentum crucis* в пользу теории относительности, поскольку электродинамика Максвелла – Лоренца, на которой базировалась первоначальная теория, несколько не противоречит теории относительности. Можно сказать, что теория относительности выросла из электродинамики как поразительно простое обобщение и объединение ряда независимых друг от друга гипотез, на которых была основана электродинамика.

§ 14. Эвристическое значение теории относительности

Изложенный здесь ход мыслей можно кратко резюмировать следующим образом. Опыт привел к убеждению, с одной стороны, в справедливости принципа относительности (в узком смысле), и с другой стороны, в том, что скорость распространения света в вакууме равна постоянному значению c . В результате объединения обоих постулатов получился закон преобразования прямоугольных координат x, y, z и времени t событий, составляющих явление природы; при этом получилось не преобразование Галилея, но (в противоречие с классической механикой) преобразование Лоренца.

Важную роль в этих рассуждениях играл закон распространения света, который подтверждается нашими фактическими знаниями. Однако, имея в своем распоряжении преобразование Лоренца, мы можем соединить этот закон с принципом относительности и выразить теорию следующим образом.

Всякий общий закон природы должен быть таким, чтобы он сохранял свой вид при замене пространственно-временных переменных x, y, z, t первоначальной системы координат K новыми пространственно-временными переменными x', y', z', t' другой системы координат K' ; при этом математическая связь между штрихованными и нештрихованными величинами определяется преобразованием Лоренца. Сформулируем это кратко: общие законы природы ковариантны относительно преобразований Лоренца.

Таково определенное математическое условие, которое накладывает на законы природы теория относительности; вследствие этого теория относительности становится ценным эвристическим вспомогательным