
О ПРИНЦИПЕ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ И ЕГО СЛЕДСТВИЯХ¹

Ньютоновы уравнения движения сохраняют свою форму после перехода к новой системе координат, движущейся равномерно и прямолинейно относительно прежней системы и связанной с ней формулами

$$x' = x - vt,$$

$$y' = y,$$

$$z' = z.$$

До тех пор, пока считали, что всю физику можно построить на основе уравнений движения Ньютона, не сомневались и в том, что законы природы выглядят одинаково в любой из равномерно и прямолинейно движущихся относительно друг друга (неускоренных) систем координат. Однако такая независимость от состояния движения используемой системы координат, в дальнейшем называемая «принципом относительности», сразу была поставлена под вопрос блестящими подтверждениями электродинамики движущихся тел Г. А. Лоренца². Дело в том, что эта теория основана на предпосылке покоящегося неподвижного эфира; ее основные уравнения при применении написанных выше формул преобразования не сохраняют своей формы.

Со времени возникновения этой теории следовало ожидать, что удастся экспериментально обнаружить влияние движения Земли относительно эфира на оптические явления. Правда, Лоренц, как известно, показал в цитированной выше работе, что, согласно его основным предположениям, влияние этого относительного движения на распространение лучей в оптических опытах не должно обнаруживаться, если

¹ *Über das Relativitätsprinzip und die aus demselben gezogenen Folgerungen*. Jahrb. d. Radioaktivität u. Elektronik, 1907, 4, 411–462.

² H. A. Lorentz. Proc. Acad. Sci. Amsterdam, 1904, 6, 809. [Есть русский перевод: Г. А. Лоренц. Электромагнитные явления в системе, движущейся с любой скоростью, меньшей скорости света. Опубликовано в сб. «Принцип относительности», ГТТИ, 1934. — *Прим. ред.*]

ограничиваться при вычислении членами, содержащими первую степень отношения v/c относительной скорости к скорости света в пустоте. Однако отрицательный результат опытов Майкельсона и Морли¹ показал, что по крайней мере в этом случае отсутствует также эффект второго порядка (пропорциональный v^2/c^2), хотя, согласно основам теории Лоренца, он должен был бы проявиться на опыте.

Известно, что это противоречие между теорией и опытом формально было устранено гипотезой Г. А. Лоренца и Фицджеральда, согласно которой движущиеся тела испытывают определенное сокращение в направлении своего движения. Но эта гипотеза, введенная *ad hoc*, кажется всего лишь искусственным средством спасения теории; опыт Майкельсона и Морли обнаружил, что эти явления согласуются с принципом относительности даже тогда, когда этого нельзя было ожидать по теории Лоренца. Поэтому создавалось впечатление, что от теории Лоренца надо отказаться, заменив ее теорией, которая основывается на принципе относительности, ибо такая теория позволила бы сразу предвидеть отрицательный результат опыта Майкельсона и Морли.

Однако неожиданно оказалось, что необходимо лишь достаточно точно сформулировать понятие времени, чтобы обойти только что изложенную трудность. Следовало лишь понять, что введенную Г. А. Лоренцом вспомогательную величину, названную им «местным временем», на самом деле следует определить как «время». С таким определением времени основные уравнения теории Лоренца будут удовлетворять принципу относительности, если заменить написанные выше преобразования другими уравнениями, соответствующими новому понятию времени. Тогда гипотеза Лоренца и Фицджеральда окажется необходимым следствием теории. И только представление об эфире как носителе электрических и магнитных сил не находит места в излагаемой здесь теории; напротив, электромагнитные поля оказываются здесь не состояниями некоторой материи, а самостоятельными существующими объектами, имеющими одинаковую природу с весомой материей и обладающими вместе с ней свойством инерции.

Ниже делается лишь попытка свести в единое целое работы, которые возникли до настоящего времени путем объединения теории Лоренца и принципа относительности. В первых двух частях работы рассматриваются кинематические основы теории, а также применение их

¹ A. A. Michelson, E. W. Morley. Amer. J. Sci., 1887 (3), 34, 333.

к основным уравнениям теории Максвелла–Лоренца; при этом я следовал работам Лоренца¹ и своей². В первой части, где излагаются исключительно кинематические основы теории, рассмотрены также некоторые задачи оптики (принцип Допплера, абберация, увлечение света движущимися средами); на возможность такого способа рассмотрения мое внимание было обращено М. Лауэ в беседе с ним, а также работой последнего³ и работой (правда, требующей уточнения) И. Лауба⁴.

В третьей части развивается динамика материальной точки (электрона). Для вывода уравнений движения применен тот же метод, что и в названной выше работе автора. Сила определяется так же, как в работе Планка. Из этой работы взяты и преобразования уравнений движения материальной точки, которые так отчетливо выявляют аналогии уравнений движения с уравнениями классической механики.

Четвертая часть работы посвящена общим следствиям, к которым приводит теория относительности и которые касаются энергии и количества движения физических систем. Эти следствия были развиты в оригинальных работах автора⁵, а также М. Планка⁶. Однако здесь они получены новым способом, который, как мне кажется, позволяет особенно ясно проследить связь этих выводов с основами теории. Здесь рассматривается также зависимость энтропии и температуры от состояния движения; в вопросе об энтропии я полностью придерживаюсь только что цитированной работы Планка; температуру движущихся тел я определяю так же, как Мозенгайл в своей работе о движущейся полости, содержащей излучение⁷.

Важнейшим результатом четвертой части является следствие об инертной массе энергии. Этот результат наводит на мысль о том, не обладает ли энергия также *тяжелой* (гравитирующей) массой. Далее напрашивается вопрос, ограничен ли принцип относительности системами, движущимися *без ускорения*. Чтобы не оставить эти вопросы без разъяснения, я добавил к этой работе пятую часть, которая содержит новое релятивистское рассмотрение ускорения и гравитации.

¹ H. A. Lorentz. Versl. Kon. Akad. v. Wet. Amsterdam, 1904.

² A. Einstein. Ann. Phys., 1905, 17, 891.

³ M. v. Laue. Ann. Phys., 1907, 23, 989.

⁴ J. Laub. Ann. Phys., 1907, 32.

⁵ A. Einstein. Ann. Phys., 1905, 18, 639; 1907, 23, 371.

⁶ M. Planck. Sitzungber. preuß. Akad. Wiss., 1907, XXIX.

⁷ K. v. Mosengeil. Ann. Phys., 1907, 22, 867.