

С.И. Вавилов

**Экспериментальные
основания теории
относительности**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 53
ББК 22.3
С11

С11 **С.И. Вавилов**
Экспериментальные основания теории относительности / С.И. Вавилов – М.:
Книга по Требованию, 2021. – 172 с.

ISBN 978-5-458-57835-6

ISBN 978-5-458-57835-6

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2021

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В этой книге нет изложения самой теории относительности и совсем не затронут вопрос о пространстве и времени. Главная цель книги — выяснить, насколько прочны эмпирические основания теории, а следовательно, и она сама. В правильности математического строения теории, непрерывно анализируемого и разрабатываемого, нет оснований сомневаться. Философские споры об относительности, пространстве и времени не имеют отношения к вопросу о точности теории.

Опыты и наблюдения, излагаемые в книге, и сами по себе, независимо от теории относительности, представляют для физика исключительное значение. Дело идет о новых и очень тонких явлениях, интересных по результатам и методам, которыми они обнаружены. Только напряжение гения и искусства лучших экспериментаторов мира могло создать ту прочную экспериментальную основу, на которой теперь зиждется учение Эйнштейна. Прочитав эту книгу, читатель поймет, почему она украшена портретом А. Майкельсона.

Книга не претендует на полноту и несколько фрагментарна; разбор всех опытных данных, так или иначе связанных с теорией, потребовал бы размеров книги совсем иного порядка. Эпиграфы из Ньютона напоминают, что многие постулаты и следствия теории отно-

сительности не казались совсем неожиданными и неприемлемыми даже создателю классической физики.

Литературные ссылки, которые, возможно, и понадобятся кому-нибудь из читателей, отнесены в конец книги.

Я глубоко признателен И. Е. Тамму, по указаниям которого я внес несколько очень нужных исправлений в текст.

С. Вавилс

Июнь 1927 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>Стр</i>
Предисловие	5
Введение	9
I. Относительность первого порядка	16
II. Опыт Майкельсона, его повторения и аналоги	31
III. Вихревой оптический эффект Саньяка и опыт Май- кельсона с суточным вращением земли	74
IV. Эквивалентность массы и энергии	79
V. Инерция и тяготение	108
VI. Тяготение света	117
VII. Вращение планетных орбит	135
VIII. Смещение спектральных линий в поле тяготения	144
Литература	164

ВВЕДЕНИЕ

„Вывести два или три общих начала движения из явлений и после этого изложить, каким образом свойства и действия всех телесных вещей вытекают из этих явных начал, — было бы очень важным шагом в философии, хотя бы причины этих начал и не были открыты“.

И. Ньютон

Большое достоинство теории относительности — точность и ясность ее структуры. В основу положены обобщенные опытные факты, на первый взгляд противоречащие друг другу. Математическое устранение этого противоречия с необходимостью приводит к изменению физических понятий пространства и времени и к ряду следствий, доступных экспериментальному контролю. Если постулаты и следствия подтверждаются опытом, а промежуточные расчеты верны и не произвольны, уравнения теории для естествоиспытателя неоспоримы.

Главная тема теории относительности — кинематика реального мира. Математическая кинематика (сочетание учения о пространстве и времени) может быть многообразной так же, как многообразна геометрия. Но среди бесконечного множества логически возможных кинематик есть единственная реальная, или опытная, кинематика. Вопрос

о ней впервые поставил Эйнштейн; он же и дал ответ, составляющий основное содержание теории относительности.

До теории Эйнштейна существовало два воззрения, или гипотезы о природе „пустоты“, разделяющей атомы в газе и звезды в мироздании. Эта пустота, „вместилище“ мировых процессов, должна быть, как всякое вместилище, физической реальностью. В мире Демокрита — Эпикура материальные атомы носятся в евклидовом пустом пространстве, наделенном простейшими геометрическими свойствами. Это пространство — воображаемая, никаким способом не осязаемая система координат — абсолютное пространство Ньютона. В такой чисто механической картине мира классическая, простейшая кинематика вполне совпадает с реальной, и относительность поступательного движения здесь никогда не подвергалась сомнению. Можно утверждать абсолютность пространства и времени по философским соображениям, но физически нет способа отличить покой от движения в изолированной механической точке.

Если распространить такой механический принцип относительности поступательного движения на действительный мир, мы получим объяснение в некотором смысле половины того, что постулирует первая часть теории Эйнштейна, частная теория относительности. Автоматически становится понятным нулевой результат опытов Майкельсона, Троутона и Нобля и прочих (ср. гл. 1 и 2)*. Однако неизбежное следствие механического принципа относительности — зависимость скорости света от движения источника; скорости того

* Для этого достаточно рассматривать свет как поток материальных корпускул, скорость которых складывается со скоростью излучающего их источника.

и другого должны складываться, иначе опыт Майкельсона дал бы положительный результат и обнаружилось бы абсолютное движение. Между тем факт независимости скорости света от движения источника,— один из наиболее точно установленных результатов физических и астрономических наблюдений. Если бы движения светил складывались со скоростью света, законы вращения двойных удаленных звезд казались бы земному наблюдателю совершенно необычайными; в действительности там выполняются те же законы Кеплера, как и в солнечной системе^{1*}. Попытка Ля Розы реабилитировать на основании астрономических данных гипотезу о сложении скорости света со скоростью звезды, сделанная в последнее время, оказалась ошибочной².

Иначе говоря, механический принцип относительности поступательного движения к действительному миру не применим. У реальной пустоты свойства отличны от эвклидова пустого геометрического пространства.

В другом воззрении на природу в мире вовсе не существует геометрической пустоты. По Декарту, протяженность — синоним материи. „Пустота“ заполнена некоторой субстанцией с механическими свойствами, эфира. Уверенность в существовании эфира окрепла с тех пор, как обнаружились электрические, магнитные, гравитационные и молекулярные притяжения или отталкивания между телами и исчезли всякие сомнения в волновой природе света. Представить себе механический образ притяжений и отталкиваний без посредства промежуточной среды невозможно, а говорить о волнах в геометрической пустоте, это, по словам Эдсера, тоже, что рассказывать о росте народонаселения на необитае-

* Цифры относятся к указателю литературы в конце книги.

мом острове. Ученик Ньютона Клерк писал Лейбницу: „Притяжение одного тела другим без промежуточной среды было бы не только чудом, но и противоречием, ибо пришлось бы предполагать, что нечто действует там, где его нет“. Во второй половине прошлого века эфир стал для физика такую же достоверностью, как атом для нашего времени, с тем отличием, правда, что у атома хорошо известны его свойства, а относительно эфира несомненным было только его назначение: эфир должен быть ареной гравитационных, электромагнитных и оптических явлений.

Построить модель эфира, отвечающую всем этим требованиям, не удалось. По своему смыслу гипотеза эфира непосредственно объясняет фундаментальный факт независимости скорости света от движения источника. Объяснение — чисто гидродинамическое, такое же, как для распространения волн на воде и звука в воздухе. Но одновременно гипотеза эфира (по крайней мере в ее наиболее разработанных вариантах) противоречит принципу относительности в реальном мире, не согласуясь с рядом опытов в движущихся системах (ср. гл. 2 и 3), дающих нулевой результат.

Итак, механическая картина атомов в геометрической пустоте требует, в согласии с опытом относительности, поступательных движений, но противоречит факту независимости скорости света от движения источника. Наоборот, гипотеза эфира противоречит первому, но согласуется со вторым.

Узел разрубил Эйнштейн, не делая никаких новых гипотез о свойствах пустоты, но следуя безупречному методу принципов Ньютона. Опыт утверждает относительность поступательного движения для любых явлений природы, это — первая экспериментальная аксиома,

принцип относительности. Опыт обнаруживает независимость скорости света от движения источника, это — вторая аксиома, принцип постоянства скорости света*. Если принципы верны, они не могут быть противоречивыми. Противоречие можно устранить добавлением какой-нибудь гипотезы. Например опыт Майкельсона и независимость скорости света от движения источника примиряются представлением о вполне увлекаемом эфире или утверждением неподвижности земли в пространстве! Но эти гипотезы противоречат огромному числу других фактов. Эйнштейн указал математические условия примиримости обоих принципов, не связанные ни с каким произвольным предположением. Эти условия требуют изменения физических понятий пространства и времени. Дело идет именно о физических величинах, т. е. доступных измерению. Отсюда вытекает ряд следствий, из коих многие сами по себе в точной или приближенной форме давно были известны и объяснялись специальными представлениями (опыт Физо с „увлечением света“ движущейся средой, эффект Допплера и пр.). В теории Эйнштейна эти следствия являются просто теоремами, вытекающими из названных аксиом.

Формальное учение Эйнштейна неоспоримо, если точны его аксиомы и следствия. Демокритово пустое эвклидово пространство и непостижимый эфир заменились сложным, но физически доступным пространством — временем Эйнштейна.

* Этот принцип правильнее было бы назвать началом независимости скорости от движения источника. В поле тяготения, по общей теории относительности, величина скорости света изменяется, но независимость от движения источника остается³.

Частная теория относительности осталось бы математической игрой и случайностью, если бы ее не удалось распространить на случай каких угодно ускоренных движений реального мира. По Ньютону, ускоренное движение абсолютно, ибо оно сопровождается проявлением инерционных сил, которые мы обнаруживаем независимо от наличия или отсутствия другого тела. Мах впервые указал на ошибочность заключения Ньютона. Все движения происходят в реальном мире, где в пространстве разбросаны звезды и туманности. Мы никогда не можем утверждать с полной достоверностью, что инерционные силы (например, центробежная сила при вращении) обусловлены абсолютным движением тела, а не присутствием космических масс с особыми силами тяготения. В этом смысле ускоренное движение столь же относительно, как и неускоренное. Относительность такого рода осуществима, однако, лишь при условии полной эквивалентности инертной и тяготеющей массы. Если бы оказалось, что, хотя бы в одном случае, отношение инертной массы к тяготеющей менялось в зависимости от химического состава и физического состояния тела, мы отличили бы действие тяготения от проявления инерционной силы, и общий принцип относительности был бы опровергнут.

Таким образом в основу общей теории, помимо принципов относительности и независимости скорости света от движения источника, положен еще принцип эквивалентности поля тяготения и ускоренного движения относительно инерционной системы координат. Пределы экспериментальной достоверности последнего принципа излагаются в 5-й главе. Заметим, что сочетание первого и второго из названных принципов в общей теории уже