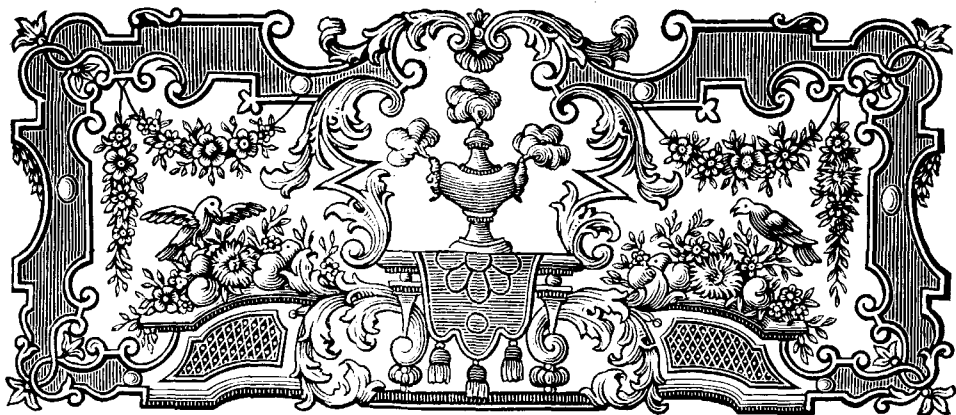




НАЧАЛА МЕХАНИКИ НЬЮТОНА И ПРИНЦИП ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ.

В. К. Фредерикс, Ленинград.

Всем известно, что старая и постоянная мечта физиков состоит в том, чтобы сделать из физики науку, изложение которой было бы подобно изложению геометрии: сначала ряд основных, точно и ясно сформулированных определений, затем ряд аксиом, независимость которых друг от друга должна быть строго доказана, и затем, наконец, ряд теорем, приводящих к положениям, согласным с опытом и предвидящим новые, еще неизвестные явления. Может ли такая мечта сбыться, возможна ли „аксиоматика“ физики? — Вот вопрос, на который, думается нам, в настоящее время представители разных течений в физике дадут весьма разные ответы.

Правда, отдельные главы физики всегда стараются изложить в форме, которая как можно ближе подходит к геометрической форме изложения. Так например, в классической термодинамике исходными положениями служат закон энергии и закон энтропии: из них вытекают все остальные выводы и заключения. Но при этом термодинамика пользуется не только теми физическими понятиями, которые, как температура или количество тепла, в ней же определяются и поясняются, но заимствует из всех отделов физики и другие физические понятия и соотношения. Уже одно это обстоятельство может сделать сомнительной аксиоматическую строгость ее изложения. Но главные трудности, как нам кажется, заключаются в следующем: во-первых, требуется, чтобы основные определения физических понятий не заключали в себе внутренних и взаимных противоречий; во-вторых, необходимо строгое доказательство независимости принятых аксиом; в-третьих, нужно, чтобы автор незаметно для себя и для читателя не пользовался новыми скрытыми определениями и аксиомами.

Совершенно очевидно, что в физике удовлетворить этим условиям особенно трудно. Основные определения, вводимые в науку, не могут не зависеть от общего уровня знаний, а этот уровень в различные эпохи весьма различен. Точный смысл употребляемых в физике терминов находится в зависимости от многих случайных обстоятельств, говорить которые полностью бывает иногда вовсе не легко. Достаточно вспомнить, например, многочисленные споры, посвященные в более старое время вопросу об определении массы или количества материи, а в более новое время — разным парадоксам, касающимся времени и пространства в специальном принципе относительности. Сколько остроумия и изощренности ума потребовалось для решения этих вопросов и сколько при всем том тщетных стараний сделать свои рассуждения вполне строгими! Понятие о массе и об энергии до появления специального принципа относительности — два самостоятельных понятия, после — связанные между собой. О всех тех трудностях, которые прибавляют к этому вопросу кванты, не стоит и говорить. Мы отметим только, что в современной физике новые и неожиданные надежды — не больше! — на успех в этом направлении принес с собой общий принцип относительности Эйнштейна. Исторически же первой попыткой был знаменитый труд Ньютона „*Principia Mathematica Philosophiae Naturalis*“¹⁾. Он изложен в том же стиле и духе, в котором Евклид излагает свою геометрию.

Нам хотелось бы в настоящей статье сделать несколько сравнений между этой первой и, скажем, последней попыткой Эйнштейна установить начала физики, т.-е. обосновать механику.

Общий принцип относительности принято противопоставлять классической механике Ньютона. Кто прав, Ньютон или Эйнштейн? Вот вопрос, который часто приходится слышать. Нам кажется, что дать на него ответ в столь же категорической форме было бы не совсем правильно. Несомненно, что аксиоматичность изложения Ньютона по указанным выше соображениям не может быть признана строгой. Теория относительности, хотя и дала надежду на возможность аксиоматики в физике, но все же — пока что — такого изложения для нее не существует. Если бы аксиоматика обеих теорий имелась налицо, то сравнивать их между собой было бы просто. Сравним для примера геометрию Лобачевского с геометрией Евклида. Мы имеем для той и другой один и тот же ряд определений и аксиом, кроме одной, утверждающей у Евклида невозможность пересечения двух параллельных прямых и утверждающей как раз обратное у Лобачевского. В результате — две разные геометрии. Если бы их можно

¹⁾ На русском языке: „Математические начала натуральной философии“. 2 тома. Перевод А. Н. Крылова. Изд. Морской Академии. Петербург. 1915 г. Все последующие ссылки на страницы и цитаты относятся к этому изданию.

было проверить на опыте, то можно было бы также высказать категорическое суждение о верности одной и неверности другой. Но в теории Ньютона и Эйнштейна нет аксиоматики и поэтому невозможно столь же упрощенное суждение об их правильности. Приходится сопоставлять друг с другом положения, содержание которых охватывает иногда не совсем одну и ту же группу понятий и вещей; нельзя быть уверенным, что противоречивые утверждения непременно и полностью должны исключать друг друга.

Можно заметить еще следующее: читая введение и поучение Ньютона в I томе „Начал Натуральной Философии“, трудно не думать, что мысль его идет совершенно тем же путем, как у Эйнштейна. Уровень математических и физических знаний теперь не тот, что во времена Ньютона. Если логический ход мысли, идущий тем же путем, по которому шел Ньютон, приводит поэтому теперь к иному результату, то что надо считать истинным содержанием его теории: указанный им путь или результат, к которому он пришел? Формальное преимущество за последним. Первое включает в себе опасность произвольного толкования намерений Ньютона, соединенного с невозможностью отрешиться от субъективно-современных взглядов на вещи. Тем не менее нам кажется, что по существу оно справедливее.

Формального сопоставления формул Ньютона и Эйнштейна мы делать не будем. О выводах принципа относительности и о различии между ними и классической механикой так много говорилось и писалось, что новое повторение того же самого не может представлять интереса. Мы ограничимся сравнением основных понятий: 1) пространства и времени и 2) массы и силы. Сравнение будет далеко не полным и не исчерпывающим всех сторон вопроса, так как такое сравнение мог бы дать только специальный труд историка-физика.

1. Пространство и время.

Ньютоновское определение абсолютного пространства и абсолютного времени общеизвестно, и мы не считаем нужным повторять его здесь. Абсолютное, непрерывно текущее время имеет одно измерение, непрерывное пространство — три. Геометрия Евклида описывает его свойства. Пространство и время независимы друг от друга. Во введении к первому изданию своей книги и, главным образом, в поучении к главе об аксиомах или законах движения Ньютон поясняет свои определения. Эти пояснения нам кажутся весьма интересными, и мы приведем некоторые из них. По Ньютону, следует отличать место, занимаемое телом, от самого тела. „Место есть часть пространства, занимаемая телом“ (стр. 30). Вопрос о том, как практически отделить „место“ от тела очень труден. Мы читаем (стр. 32): „Однако совершенно невоз-

можно ни видеть, ни как-нибудь иначе различить при помощи наших чувств отдельные части этого пространства одну от другой, и вместо них приходится обращаться к измерениям, доступным чувствам“... Может оказаться, что в действительности не существует покоящегося тела, к которому можно относить места и движения прочих. „Из рассмотрения вопроса вытекает необходимость различать движения относительные и абсолютные. Один из выводов (стр. 33): „Абсолютное движение совершенно не зависит от тех соотношений, которыми определяется движение относительное“. Далее (стр. 33): „Проявления, которыми различаются абсолютное и относительное движение, состоит в силах стремления удалиться от оси вращательного движения, ибо в чисто относительном вращательном движении эти силы равны нулю, в истинном же или в абсолютном они больше или меньше, сообразно количеству движения“¹⁾. Таким образом динамика — специально центробежная сила — должна дать возможность найти абсолютное пространство. Ньютон еще раз возвращается к трудности этого вопроса (стр. 35): „Распознавание истинных движений отдельных тел и точное их разграничение от кажущихся весьма трудно, ибо части того неподвижного пространства, о котором говорилось и в котором совершаются истинные движения тел, не ощущаются нашими чувствами. Однако это дело не вполне безнадежное. Основания для суждений можно заимствовать частью из кажущихся движений, представляющих разности истинных, частью из сил, представляющих причины и проявления истинных движений“. Мы должны знать абсолютные и истинные движения тел: „Нахождение же истинных движений тел по причинам их производящим, по их проявлениям или по разностям кажущихся движений и, наоборот, нахождение по истинным или кажущимся движениям их причин и проявлений излагается подробно в последующем, именно с этой целью и составлено предлагаемое сочинение“. Итак эти пояснения приводят приблизительно к следующему: как ни трудно представить себе абсолютное, недоступное чувствам пространство, проявления некоторых сил природы заставляют все же его признать; заметим, что проявления сил природы по отношению именно к нзм имеют некоторый совсем особый смысл, к которому мы ниже вернемся. Что же касается до геометрии абсолютного пространства, то Ньютон еще во введении говорит (стр. 2): „Итак, геометрия основывается на механической практике и есть не что иное, как часть «общей механики», в которой излагается и доказывается искусство точного измерения“. Эта основанная на механической практике, т.-е. на опыте, геометрия у Ньютона на естественным образом отождествляется с геометрией Евклида. В настоящее время вопрос о природе геометрических аксиом и поло-

¹⁾ Разрядка оригинала.

жений в геометрии, рассматриваемой как отвлеченная математическая дисциплина, и о роли, которую играет опыт в деле их установления, разработан с исчерпывающей полнотой.

Применяет ли Ньютон геометрию Евклида как единственно возможную или же он считает единственно для него возможную геометрию результатом наблюдений и опыта? Нам кажется, что приведенная цитата не оставляет в том сомнений. Если Ньютон мало на этом вопросе останавливается, то потому, что „точная механика“ его времени дает только геометрию Евклида и ничего больше дать и не может, так как других геометрий еще не существует. Современный физик совсем в другом положении. Он должен, он обязан дать подробное разъяснение, что он подразумевает под геометрией, основанной на „механической практике“, и как раз это разъяснение и составляет весьма существенную часть принципа относительности. Но каковы бы ни были результаты сделанного разъяснения, основное требование, предъявленное к геометрии Ньютона и к теории относительности, одно и то же. По теории относительности геометрия с помощью опыта вводится в физику примерно таким образом. Прежде всего указывается, каким образом нумеруются вещи и предметы физического мира. Определенному физическому явлению, например, камню, лежащему на дороге, пересечению двух паутиновых нитей в астрономической трубе и т. п. сопоставляется геометрическое понятие точки, и этой, теперь уже физической, точке приписывается три числа; в примере с камнем эти три числа могут быть широтой и долготой места и расстоянием от центра земли. Этот процесс нумерации представляет собой введение некоторой координатной системы. Далее, некоторому другому физическому явлению, например, световому лучу, идущему от одной физической точки к другой, или, если это кому-нибудь больше нравится, туго натянутому шнуру между теми же точками сопоставляется понятие геометрической прямой. Световой луч или шнур, или еще что-нибудь другое становится физической прямой. Точно так же другим физическим явлениям сопоставляется дальнейший ряд основных геометрических понятий: площади, угла, длины и т. п., и таким образом возникают физические площади, углы, длины и т. д. Совершенно очевидно, что физическая геометрия, таким образом возникающая, будет зависеть от того, каким образом сделаны основные сопоставления, и от законов, которыми управляются физические явления, т.-е. от опыта. Очевидно также, что это не противоречит основной мысли Ньютона.

Предположим, что какая-нибудь геометрия выбрана на основании опыта. Следующим вопросом будет тогда вопрос об абсолютном пространстве. Физическое пространство составлено из физических точек. По Ньютону, оно будет относительным пространством. Нужно ли абсолютное? Нужно ли отделять тело от занимаемого им

места? Необходимость этого вытекает по Ньютону из исследования относительного движения, из существования центробежной силы. Динамика отвечает на заданный вопрос. Если ответ, как это имеет место у Ньютона, утвердительный, то существование абсолютного пространства можно выставить наперед как аксиому. Но если ответ отрицательный, если абсолютное пространство, „будучи невидимым и недоступным нашим чувствам само по себе“, кроме того окажется недоступным и нашим приборам, то оно потеряет смысл своего существования.

Следует добавить, что то, что современный физик делает для пространства, он должен делать также и для времени и, рассуждая последовательно, должен дать физическое определение времени. Это обстоятельство само по себе также не противоречит Ньютону, который вполне отдает себе отчет в том, что практически он пользуется звездным временем: „возможно, что не существует такого равномерного движения, которым время могло бы измеряться с абсолютной точностью“ (стр. 31). Разница между принципом относительности и Ньютоном здесь в том, что в первом — определение времени соответствует не одному физическому явлению, а разделяется на установление физического времени в одном месте и на установление одновременности в различных местах (т.-е. требуется выбор некоторого определенного физического процесса, с помощью которого надлежит сравнивать часы в разных местах). Это расчленение в процессе введения времени в физику имеет особое значение. Как раз оно показывает, что время и пространство не вполне отделимы друг от друга. В самом деле, расстояние, измеряемое между двумя точками с помощью линейки, только тогда имеет смысл, если точки и линейка не движутся, или если измерение производится в обоих концах одновременно. Вопрос о том, какова форма связи между временем и пространством, опять должен решиться опытом и наблюдением. Непосредственно геометрические опыты, как бы высоко ни стояло „искусство точного измерения“, и опыты с часами дают, в пределах ошибок наблюдений, им свойственных, результаты довольно грубые. Для того чтобы получить результаты более точные, принцип относительности так же, как и Ньютон, для доказательства существования абсолютного пространства вынужден обратиться к динамике.

2. О массах и силах.

После введения понятий времени и пространства и установления физической геометрии, следующий шаг механики состоит в введении понятий массы и силы. Определить физическую величину значит прежде всего указать способ ее измерения. Так поступает Ньютон, и принцип относительности ничего, конечно, в этом отношении не

меняет. Далее между введенными понятиями устанавливаются некоторые определенные соотношения. Делается это или непосредственно с помощью опыта, или же с помощью каких-либо соображений с намерением в дальнейшем — через те выводы, которые из них следуют — подвергнуть экспериментальной проверке. Но масса, определяемая взвешиванием, сила, измеряемая динамометром, и вообще всякие опыты происходят всегда в обстановке, на которую физик весьма часто не может не смотреть как на случайную. Так, например, приступая в первый раз к взвешиванию, физик может впасть в сомнение, получит ли он на разных широтах и долготах один и тот же результат или разный; сравнение динамометром двух сил даст ли на луне то же численное отношение, как на земле, или нет и т. п. Физик, желающий предвидеть и предсказывать события, никак не может удовлетвориться соотношениями, в которых он не освободился от замеченных им случайностей опыта. Если дело идет о влиянии широты и долготы на определение массы взвешиванием, то все, конечно, очень просто: можно перебраться из одного места на земной поверхности в другое и проверить это обстоятельство. Но если для устранения сомнений нужно переехать на луну, то дело обстоит гораздо хуже. Отсюда вытекает необходимость приписывать некоторым физическим величинам или явлениям свойства, которые непосредственно из опыта не следуют и которые можно проверить только косвенным путем. Нам кажется, что Ньютон, отождествляя массу с „количеством“ материи, этим самым как раз и возводит физическую величину, массу, в ранг чего-то, что имеет, так сказать, абсолютное, независимое от привходящих обстоятельств измерения значение. В современной терминологии мы сказали бы то же самое, утверждая, что масса является скаларом или инвариантом. Заметим, что в этом более строгом современном определении свойства этой величины содержится целый ряд добавочных идей и указаний, которых не только нет, но еще и не может быть у Ньютона.

То же можно сказать и о силах. По Ньютону, нужно различать „настоящую“ или абсолютную силу от той, которая происходит вследствие того, что вещи в наших относительных измерениях кажутся нам не такими, какими они есть. Основное соотношение между „настоящей“ силой, „количеством“ материи и движением в абсолютном пространстве можно в привычной нам терминологии написать таким образом:

$$mg = \vec{f},$$

где m масса, $\vec{g}$ вектор-ускорение и $\vec{f}$ вектор-сила. Если мы находимся в относительном пространстве, то только в редких случаях написанное уравнение сохраняет свой вид; вообще говоря, правая его часть будет

другая. Если из найденной для относительного движения правой части вычесть „настоящую“ силу $\overrightarrow{f}$, то оставшаяся разность будет кажущейся силой. Простейший пример такой „кажущейся“ силы мы имеем в центробежной силе. Если истинной силы нет, то свободное тело находится в состоянии прямолинейного и равномерного движения. Отсюда следует закон инерции и существование так называемых „инерциальных систем“, по отношению к которым основной закон Ньютона сохраняет свою форму, — так называемый принцип относительности Ньютона-Галилея.

Если Ньютону, чтобы выразить закон природы, имеющий общее значение, необходимо абсолютное пространство, истинная сила и абсолютная масса в виде „количества“ материи, то современный физик может пойти к той же цели совсем иным путем. Математика дает ему теперь для этого другие средства. Пусть опыт и наблюдения привязывают его к определенному месту и времени. Если он хочет освободиться от случайностей их выбора, т.-е. от рода движения, в котором он участвует, то он может обратиться к теории групп и точечных преобразований и с их помощью пытаться выразить результаты своих измерений. Как раз это и делает теория относительности. Геометрия, к которой на основании опыта он должен притти, непременно должна зависеть от распределения и величины масс и их движения. Время, не вполне отделимое от пространственных измерений, тоже должно от них зависеть. В движении массы сочетаются элементы пространственные с элементами времени. Условно можно говорить о времени как о четвертой координате и ввести понятие о четырехмерном мире в отличие от трехмерного пространства. Можно сказать условно: физическая геометрия мира зависит от распределения в нем масс. Теории инвариантов и точечных преобразований учат, что целый ряд свойств подобной геометрии не зависит от выбора специальной координатной системы, взятой для ее описания. Координатная система в четырехмерном мире означает обыкновенную трехмерную координатную систему, движущуюся в обыкновенном трехмерном пространстве. Выражение „абсолютного“ в законах физики можно искать не по отношению к гипотетическому абсолютному пространству, а в инвариантных свойствах геометрии четырехмерного мира. „Количество“ материи — это „покоющаяся масса“, скаляр, или инвариант, не зависящий от выбора координатной системы в этом мире. Вместо „истинной“ силы по отношению к абсолютному пространству, мы имеем здесь ко- или контравариантное определение с помощью тензора, соответствующего ранга, т.-е. опять-таки освобождение от случайностей выбора координатной системы. Если основное положение физики в виде соотношения между массой, ускорением и силой должно быть сохранено, то это соотношение должно быть написано для инвариантной

массы, для силы-тензора, для ко- или контравариантного эквивалента вектора ускорения. Предположим, что такое соотношение написано, можно ли затем говорить о силах истинных и силах кажущихся? Возьмем для примера силу тяготения и силу центробежную. По Ньютону, движение масс под действием силы тяготения зависит от величины этой силы, т.-е. от тех же масс. В принципе относительности геометрия и время в своей совокупности также зависят от масс и их распределения. Но физическая геометрия и время определяются с помощью наблюдений над массами и их движениями. Значит, изучая физическую геометрию и время, мы изучаем тем самым зависимость между движениями масс и их распределением, т.-е. делаем как раз то самое, что Ньютон делает с помощью силы тяготения. Само собою разумеется, что полученный в процессе этого изучения и в зависимости от избранной системы координат результат мы должны будем получить в такой форме, чтобы он в пределах точности, с которой выводы Ньютона подтверждаются опытом, совпадал с его результатами для той же координатной системы. Но так как уравнения Эйнштейна написаны в инвариантной, т.-е. независимой от выбора системы, форме, и именно поэтому являются общим законом природы, то нет оснований дать предпочтение какой-нибудь одной из них и сказать, что то выражение, которое Ньютон называет силой, в одном случае — истинная сила, в другом — кажущаяся. Поэтому разница в квалификации центробежной силы и силы тяготения отпадает. Она могла бы сохраниться только в том случае, если ньютоновская масса, вызывающая тяготение, и масса, влияющая на характер физического пространства и времени, не одни и те же. Можно показать, что масса, влияющая на характер геометрии, и масса, входящая в выражение для центробежной силы, т.-е. масса, создающая инерцию и входящая как коэффициент при ускорении в выражение (1), совпадают друг с другом. Сам Ньютон на основании опыта утверждает их тождество. Все последующие с чрезвычайно большой точностью сделанные опыты подтвердили его наблюдение. Постулативное утверждение тождества обеих масс составляет принцип эквивалентности Эйнштейна, положенный им в основу своей теории.

Если содержание закона природы не зависит от случайностей места и времени, т.-е. от выбора координатной системы, и в этом смысле имеет абсолютное значение, то описать его содержание и проверить на опыте можно только с помощью специальной, частной координатной системы координат. К такой специальной системе, не к абсолютному пространству, относятся и по Ньютону результаты наблюдений. Формулы, практически применяемые обеими теориями, если и могут отличаться друг от друга, то только на такие величины, которые меньше тех, в пределах которых до сих пор была верна старая теория. Более точные наблюдения, в отдельных случаях уже сделан-

ные, например, для движения перигелия Меркурия, могут указать на разницу между обеими теориями. Другими словами: на более строгую правильность одной по сравнению с другой. Едва ли есть надобность повторять, что все предвидения теории относительности оказались на опыте правильными.

Заметим еще следующее: абсолютное пространство, без которого Ньютон не может выразить общие законы природы, если оно вообще имеет какой-нибудь реальный физический смысл, должно заключаться в числе тех пространств, которые можно ввести в инвариантное выражение общих законов общего принципа относительности. Если бы выводы принципа относительности по отношению к явлениям тяготения, т.-е. главным образом небесной механики, оказались неверными, то это никак нельзя было бы отнести к факту существования или несуществования абсолютного пространства и времени и Евклидовой геометрии и прочего, а следовало бы отнести к тому, что геометрия, „основанная на механической практике“, обоснована неправильно, т.-е. не согласна с опытом. В этом смысле могут быть опровергнуты опытом, например, опытом Дейтон-Миллера¹⁾ — не принципиальные положения принципа относительности, а только форма связи между геометрическими величинами, с помощью которых интерпретируются некоторые определенные физические явления, и массами и, быть может, еще другими, в настоящее время не учитываемыми физическими величинами. Именно поэтому нельзя также противопоставлять механике Ньютона принцип относительности; последний является лишь естественным и логическим развитием заложенных в первой идее, оказавшимся в наши дни возможным благодаря более обширным математическим знаниям. Вовсе не следует считать также принцип относительности законченным в своем развитии. Как раз наоборот — это только первый этап на еще весьма длинном пути. Согласовать физическую геометрию с „механической практикой“ совсем не так просто, как только приходится выйти за пределы совсем грубых измерений. В последние годы в связи с работами Борна, Гейзенберга и Иордана, с одной стороны, и Шрёдингера²⁾ — с другой, оказалось нужным еще раз пересмотреть понятия пространства и времени. В этом направлении пока что сделано еще очень немного; в сущности лишь указано, что сопоставление геометрических понятий с физическими

¹⁾ Кстати укажем, что в ноябрьской книжке «Известий Вашингтонской Академии Наук» (т. 12, № 11) 1926 г. опубликована работа Кеннеди, проверявшего работы Дейтон-Миллера, не подтверждающая его результаты: Кеннеди не смог обнаружить никакого эфирного ветра.

²⁾ Я имею в виду новую квантовую механику: теорию матриц первых трех авторов и „волновую“ механику последнего. Читателю, незнающему с этими вопросами, рекомендуем: „Основания новой квантовой механики“. Сборник статей под редакцией акад. А. Иoffe. Гос. Изд. 1927.

явлениями делается в принципе относительности лишь для явлений макроскопических, т.-е. таких, которые включают в себе по необходимости большое количество атомов, молекул. Поэтому физические понятия длины, времени и, быть может, массы и заряда, являются своего рода средними понятиями. Применять их к явлениям микроскопическим, т.-е. интрамолекулярным, было бы логической ошибкой. В этом смысле, кажется нам, нужно понимать мысль Борна о том, что при внутриатомных процессах принцип причинности может, строго говоря, и не выполняться, и что строить модели атомов не имеет по этому большого смысла. Но нам кажется, что нет надобности в столь радикальном изменении наших взглядов на вещи. Дело, начатое Ньютоном и продолженное Эйнштейном, можно закончить и довести до его логического завершения. Введение электромагнитного поля в четырехмерную геометрию по способу Вейля-Ми, Эддингтона, самого Эйнштейна и других представляет собой первые, еще весьма несовершенные попытки в этом направлении. Можно питать надежду, что, идя по этому пути, удастся решить ту самую задачу, которая так удачно разрешается подходом — можно сказать — с диаметрально противоположного конца в новой квантовой механике.

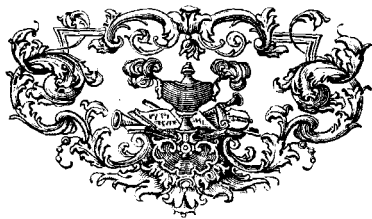
Вернемся еще раз к абсолютному пространству Ньютона. Это пространство, или „место“, отделенное от занимающего его тела, а также и сила тяготения в своей классической форме.

$$f = k \frac{mm'}{r^2}$$

оказываются по теории относительности ненужными. Они не нужны по существу, в обиходе же физика, в его терминологии, при соответствующих оговорках, они естественно останутся и смогут быть даже весьма полезными. Ненужное по существу принцип относительности отбрасывает. С понятием абсолютного пространства связывают часто понятие об эфире. Если эфир нужен только как остов для абсолютного пространства, то для Эйнштейна он также не нужен, как и абсолютное пространство. Если же эфир должен служить остовом для электромагнитного и гравитационного полей, то вопрос несколько меняется. Поле тяготения существует и у Ньютона. Разница в скорости распространения и в том, что энергия поля у Эйнштейна эквивалентна массе, а у Ньютона нет. Если придумать такую жидкость — эфир, которая была бы нужна для физики только, и только в такой же мере, как и указанные поля, то это нисколько не изменило бы фактический уровень наших знаний. Рожер Котс, издатель „Принципов“ Ньютона, в предисловии ко второму изданию, возражая современным ему сторонникам эфира, говорит (стр. 18): „Такого рода жидкость никоим образом не может быть различена от пустоты, и весь спор будет идти о словах, а не о сути дела“, кроме

того (стр. 17): „не следует ли поэтому такую гипотезу, которая совершенно лишена обоснованности, которая даже в малейшей степени не может служить к объяснению явлений природы, признать нелепейшей и совершенно недостойной философа“. Конечно, Котс не отличает пустоты от гравитационного поля; у Эйнштейна полная пустота вообще никакого физического смысла не имеет. Если между электромагнитным и гравитационным полями и словом эфир поставить знак тождества, то это слово можно в принципе относительности сохранить. Но эфир, как совсем особого свойства жидкость с ее движениями, ненужна Эйнштейну в такой же степени, как и Ньютону. Первый, как и последний, мог бы сказать „*hypotheses non fingo*“, сделав при этом неизбежную для современного физика оговорку: „по мере возможности“.

Мы видели, что обе теории стремятся идти по одному и тому же пути. Уйти дальше не значит пойти по другой дороге. Современному летчику легче побить рекорд на расстояние, чем путешественнику XVII века, и если вспомнить состояние науки того времени, то трудно не повторить восторженного восклицания английского поэта: «Nature and Nature's laws hid in Night, God said: „Let Newton be“, and all was Light»¹⁾.



¹⁾ «Природа и ее законы были покрыты мраком ночи; и сказал бог: „Да будет Ньютон“, и все озарилось светом».