

## К вопросу о физических основаниях принципа относительности

*А. Желеховский*

### I.

Специальный принцип относительности вырос из двух основных положений, установленных путем достаточно точного эксперимента. Эти положения, как известно, представляют собою утверждения: а) что никаким опытом невозможно установить состояния прямолинейного и равномерного движения системы по отношению к пространству и б) для всякой системы, независимо от состояния ее прямолинейного и равномерного движения, скорость света в пустоте является одной и той же. Результаты измерений, произведенных Миллером, на первый взгляд, подрывают основания специальной теории относительности. Однако, для того, чтобы получить полную достоверность, эти измерения должны быть повторены; кроме того, эти результаты, даже в случае их подтверждения, не могут служить доказательством того, что мы обнаружили движение относительно абсолютно неподвижного пространства. Гораздо более вероятно, что скорость распространения электромагнитных возмущений будет зависеть от характера, величины и относительного перемещения полей, параллельно которым происходит распространение луча.<sup>1)</sup>

Поэтому, поскольку мы до настоящего времени не можем вообразить себе такую экспериментальную обстановку, которая, отличаясь принципиально от прежних, давала бы надежду на возможность обнаружить абсолютное движение мы должны принять первое основное положение принципа относительности Эйнштейна за факт, с которым должно считаться всякое мировоззрение.

Но из невозможности обнаружить абсолютное движение еще не вытекает принцип относительности Эйнштейна. Только сопоставление этого положения с утверждением, что скорость света в пустоте является величиной постоянной для всякого наблюдателя, независимо от скорости его прямолинейного и равномерного движения, приводит к этому принципу.

Основанием для этого второго утверждения послужил также опыт Майкельсона, показавший, что скорость распространения света вдоль направления

<sup>1)</sup> Статья эта написана почти за два года до опубликования работы Миллера. При чтении корректуры введен лишь этот абзац и несколько примечаний в дальнейшем. Мне кажется, что излагаемое толкование принципа относительности вполне примиряет его с результатами Миллера.



движения земли и поперек этого направления одна и та же. Однако, опыт этот установил только, что скорость света не зависит от состояния движения источника света и наблюдателя, если они находятся относительно друг друга в покое. Допущение, что свет увлекается движущимся источником или наблюдателем, вполне удовлетворительно объясняет результат опыта Майкельсона.<sup>1)</sup>

W. Ritz<sup>2)</sup> предположил, что скорость света зависит от скорости движения источника. Однако, его теория очень скоро наткнулась на противоречие с экспериментальными данными; в частности, из нее вытекала возможность видеть звезду (принадлежащую к системе двойных звезд) одновременно в двух положениях. Наблюдения показали, что это не так, и гипотеза Ritz'a была оставлена. Точно так же неудовлетворительной оказалась и гипотеза Н. Hertz'a<sup>3)</sup>, допустившего, что световой луч вместе с эфиром увлекается системой, к которой принадлежит наблюдатель. В противоречии с Герцовскими уравнениями для движущихся тел оказались наблюдения Эйхенвальда, Wilson'a, Физо, а также явления абберации. Таким образом, на почве старых воззрений на пространство и время нельзя найти удовлетворительного объяснения совокупности наблюдаемых явлений с одной, общей, точки зрения. Выходом явилась идея Эйнштейна об относительности времени, представляющая собой строго логический результат допущения, что два наблюдателя, движущиеся относительно друг друга, обнаруживают каждый по отношению к себе одну и ту же скорость распространения у одного и того же луча света.

Ценность гипотезы Эйнштейна лежит не только в том, что ему удалось привести в согласие противоречивые опытные данные, но и в том, что на почве этой гипотезы мы приобрели новые сведения о свойствах луча и нашли объяснение некоторым особенностям внутриатомных движений. Несмотря на плодотворность новой гипотезы, она среди ряда физиков вызывает возражения, протекающие из двух источников. С одной стороны, указывается на то, что принцип относительности лишает мир его физической сущности, с другой — что экспериментальные основания его недостаточно широки. Однако, эти возражения не могут поколебать теории, пустившей в самых разнообразных областях столь глубокие корни.

Иначе обстоит дело с картиной мира, которая может быть построена на основании формальных положений теории относительности. Принцип относительности вырос в момент господства идеи о материальном мировом эфире, и всякое иное толкование, чем дал Эйнштейн, должно было сводиться или к признанию бесконечного числа эфиров, увлекающихся друг относительно друга с различными

<sup>1)</sup> Если бы справедливость измерений Миллера подтвердилась, то их толкование, с точки зрения мирового эфира, дало бы доказательство того, что световой луч отчасти увлекается движущимся телом и тем меньше, чем дальше он от движущегося предмета. Однако, в противоречии с этим толкованием стоят все те факты, которые стоят в противоречии с гипотезой Герца.

<sup>2)</sup> W. Ritz. Ann. d. chim. et d. phys. 13, 145. 1908.

<sup>3)</sup> Н. Hertz. Über die Grundgleichungen der Electrodynamie für bewegte Körper Wied. Ann. 41. 364. 1890.



скоростями, или к установлению совершенно непонятной связи между размерами тел и скоростью их движения. В настоящее время, когда трудами творцов принципа относительности идея о материальном эфире разрушена, допустимо попытаться построить картину мира без введения какой-либо материальной мировой среды, основываясь на чисто энергетических представлениях.

Совокупность наших сведений о внешнем мире является, строго говоря, совокупностью сведений о разнообразнейших полях, которые мы наблюдаем. Воздействие полей сил, их изменения и свойства покрывают всецело человеческий опыт. Можно сказать, что если мы знаем что-либо о мире, то это свойства и взаимодействия силовых полей. Пространства, лишённого силового поля, мы не наблюдаем, и наблюдение это совершенно невозможно. Если бы мы некоторую часть мира окружили совершенно нетеплопроводной и нетеплопрозрачной оболочкой, температура которой равна абсолютному нулю, то и в этом случае внутри этой оболочки все-таки оказалось бы поле тяготения. Произвести какое-либо измерение в пространстве, лишённом поля, является физически совершенно невыполнимой и невозможной задачей. Геометрическое пространство, несомненно, представляет собою отвлечение, выражение для некоторых из свойств реального физического пространства. То, что мы называем геометрическим пространством, является одним из свойств силового поля. Приписывать ему совершенно самостоятельное, абсолютное, существование нет никакого основания. Вот почему вопрос о движении по отношению к абсолютному пространству является праздным; поэтому же всякий опыт, направленный к обнаружению влияния такого движения, обречен на неудачу.

Что взаимодействие двух тяготеющих или электрических центров не зависит от присутствия других электрических или тяготеющих масс, является основным положением современной науки. Эти массы могут изменить величину результирующей силы, действующей на данное тело, но каждая из слагающих поля зависит исключительно от взаимодействия тяготеющих или электрических центров. Один и тот же заряд на другие заряды, находящиеся по отношению к нему в различных состояниях движения, действует различно, и это различное действие мы мыслим передающимся в пространстве параллельно друг другу. Нет никаких оснований для того, чтобы связывать скорость передачи этих действий с абсолютным пространством, а не с полем того тела, относительно которого только и существует данное действие. С этой точки зрения, полагая неизблемым принцип постоянства скорости света для различных наблюдателей, можно найти физическое основание для этого факта в свойствах полей, представление которых является элементарной основой всякой физической гипотезы, не исключая и принципа относительности.

Основным свойством полей, в котором нам не позволяет сомневаться вся совокупность нашего опыта, является то, что поле связано с системой, его обуславливающей. Когда мы говорим о скорости света на земле, то, в сущности, имеем дело со скоростью света не в пустоте, а в поле сил, окружающих землю; когда мы говорим о скорости света между телами А и В, то, по существу, мы имеем дело с процессом, распространяющимся отнюдь не в пустом пространстве, а в поле сил, обусловленном телами А и В.



Какова сущность тех процессов, которые приводят к образованию полей сил, мы до настоящего времени не знаем. Как бы глубоко мы не продвинулись в изучении свойств внешнего мира, в области наших знаний всегда будут существовать некоторые элементарные понятия, которые лежат на границе нашего познания. К таким элементарным понятиям в настоящее время принадлежит представление о силовом поле. Поэтому, как эфирная теория не объяснила сущность процессов, приводящих к образованию силовых полей, так и всякие другие гипотезы в большей или меньшей степени должны разделить ее участь. Задача сводится лишь к тому, чтобы объяснить, по возможности, свойства различных полей с одной и той же точки зрения. Принцип относительности так же постулирует в каждой точке пространства величины, характеризующие тяготеющее и электромагнитное поле, и на почве этого постулата дает выводы законов, управляющих отдельными явлениями природы.

Другим основным свойством поля является его неуничтожаемость. Всякий элементарный заряд, всякий тяготеющий атом образует вокруг себя поле; на это поле могут налагаться поля других зарядов или материальных масс; благодаря этому наложению, результирующая сила может стать равной нулю, но это отнюдь не указывает на уничтожаемость поля, подобно тому как отсутствие натяжений в материи не указывает на исчезновение сил сцепления. Силы поля каждого отдельного заряда, каждой отдельной материальной частицы проявляются, как отдельные слагаемые, результирующую которых и представляет собою сила суммарного поля. Поле постольку же неуничтожаемо, поскольку справедливы законы сохранения материи и зарядов.

Если система состоит из тел, покоящихся друг относительно друга, то суммарное поле системы остается постоянным.<sup>1)</sup> В системе не происходит никаких физических или химических процессов. Всякое изменение в системе сводится к смещению зарядов или масс, а с ними — и к изменению общего поля системы. Это изменение может быть наблюдаемо, оно-то и дает нам возможность судить об относительном движении тел. Если на данную систему тел падает луч света такой длины волны, для которой все тела системы прозрачны, то никаких изменений в поле системы мы не обнаружим, так как луч этот не вызовет смещения зарядов, из которых состоит система.

Вполне естественно допустить, что для всякого физического процесса играет роль не геометрическое пространство, а физическое, неизменно связанное с полем той системы, в котором процесс распространяется.

Это утверждение было бы неправильным лишь в том случае, если бы нам удалось установить существование такого процесса, который был бы связан не с тем или иным полем, а протекал бы независимо от имеющихся в данной точке полей. Только в этом случае эта точка могла бы для нас приобрести значение точки абсолютного пространства. Вся совокупность современных опытных

<sup>1)</sup> По крайней мере, в первом приближении, какое нам даст обычный физический эксперимент. С этой точки зрения опыт Миллера может дать нам указания на то, что поле тел, принадлежащих к данной системе, подвергается, повидимому, весьма малому изменению, благодаря присутствию других полей, пространственно с ними совпадающих. На это же указывает и смещение луча света в поле тяготения.



данных показывает нам, что такого процесса нет. Мало того, в настоящее время мы не можем указать такого процесса, который давал бы нам надежду на возможность когда-либо обнаружить действие абсолютного пространства.

Принимая невозможность действия на расстоянии, мы должны допустить, что всякое изменение в относительном распределении зарядов и масс вызывает перераспределение сил в общем поле системы, передающееся от точки к точке системы. Скорость этой передачи не зависит, в первом приближении, от относительного смещения полей других систем, но она не зависит также и от относительной скорости тела, вызвавшего это изменение, и тела, на которое это изменение воздействует. Пусть, например, в некоторой точке поля произошло смещение электрических зарядов. В результате этого смещения в поле системы наступает передача от одной точки к соседней изменения состояния поля, характеризующегося изменением распределения скалярного электромагнитного потенциала и электромагнитного векторпотенциала. Скорость передачи этих изменений не зависит от скорости смещения электрических зарядов, подобно тому, как скорость толчка не влияет на скорость распространения изменений, вызванных им в материальной среде. Скорость этой передачи зависит от свойств поля, а не от скорости относительного смещения центров, его обуславливающих.

Это представление о характере передачи изменений в поле вполне совпадает с математическим описанием свойств электромагнитных полей посредством основных уравнений теории Лоренца, если в них абсолютно неподвижную систему отнесения, связанную с покоящимся эфиром, заменить системой отнесения, неизменно связанной с точками поля того тела, для которого ищется значение потенциалов или сил. Вместо абсолютной скорости, в основные уравнения электронной теории войдет тогда относительная скорость взаимодействующих тел. Совершенно безразлично, какое из тел системы мы будем при этом считать неподвижным, какое движущимся; так как в уравнения входит только относительная скорость, то характер их от этого совершенно не изменится. Точно так же и скорость передачи процессов в поле не будет зависеть от выбора того тела системы, которое мы будем считать неподвижным. В качестве примера, возьмем систему из светящейся точки  $A$  и наблюдателя  $B$ , движущихся относительно друг друга с некоторой скоростью. Допустим сначала, что  $B$  неподвижен. Пусть в некоторый момент времени  $t$ , когда источник света  $A$  находился в точке поля  $A'$ , он выслал луч света, который прибыл в точку  $B$  в момент  $t'$ . Скорость света мы найдем, полагая, что в точке  $A'$  неподвижного поля  $B$  возник сигнал и по этому неподвижному полю, пройдя путь  $A'B$ , достиг тела  $B$  за время  $t' - t$ . Полагая же, что источник света неподвижен, а тело  $B$  движется к нему навстречу, найдем, что в точке  $A'$  того же поля возник световой сигнал и к моменту  $t'$  достиг точки  $B$ . Путь, пройденный сигналом в поле наблюдателя  $B$ , будет попрежнему равен  $A'B$  и время  $t' - t$ . Из постоянства скорости распространения электромагнитных возмущений в системе наблюдателя, уравнения Лоренца, написанные в предположении, что физическое значение имеет только относительная скорость движения, вытекает также и явление абберации света.



Так как общий вид уравнений электронной теории, при замене в них скорости по отношению к абсолютному эфиру относительной скоростью электрона и наблюдателя, остается неизменным, то и общий вид функций, производные от которых дают решение этих уравнений, остается тем же.

Таким образом:

$$\Phi = \int \frac{dv}{r} (\rho) t - \frac{r}{c} \quad (1)$$

$$W = \int \frac{dv}{r} (k) t - \frac{r}{c} \quad (2)$$

будут представлять собою соответственно скалярный электромагнитный потенциал и электромагнитный вектор-потенциал в точке, где находится наблюдатель. Здесь  $\rho$  объемная плотность зарядов,  $k = \frac{\rho w}{c}$ ,  $w$  в отличие от формул, употребляемых обычно в электронной теории, не абсолютная скорость электрона, а относительная скорость электрона и наблюдателя,  $c$  скорость света,  $r$  расстояние от заряда до данной точки,  $t$  время, для которого ищется значение функций в данной точке. Значение  $\rho$ ,  $w$ ,  $k$ ,  $r$  здесь берется не для момента времени  $t$ , а для момента  $t' = t - \frac{r}{c}$ .

Толкование этих формул сводится, как известно, к тому, что мы представляем себе сферу, описанную вокруг точки, для которой определяется значение функций  $\Phi$  и  $W$ , сжимающуюся со скоростью  $c$ ; соответственные приращения функций  $\Phi$  и  $W$ , которые они получают при прохождении сферы через точки, для которых  $\rho$  и  $k$  отличны от нуля в момент времени  $t' = t - \frac{r}{c}$  и представляют приращение потенциалов в момент времени  $t$  в наблюдаемой точке.

Для случая равномерно движущегося заряда эти выражения принимают вид: <sup>1)</sup>

$$\Phi = \frac{e}{R \sqrt{1 - \beta^2 \sin^2 \Psi}}$$

$$W = \frac{e w}{c R \sqrt{1 - \beta^2 \sin^2 \Psi}}$$

где  $R$  уже—расстояние между электроном и наблюдателем в тот момент, для которого определяются функции  $\Phi$  и  $W$ ,  $\Psi$ —угол между направлением движения заряда и направлением  $R$ , а  $\beta = \frac{w}{c}$ . С точки зрения электронной теории Лоренца, эти функции дают распределение потенциалов вокруг электрона, движущегося со скоростью  $w$  в неподвижном эфире; с точки же зрения на физические

<sup>1)</sup> М. Abraham. Theorie der Electricität. В. 2, § 12.



процессы, как на результат взаимодействия полей, они дают распределение потенциалов в поле электрона, движущегося относительно окружающего поля со скоростью  $w$ . Для поля, покоящегося относительно заряда  $e$ , они принимают значения:

$$\Phi = \frac{e}{R}; \quad W = 0,$$

откуда и следует невозможность из наблюдений над электромагнитными процессами обнаружить общее равномерное движение системы. Для поля, движущегося относительно электрона с постоянной скоростью  $w$ , эти формулы представляют распределение потенциала вокруг точки, в которой в данный момент находится заряд  $e$ . Вводя координатную систему, начало которой совпадает с положением заряда в поле в данный момент, а направление оси  $X$  совпадает с направлением движения заряда, найдем:

$$R\sqrt{1 - \beta^2 \sin^2 \Psi} = \sqrt{X^2 + (1 - \beta^2)(y^2 + z^2)}.$$

Таким образом, изопотенциальные поверхности в поле наблюдателя в каждый данный момент представляют собою эллипсоид вращения, отношение осей которого равно:

$$\sqrt{1 - \beta^2} : 1.$$

Величину и направление электромагнитных сил в поле наблюдателя в данный момент найдем, полагая:

$$E = -\text{grad. } \phi - \frac{1}{c} \frac{\partial A}{\partial t}; \quad H = \text{Curl } A,$$

причем производные, входящие в правую часть, относятся к системе координат, связанной с полем наблюдателя. Так как через промежуток времени  $\partial t$  значение  $\phi$ -ий  $A$  в данной точке будет равно тому значению этой функции, которое она имеет в данный момент в точке, лежащей в направлении, противоположном направлению движения заряда на расстоянии  $\partial x$ , где  $\partial x$  есть путь, пройденный зарядом за время  $\partial t$ , то

$$\frac{\partial A}{\partial t} = - (wv) A$$

и так как  $A_y = A_z = 0$ , то

$$\frac{1}{c} \frac{\partial A}{\partial t} = -\beta \frac{\partial A_x}{\partial x}$$

откуда

$$\epsilon_x = -\frac{\partial \phi}{\partial x} + \beta \frac{\partial A_x}{\partial x} = -(1 - \beta^2) \frac{\partial \phi}{\partial x} = (1 - \beta^2) \frac{ex}{s^3}; \quad H_x = 0$$



$$\begin{aligned} \epsilon_y &= -\frac{\partial\phi}{\partial y} = (1 - \beta^2) \frac{ey}{s^3}; & H_y &= \frac{\partial A_x}{\partial z} = \beta \frac{\partial\phi}{\partial z} = -\beta\epsilon_z \\ \epsilon_z &= -\frac{\partial\phi}{\partial z} = (1 - \beta^2) \frac{ez}{s^3}; & H_z &= -\frac{\partial A_x}{\partial y} = -\beta \frac{\partial\phi}{\partial y} = \beta\epsilon_y \end{aligned}$$

где

$$s = R \sqrt{x^2 + (1 - \beta^2)(y^2 + z^2)}.$$

В символах векториального анализа получим:

$$E = (1 - \beta^2) \frac{eR}{s^3}; \quad H = \frac{(1 - \beta^2)e}{cs^3} [wR].$$

Таким образом, электрическая и магнитная сила в каждый данный момент обуславливается положением заряда в тот же момент. Электрическая сила совпадает с направлением радиуса-вектора, соединяющего наблюдателя и заряд, магнитная же к нему перпендикулярна. Полученные выражения по своей форме и выводу не отличаются от формул электронной теории <sup>1)</sup>, но там они представляют значение электромагнитных сил в системе неизменно связанной с движущимся зарядом, для нас же они представляют значения этих сил в поле тела, обладающего скоростью  $w$  относительно электрона. Формулы (1) и (2) для случая неравномерно движущегося электрона переходят в выражения для скалярного и электромагнитного вектор-потенциала, найденные Lienard'ом и Wiechert'ом <sup>2)</sup>, с той лишь разницей, что в них войдет не абсолютная скорость движения электрона, а относительная. К такому же результату приводят и вычисления, основанные на формулах преобразования принципа относительности. <sup>3)</sup>

В общем случае, когда мы имеем источник света и движущуюся относительно него систему отнесения наблюдателя, вычислениями, подобными тем, какими пользуется электронная теория <sup>4)</sup>, заменяя всюду абсолютную скорость движения относительной, найдем значение электрической и магнитной силы, а также и вектора Пойтинга, для движущейся системы наблюдателя:

$$\epsilon^1 = \epsilon + \frac{1}{c} [wH]$$

$$H^1 = H - \frac{1}{c} [w\epsilon]$$

$$S^1 = \frac{c}{4\pi} [\epsilon_1 H^1],$$

где  $\epsilon$  и  $H$  — значения электрической и магнитной сил для поля, которое по-  
коится относительно светящегося тела, а  $\epsilon^1$  и  $H^1$  — соотв. значения для поля,

<sup>1)</sup> M. Abraham. Theorie der Electricität. B. II, стр. 89.

<sup>2)</sup> M. Abraham. Theorie der Electricität, B. II, § 11.

<sup>3)</sup> M. von Laue. Die Relativitätstheorie. B. I, стр. 154.

<sup>4)</sup> M. Abraham. Theorie der Electricität, B. II, стр. 324.



находящегося в относительном движении со скоростью  $w$ . Из этих формул для случая плоской прямолинейно-поляризованной волны, для которой

$$H = \frac{1}{c} [c \varepsilon]; \quad \varepsilon = \frac{1}{c} [Hc];$$

найдем 
$$S^1 = \frac{c^1}{c^2} (c^1 S),$$

где  $S$  вектор Пойтинга в системе неподвижной относительно излучающего тела, а  $c^1$  определяется векториальным равенством

$$c^2 = c - w \quad (3)$$

Таким образом, вычислениями, аналогичными вычислениям в электронной теории, получаем, что направление луча света для движущейся системы совпадает с направлением, которое наблюдается при аберрации звезд. Последнее легко получить, рассматривая геометрическое векториальное равенство (3).

Что касается результата опыта Майхельсона, то он является совершенно естественным следствием изложенной картины взаимодействия полей.<sup>1)</sup>

Результат опыта Эри, наполнившего зрительную трубу водой, является следствием того, что скорость распространения лучистой энергии данной длины волны изменяется соответственно показателю преломления среды. Это одинаково относится, как к радиальной скорости  $c$  в выражении (3), так и к переносной  $W$ , а следовательно отношение между ними не изменяется. Подобно вычислению угла аберрации, вычисления, дающие эффект Доплера, и результат опыта Физо по внешнему виду ничем не будут отличаться от вычислений, которыми пользуется электронная теория; только во все выражения при этих вычислениях вместо абсолютной скорости по отношению к покоящемуся эфиру придется поставить относительную скорость движущихся тел.

На первый взгляд противоречие возникает лишь в том случае, если мы имеем источник света (А) и двух наблюдателей (В и С), при чем скорость движения наблюдателей по отношению к источнику различна.

Это противоречие проистекает из того, что мы обычно рассматриваем луч света, исходящий от источника, как нечто общее для наблюдателей всех систем. Таким же рассматривает его и принцип относительности Эйнштейна. Если бы это было действительно так, то единственным выводом из наблюдаемых фактов было бы признание за формулами преобразования принципа относительности реального физического значения; необходимым следствием было бы кинематическое толкование мира.

Однако, можно представить, что смещение электронов в системе А, вызвав пертурбацию в поле системы АВ и АС, дает начало двум независимым процессам.

Каждый из них распространяется в своей системе со скоростью, обусловленной свойствами соответственного поля; в полях, мало отличающихся друг от друга, и скорость распространения должна быть приблизительно одинаковой.

<sup>1)</sup> Результаты же, полученные Миллером, могут быть приписаны воздействиям тех полей, относительно которых смещается поле земли.



Луч, идущий к системе АВ, представляет собой возмущение в поле этой системы и может быть воспринят только телами, принадлежащими к ней; луч же, идущий в системе АС, воспринимается только ее телами. С этой точки зрения движущийся с поездом и стоящий неподвижно у полотна железной дороги, наблюдатели, глядя на огонь семафора, воспринимают электромагнитные возмущения, возникшие в различных полях и находят одну и ту же скорость света именно потому, что лучи, воспринимаемые ими, имеют по отношению друг к другу некоторую скорость. Если бы мы захотели ввести формулы преобразования, которые давали бы нам одно и то же явление в различных системах отнесения, то мы задались бы задачей отыскания процессов, реально не существующих в природе. Это относится ни только к электромагнитным процессам, но и ко всякому процессу.

Если бы мы воспользовались Галилеевыми формулами преобразования, присоединяя еще к ним

$$c' = c + W,$$

где  $W$  относительная скорость системы, а  $c$  и  $c'$  скорость распространения возмущений, измеренная из одной той же системы отнесения, то процессу, происходящему в одной системе, в другой мы не нашли бы никакого соответствующего реального процесса.

Но если бы мы задались целью, зная характер явления, происходящего в системе А, найти явление, протекающее параллельно ему в системе В, то эту задачу мы смогли бы решить вполне определенно. Для этого необходимо знать формулы, описывающие какое-либо определенное явление, протекающее параллельно в системах А и В в функциях переменных, связанных соответственно с системами А и В, и найти такие формулы преобразования для этих переменных, которые при подстановке в выражение закона явления, происходящего в системе А, давали бы нам закон явления, происходящего в системе В. Решив однажды такую задачу, мы получаем формулы преобразования, годные раз на всегда, так как различие между системами сводится только к некоторой относительной скорости их перемещения. Вот почему, найдя формулы преобразования для переменных  $x, y, z, t$ , которые превращают уравнение световой волны

$$\Delta S = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}$$

(где под  $S$  следует разуметь каждую из трех слагающих электрической и магнитной силы) в одной системе отнесения в подобное же уравнение для другой системы, мы можем утверждать, что и во всех других случаях найденные формулы дадут нам желаемый результат.

Таким образом, формулы преобразования принципа относительности дают нам средство, зная явление в какой-либо системе отнесения, описать его для любой другой системы, хотя сами по себе они могут и не представлять собой каких-либо реальных физических соотношений между координатами пространства и времени.



С этой точки зрения нет необходимости допускать, что час, протекший, например, на земле, соответствует столетиям в некоторой другой системе отнесения, обладающей соответственной скоростью движения. Достаточно принять гораздо более простое допущение, а именно, что когда наблюдатели на земле и этой и другой системы видят, как они думают, один и тот же луч света, они на самом деле наблюдают два различных, но протекающих параллельно друг другу процесса.

Изложенная картина, перенося центр тяжести физических процессов на взаимодействия полей, оставляет за временем и пространством относительное значение, формулы же преобразования Лоренца являются для нее средством разыскания, по существу различных, но протекающих в двух системах отнесения параллельно, процессов.

#### DES BASES PHYSIQUES DU PRINCIPE DE LA RELATIVITÉ.

La notion d'un champ de forces est une base fondamentale de n'importe quelle conception scientifique de la nature, c'est pourquoi toute hypothèse, le principe de la relativité y compris, conduit à postuler un certain champ et ses propriétés. Les formules de transformations du principe special de la relativité relient les propriétés des champs que l'on observe dans les systemés qui sont en mouvement les uns par rapport au autres.

Ces formules de transformations sont dépourvus d'un élément d'hypothèse, puisque elles présentent des conséquences mathématiques formellement exactes, tirées d'une description mathématique des lois de la nature dans les dites systèmes. Cependant, pour expliquer ces formules on admet que les phénomènes électromagnétiques observés dans les systemes, se mesurant l'un par rapport à l'autre, sont les mêmes. Si l'on renonçait à la tendance d'attribuer à l'espace et au temps un caractair, absolu, il serait tout naturele de les considerer comme une propriété du champ d'un système donné des corps. A ce point de vue la propagation des phénomènes électromagnétiques n'a pas lieu dans le vide, mais bien dans le champ provoqué par l'actions matuelle des corps entre lesquels ces phenomènes se propagent.

A la première approximation, d'accord avec la totalité de nos connaissances contemporaines, nous devons consideres un champ d'un système donné comme independent des champs d'autres systèmes<sup>1)</sup>. Ainsi la propagation des perturbations dans un champ donné ne doit pas dependre d'un déplacement relatif d'autres champs. Cet énoncé a pour consequence, que la vitesse de propagation d'un rayon lumineux dans le champ de chaque observateur depend des propriétés du champ même.

Chaque observateur voit un rayon, se propageant dans son champ, tandis que les rayons, appartenant aux divers systèmes, présentent des phenomènes parallels.

<sup>1)</sup> Au moins à la première aproximation. Il est possible que les recherches de Muller et la déviation du rayon lumineux dans le champs de gravitation indiquent la possibilité de la variation de perturbation dans le champs d'une systhème sous l'influence d'un autre champs, coïncident avec le premier dans l'espace.



Cette image conduit aux mêmes formules de transformations que le principe spécial de la relativité, mais les formules mêmes perdent leur sens physique, en se transformant uniquement en un instrument mathématique pour trouver des expressions pour les phénomènes parallèles qui ont lieu dans des systèmes différents.

En même temps les phénomènes physiques acquièrent une réalité. A ce point de vue, quoique la marche de deux montres dans deux systèmes, se mouvant l'un par rapport à l'autre, peut être la même, la formule de transformations pour les variables  $x$ ,  $y$ ,  $z$  et  $t$  pour le passage d'un système dans l'autre en admettant

$$c' = c$$

reste la même que dans la théorie d'Einstein.

Cette supposition, tout en présentant une image plus simple de l'univers, fournit en même temps une base pour la recherche des relations entre les forces, qui agissent dans les champs différents et en particulier pour chercher la relation entre un champ de gravitation et un champ électromagnétique.

