

Ритмъ міровыхъ движеній

(ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ А. ЭЙНШТЕЙНА).

1. *Относительность математических истинъ.*

Хотя міровая гармонія намъ не дана въ соотношеніяхъ простыхъ чиселъ, какъ полагалъ Кеплеръ, все-таки въ грандіозной музыкѣ движеній небесныхъ тѣлъ мы можемъ уловить опредѣленный ритмъ, который мы стараемся закрѣпить въ математическихъ формулахъ и законахъ механики. Разбираясь въ этомъ мірѣ чудесъ, въ этомъ вѣчномъ прилажепномъ движеніи самыхъ разнообразныхъ видовъ и системъ, наше мышленіе, привыкшее къ упрощенію и объединенію неисчерпаемаго богатства дѣйствительности, создаетъ прочную схему — законъ или теорію, въ которую оно старается уложить безконечное многообразіе дѣйствительности. Въ этомъ смыслѣ эвклидова геометрія и законы Ньютона опредѣляли научное мышленіе и наши представленія о механикѣ небесныхъ сферъ до появленія теоріи относительности А. Einstein'a.

Эвклидова геометрія давала рядъ апріори въ видѣ самоочевидныхъ положеній — аксіомъ. На этомъ прочномъ, казалось бы, фундаментѣ возводилось логически все стройное зданіе науки о пространствѣ и его измѣреніи. Ньютоновская механика, основанная на положеніяхъ эвклидовой геометріи, провозгласила рядъ законовъ, которые съ удивительной ясностью и вѣрной отчетли-

востью давали намъ представленіе о дѣйствительномъ движеніи небесныхъ силъ.

Дѣло, какъ будто, обстояло благополучно до тѣхъ поръ, пока творческая фантазія ряда великихъ математиковъ, начиная съ знаменитаго профессора казанскаго университета Ник. Ив. Лобачевского и кончая Б. Риманомъ, не начала подрываться подъ возможность существованія ряда не-евклидовыхъ геометрій: параболической, которая ближе всего подходитъ къ евклидовой, гиперболической Лобачевского, эллиптической Римана. Евклидова геометрія, такимъ образомъ, потеряла свое значеніе абсолютной для нашихъ опытныхъ представленій о пространствѣ догмы. Выяснилось, что отвлеченная, отдаленная отъ дѣйствительности идеальная сущность евклидовыхъ положеній не можетъ уложиться въ свою неглубокую схему нашъ опытъ и представленія о пространствѣ, и что римановская геометрія, осуществляющая геометрическія положенія не на плоскости, а на шарѣ, лучше вооружена для разрѣшенія вопросовъ о конечности міра, безграничности пространства и т. д.

Но помимо практическаго значенія этихъ завоеваній въ области чистой математики, которая даже творцы ея не могли предусмотрѣть въ своихъ чисто умозрительныхъ изысканіяхъ, эти походы творческой фантазіи математиковъ имѣли и теоретико-познавательное значеніе. Они выяснили возможность *многихъ* логически завершенныхъ и стройныхъ схемъ, *многихъ* математическихъ системъ. Каждая изъ нихъ можетъ претендовать на званіе истины, поскольку ея формулы оправдываются и покрываются неприглаженной дѣйствительностью. Въ этомъ смыслѣ евклидова геометрія меньше всего удовлетворяетъ нашимъ требованіямъ гибкости и приспособленности къ реальности, такъ какъ она всегда выступала въ качествѣ абсолютной непреложной нормы, между тѣмъ какъ дѣйствительность требуетъ отъ насъ умѣнья мѣнять и разнообразить пункты, съ которыхъ мы ее наблюдаемъ.

Мы можемъ произвольно ограничить себя и заниматься геометрией на плоскости, мы получимъ въ этомъ случаѣ геометрію двухъ измѣреній (Flachengeometrie Gauss'a); выйдемъ мы за пределы плоскости, мы получимъ въ этомъ случаѣ положенія, аксіомы

съ вытекающими изъ нихъ теоремами евклидовой геометріи трехъ измѣреній; перенесемъ на шаръ и попробуемъ тамъ примѣнить обычные представленія о точкѣ, прямой, плоскости, и для насъ тотчасъ же выяснится, что большинство этихъ представленій придется измѣнить и приспособить къ новой средѣ, въ которой мы оперируемъ. Евклидова геометрія, напр., пеходитъ изъ представленія безконечной прямой, эллиптическая или ея частный случай — сферическая геометрія называется прямой замкнутою кривою, на которой точки расположены какъ на большемъ кругѣ шара. Къ этой прямой нельзя провести параллельной линіи.

Мы имѣемъ, такимъ образомъ, нѣсколько логическихъ построений, и ни одно изъ нихъ не можетъ претендовать на роль абсолютнаго апіори. Математическія истины приобрѣтаютъ характеръ *относительныхъ* истинъ, и прочность, устойчивость геометріи, этой королевской, по выраженію Канта, науки, уступаетъ мѣсто гениальному произволу великихъ математиковъ, «создающихъ часто и безъ всякой «практической» заинтересованности свои фантастическія построенія. Какъ на образецъ такихъ фантастическихъ математическихъ построений мы можемъ указать хотя бы на «мировую геометрію» Минковского. Конечно, и во всей этой произвольной построения входятъ строго рационалистическіе принципы, строго логическія начала. 2×2 даетъ по прежнему 4, уравненія остаются уравненіями, но высшее оправданіе этимъ таинственнымъ математическимъ знакамъ даютъ факты, подающіеся наблюденію, когда дѣйствительность — въ видѣ ли астрономическихъ наблюденій, или точно обставленнаго физическаго опыта — вполне совпадаетъ съ результатомъ математическихъ вычисленій и предсказаній, сдѣланныхъ въ типъ кабинета.

2. *Для позитивиста въ началѣ и въ концѣ былъ опытъ.*

И вотъ тутъ является во всей своей мучительной неразрѣшимости одна изъ основныхъ загадокъ, надъ которой философская мысль бьется безплодно уже тысячелѣтія. Существуетъ ли таинст-

венное соответствие, своего рода предустановленная гармония между нашими математическими, чисто рационалистическими построениями и данными опыта?

Практическая научная мысль в лице позитивистов легко разрешает этот вопрос. Если опыт не оправдал математических исчислений, то причина заключается либо в недостаточно строго поставленных или осуществленных условиях опыта, либо в ошибочности математических исчислений, но в конце концов эти исчисления играют только служебную роль. Главное это — опыт и пусть хотя бы один опыт не оправдал результата математических выкладок, все искусно воздвигнутое здание математических «истин» рухнет как карточный домик. Опыт определяет все, а математические «истины» созданы *ad hoc*, и никаким математическим выкладкам не изменить действительности. Предустановленной гармонии между чистой математикой и физикой, как думал в упоении математического творчества гениальный создатель мира четырех измерений Минковский, нет, Гармонию вкладываем мы, — так же, как на шахматной доске определяем значение, положение каждой фигуры и создаем, таким образом, законы шахматной игры. Материал для наших математических исчислений, этих своеобразных стенографических записей явлений природы, мы берем из действительности и путем аналогии распространяем опыт на новые незнакомые нам явления.

Возьмем гениальное открытие Leverrier и Adams'ом планеты Нептун в 1846 году и проследим пути творческой интуиции, приведшие к этому открытию. Опытом были установлены не-правильности в движении Урана. Эти неправильности могли быть объяснены только существованием какой-то до того неизвестной нарушительницы порядка движения небесных тел. Математические исчисления, основанные на прошлом опыте, помогли точно определить орбиту нового небесного тела, а затем астрономические наблюдения блестяще оправдали эти исчисления. Планета была найдена на намеченном ей предварительно месте, но в этой цепи опытом все начинается и все кончается.

3. Для рационалиста въ началѣ былъ законъ.

Для человѣка рационалистической складки опытъ — это поверхностный слой по большей части обманчивыхъ наблюдений дѣйствительности. Надо снять этотъ пластъ феноменологическихъ наблюдений дѣйствительности, — когда мы являемся по отношенію къ природѣ наивными реалистами, въ родѣ тѣхъ дикарей, которые поклоняются огню, водѣ, какъ дѣйствительнымъ божествамъ, — чтобы подъ этой корою поверхностной измѣнчивости открыть постоянные неизмѣнные законы, по которымъ все совершается въ природѣ. Для рационалистовъ математическія истины — неизбѣжныя, вѣчные истины, которыя существовали бы даже тогда, когда на землѣ не было бы ни одного живого человѣка. Мы открываемъ только, то что въ природѣ предсуществуетъ — и предсуществуетъ не въ видѣ вѣчно измѣнчивой, капризной дѣйствительности, данной намъ въ опытѣ, а въ видѣ, вѣчныхъ непреложныхъ законовъ, заковывающихъ дѣйствительность въ вѣчныя, устойчивыя сущности, изъ которыхъ она не можетъ вырваться. Для рационалистовъ въ началѣ былъ законъ.

Когда Кеплеръ открылъ и установилъ законы движенія планеты, ему могло казаться и казалось на самомъ дѣлѣ, что онъ подслушалъ вѣчную тайну природы, и что эта тайна дана намъ въ законѣ соотношенія простыхъ чиселъ. Показательное значеніе для рационалиста имѣетъ въ особенности третій законъ Кеплера, по которому квадраты времени протѣка двухъ планетъ относятся какъ кубы среднихъ разстояній этихъ планетъ отъ солнца. Этотъ законъ выраженъ въ формѣ абсолютной, непреложной истины и имѣетъ всѣ качества истины, выраженной съ логической простотой и послѣдовательностью. И логическій абсолютизмъ — въ лицѣ, напр., Husserl'я — вамъ скажетъ, что установленныя въ этомъ законѣ соотношенія скоростей движенія планетъ неизмѣнны и предсуществуютъ въ природѣ. Правда, законъ здѣсь явился Кеплеру во всей своей простотѣ и очевидности послѣ долгихъ лѣтъ упорныхъ наблюдений надъ движеніями небесныхъ тѣлъ и трудолюбивыхъ математическихъ исчисленій. Но наблюденіе здѣсь подало лишь руку теоріи и въ результатѣ получила абсолютная непреложная истина.

Пусть небесная механика Ньютона показала только приближительную точность кеплеровских законов и въ теорію была введена новый факторъ — всемірное тяготѣніе. Этотъ новый факторъ далъ только возможность учесть и исчислить уклонъ орбитъ небесныхъ тѣлъ отъ предписанныхъ имъ Кеплеромъ путей. но время и пространство и въ ньютоновской механикѣ сохранили характеръ абсолютныхъ величинъ.

4. Абсолюты ньютоновской механики.

«Абсолютное пространство по своей природѣ и безъ всякаго отношенія къ какому-нибудь вѣшнему предмету постоянно, равно и неподвижно».

«Абсолютное, истинно математическое время протекаетъ само по себѣ и по природѣ своей однообразно и не имѣетъ никакого отношенія къ какому-нибудь вѣшнему предмету».

Вдумайтесь въ эти «Математическіе принципы естественно-научной философіи» Ньютона, и вы убѣдитесь, что эти абсолюты представляютъ какіято мѣстныя сущности, какихъ-то два безплотныхъ понятія безъ всякаго отношенія къ космическимъ явленіямъ. Этими понятіямъ классическая механика приписывала значеніе действительныхъ «реальностей».

Для чего повадобилось классической механикѣ установленіе этихъ двухъ абсолютовъ? Мы, можетъ быть, себѣ это лучше уяснимъ, когда вспомнимъ происхожденіе нашихъ мѣръ пространства, времени. Мы мѣряемъ пространство масштабомъ, скажемъ — хитромъ или аршиномъ, время — часами, минутами, секундами, но откуда мы взяли эти мѣры? Онѣ представляютъ произвольную часть другой величины, которую мы принимаемъ за неизмѣнную, постоянную. Метръ — почти сорокамилліонная часть земного меридіана; часъ, минута, секунда — опредѣленныя части времени вращенія земли вокругъ своей оси. Мы, такимъ образомъ, точно опредѣлили отношеніе двухъ величинъ, но не абсолютное значеніе этихъ самыхъ величинъ, и переходя отъ одного отношенія къ другому, мы толжны въ концѣ концовъ прійти къ абсолюту понятій, если не хотѣть остаться вѣчными странниками въ области науки. Среди вѣч-

наго движенія мы прислушиваемся къ непрерывно быющему нулю жизни природы, стараемся уловить строгую размѣрность въ ритмѣ вселенной и придать ему прочный и неизмѣнный характеръ абсолютныхъ понятій. Но если бы по совету насъ спросили, что мы представляемъ себѣ подъ этими вѣчно неизмѣнными «реальностями», подъ абсолютнымъ временемъ и пространствомъ, мы бы попали въ такое же затруднительное положеніе, въ какое попадаемъ всегда, когда намъ приходится отвѣчать на «послѣдшіе» вопросы. Недаромъ весь міръ облегченно вздохнулъ, когда Кантъ по-просу разрубилъ гордіевъ узелъ и объявилъ время и пространство формами нашего воспріятія.

Отъ самого Ньютона не скрылся относительный характеръ нашихъ воспріятій времени и пространства. Очень трудно, — бороться онъ, — познать истинныя движенія отдѣльныхъ тѣлъ и отделять ихъ отъ кажущихся, потому что невозможно чувственно познать части того неподвижнаго пространства, въ которомъ тѣла дѣйствительно движутся. Но дѣло не кажется ему безкачественнымъ. Тамъ волна размысленій уноситъ его отъ абсолютизма логическихъ построеній къ относительности человѣческихъ воспріятій, и онъ въ отчаяніи человѣка, не могущаго прастать ни къ одному берегу, называетъ философію левыносною сварливой лани, съ которой такъ же пріятно имѣть дѣло, какъ быть задутаннымъ въ судебномъ процессѣ.

5. Махъ подкапывается подъ теоретико-познавательные установки абсолютныхъ сущностей классической механики.

Эта вѣчная тѣжба между рационалистическаго, абсолютнаго характера нашихъ научныхъ принциповъ и относительностью нашихъ воспріятій иррациональной дѣйствительности продолжалась до тѣхъ поръ, пока механика въ лицѣ австрійскаго ученаго Маха не вышла, такъ сказать, своего Юма, который сразу расчистилъ поле научныхъ наблюденій отъ загромождавшихъ его абсолютовъ и неуловимыхъ абстрацій.

Уже въ семнадцатилѣтнемъ возрастѣ Махъ почувствовалъ вполне ту «пустую» (müssige) роль, которую играетъ «вещь въ себѣ».

«Въ одинъ прекрасный дѣтскій день мнѣ въ видѣ связной массы ощущеній, въ моемъ «я» эта связь была только сильнѣе. Хотя настоящая рефлексія явилась позже, все-таки этотъ моментъ опредѣлилъ все мое міровоззрѣніе.» (Analyse der Empfindungen und das Verhältniß des Physischen zum Psychischen. 6-te Aufl., 1911, S. 24).

Для Маха цѣль научнаго познанія — чистое описаніе дѣйствительности безъ всякой примѣси метафизики и гипотезъ, а познать дѣйствительность мы можемъ только при помощи нашихъ органовъ чувствъ: дѣйствительность представляетъ содержаніе нашихъ ощущеній. Въ своемъ наивномъ реализмѣ Махъ доходитъ даже до того, что принимаетъ цѣликомъ знаменитыя положенія древнихъ скептиковъ, не принимая ихъ вывода о невозможности познанія дѣйствительности. «Да, — говоритъ онъ, — карандашъ, опущенный въ воду, дѣйствительно согнутъ; на взглядъ онъ согнутъ, на ощупь онъ прямой».

Но въ Махѣ, несмотря на весь радикализмъ его уменстроенія, заставившаго его покончить съ абсолютными понятіями пространства и времени, остался еще неразтворенный осадокъ теоретико-познавательнаго догматизма. Если онъ и отрицаетъ абсолютную сущность даннаго виѣ насъ въ пространствѣ и времени космоса и видитъ въ образованіи абсолютныхъ понятій о пространствѣ, времени, движеніи, массѣ результатъ дѣятельности рационализирующаго ума, создающаго фикціи, которымъ ничего въ дѣйствительности не соответствуетъ, то тотъ же Махъ не можетъ отказаться отъ абсолютной принудительности и общеобязательности для каждаго наблюдателя полученныхъ путемъ опыта результатовъ научныхъ изслѣдованій и измѣреній. Пояснимъ на примѣрѣ. Мы не можемъ опредѣлить абсолютное положеніе двухъ точекъ въ пространствѣ, но результатъ измѣренія разстоянія между этими двумя точками, выраженный въ опредѣленномъ числѣ метровъ, носитъ абсолютный характеръ для *каждаго* наблюдателя. Каждый физикъ, вооруженный правильнымъ масштабомъ, придетъ къ одной и той же величинѣ, которая выразитъ собою абсолютную длину даннаго отрѣзка міра. То же самое и относительно времени. Съ фетишемъ абсолютнаго времени надо въ физикѣ покончить.

Эта «абстракція», это пустое «метафизическое» понятіе не имѣетъ никакого практическаго и научнаго значенія и не поддается никакому измѣренію. То время, которымъ мы оперируемъ въ практической и научной жизни, есть относительная величина, полученная отъ сравненія данной системы со скоростью движенія земли вокругъ солнца. Эта величина пріобрѣтаетъ характеръ абсолютной, общеобязательной для каждаго наблюдателя при условіи правильности, безошибочности опредѣленія принятаго нами соотношенія между ходомъ нашихъ часовыхъ механизмовъ и движеніемъ земли.

Такъ какъ скорость движенія (v) опредѣляется пройденнымъ движущимся тѣломъ пространствомъ (w), дѣленнымъ на число единицъ времени (t), въ которое это пространство пройдено, то ясно, что и объ абсолютномъ движеніи мы не можемъ говорить, не рискуя впасть снова въ «метафизику». «Мы называемъ движеніе равномѣрнымъ, — говоритъ Махъ, — когда равнымъ пріростаніямъ пути соотвѣтствуютъ равныя пріростанія пути другой системы движенія, взятой какъ мѣра сравненія. Вопросъ о равномѣрномъ движеніи «въ себѣ» не имѣетъ никакого смысла.»

Махъ, такимъ образомъ, отрицаетъ абсолютный характеръ за тѣми априори, на которыхъ держится зданіе классической механики, и устанавливается въ мірѣ относительности, гдѣ измѣрять значить сравнивать. Для него абсолютныя, время пространство, движеніе — фикція. Мы съ такимъ же правомъ можемъ сказать, что земля вращается вокругъ солнца, какъ и объявить себя сторонниками геоцентрической системы Птолемея. Только изъ практическихъ соображеній мы придерживаемся системы Коперника. Надо вернуться къ наивному реализму, когда все опредѣляется опытомъ. Научное познаніе играетъ только роль экономическаго принципа: оно дѣлаетъ излишнимъ повтореніе опыта. Такая экономія возможна именно потому, что результаты опыта повсюду, всегда и для всѣхъ наблюдателей одинаковы. Въ этомъ абсолютномъ значеніи опыта заложена возможность построенія науки.

Таковы были теоретико-познавательныя предпосылки механики въ концѣ XIX столѣтія. Въ лицѣ Маха механика нашла своего Юма, который вполне послѣдовательно хочетъ и понятіе причинности

вытравить из области точных наук и замѣнить его математическимъ понятіемъ функции (Funktionsbegriff) Течение событий въ физическомъ мірѣ не основано на причинѣ и слѣдствіи, а на взаимной функциональной зависимости физическихъ явленій. Но ошибочно было бы думать, что если Махъ отказывается отъ принципа абсолютной законности, царящей въ природѣ, то субъектъ приобретаетъ для него значеніе первичнаго элемента. Для наблюдателя, старающагося безпристрастно описать природу и первичные элементы, изъ которыхъ она состоитъ, является возможность и необходимость разсмотрѣнія и собственнаго глѣ, какъ комплекса воспріятій. является возможность объективнаго, такъ сказать, самовозрѣнія — и Махъ даетъ, въ букввальномъ смыслѣ этого слова, иллюстрацію этого объективнаго самовозрѣнія.

6. Классическій принципъ относительности.

Мы старались описать ту атмосферу, въ которой жила творческая мысль А. Эйнштейна. Подъ влияніемъ научныхъ открытій Гаусса, Лобачевского, Римана, Минковского, въ математикѣ было положено съ принципомъ единой истины, единой правоты евклидовой геометріи. Есть много математическихъ истинъ, и на фундаментъ каждой изъ этихъ истинъ можно построить законченное и логически завершенное зданіе геометріи. Все зависитъ отъ первичныхъ элементовъ, изъ которыхъ мы исходимъ, соответствіе же природѣ и дѣйствительности, поскольку она намъ открывается въ опытѣ, мы скорѣе найдемъ въ построенияхъ неевклидовой геометріи, чѣмъ въ фундаментахъ бесконечной прямой, плоскости и т. д. Построенія евклидовой геометріи применимы въ области малыхъ величинъ, и въ обыцной нашей земной практической жизни мы можемъ пользоваться положеніями и аксіомами евклидовой геометріи и видѣть въ ней удобное вспомогательное средство для построения теоріи движенія, удовлетворительно и точно объясняющей механизмы малыхъ движеній на земномъ шарѣ, который мы условно принимаемъ за неподвижную систему, т. е., за абсолютъ, а часть его — за плоскость.

Ньютоно-галілеевская механика придавала абсолютное зна-

ченіе пространству, времени, потому что только путемъ принятія этихъ догматическихъ предпосылокъ объ абсолютномъ пространствѣ, времени она объясняла и давала исчерпывающую стройную картину того многообразія относительныхъ движеній, которыя мы наблюдаемъ въ мірѣ. Чтобы исчислить, напр., скорость поѣзда, мы должны принять насыпь, по которой поѣздъ движется, за неподвижную галилеевскую систему. Мы отмѣчаемъ на этой насыпи двѣ точки — отправную и точку прибытія, измѣряемъ расстояние между точкой отправленія А и точкой прибытія В масштабомъ, дѣлимъ это расстояние w на время t , которое поѣздъ былъ въ ходу и получаемъ искомую скорость движенія:
$$v = \frac{w}{t}$$
 По

насыпи мы принимаемъ за неподвижную систему, не считаемся съ движеніемъ земли и создаемъ, такимъ образомъ, фикцію абсолютнаго покоя. Такую же фикцію абсолютнаго покоя классическая механика создавала для относительнаго движенія небесныхъ тѣлъ въ лицѣ абсолютнаго пространства, времени. Чтобы опредѣлить измѣнчивость, разнообразіе относительныхъ движеній различныхъ планетъ и кометъ, ньютонново-галилеевская механика цуждалась въ какомъ либо неизмѣнномъ началѣ, и это неизмѣнное начало она находила въ абсолютномъ характерѣ времени и пространства.

Конечно, и классическая механика знала и учитывала относительный характеръ движенія различныхъ системъ, которому она давала теоретическое выраженіе въ классическомъ принципѣ относительности. Согласно этому принципу мы не можемъ съ очевидностью обнаружить движеніе «въ себѣ» и отличить его отъ абсолютнаго «покоя». Мы можемъ только установить *относительный* характеръ прямолинейнаго, равномернаго движенія двухъ системъ, опредѣлить скорость перемѣщенія этихъ системъ другъ относительно друга и выразить ее въ абсолютныхъ единицахъ пройденнаго пути, дѣленныхъ на то или другое число абсолютныхъ, повсюду равныхъ себѣ единицъ времени. Такъ какъ физическія событія происходятъ совершенно одинаково, по тѣмъ же механическимъ законамъ на всѣхъ системахъ прямолинейнаго, равномернаго движенія, то для описанія этого рода движеній совершенно безразлично, какую изъ двухъ движущихся системъ мы приняли

за условно-покоящуюся галилеевскую систему и какую за движущуюся. Но и въ томъ, и въ другомъ случаѣ, классическій принципъ относительности не измѣняетъ абсолютнаго характера закона, по которому совершается движеніе на землѣ, на лунѣ и повсюду въ міровой системѣ. Скорости движенія могутъ быть различныя, но пространство и время будутъ измѣряться одними и тѣми же единицами мѣры, гдѣ бы наблюдатели ни находились.

Метръ остается всюду метромъ — на землѣ, на Юпитерѣ, на Сатурнѣ; часъ остается часомъ, перенесемся ли мы на Марсъ или на луну.

Махъ подрылся подъ теоретико-познавательныя предпосылки этихъ абсолютныхъ утвержденій. Такъ какъ время и пространство опредѣляются путемъ сравненій съ другой величиной, которую мы выбираемъ условно, то получаемыя нами мѣры пространства и времени — относительныя мѣры, практически полезныя и общезобязательныя для *всѣхъ* наблюдателей данной системы движенія. Для марсианъ, если таковыя есть, существуетъ свой годъ. Мы, земные обитатели, исчислимъ ихъ годъ въ 59 миллионновъ секундъ, т. е. почти въ 2 года земнаго счисленія, и перенесимъ мы на Марсъ съ нашими чувственными воспріятіями времени, мы бы нашли, что время тамъ «течетъ» очень медленно. Еще медленнѣе и тягучѣе оно было бы для насъ на Юпитерѣ, гдѣ одинъ годъ равняется 12-ти земнымъ годамъ.

Зданіе классической механики поколебалось отъ дѣйствія этихъ доводовъ Маха въ пользу относительности всякаго познанія, но догматики физики находили еще утѣшеніе въ томъ, что при помощи однихъ теоретико-познавательныхъ соображеній нельзя перестроить всего зданія науки. Въ скептическихъ умственныхъ блужданіяхъ Маха они видѣли характерное проявленіе релятивистическаго духа, захватившаго искусство, философію и даже науку, въ концѣ XIX вѣка, и надѣялись защитить старыми испытанными логическими средствами доведенія до абсурда пытадель абсолютной догмы — науку, пока А. Эйнштейнъ въ 1905 году принятіемъ постулата о постоянствѣ скорости распространенія свѣта въ безвоздушномъ пространствѣ не пришелъ къ относительности результатовъ нашихъ измѣреній пространства и времени, въ за-

всисмости отъ того, съ какою изъ двухъ равномерно и прямолинейно другъ относительно друга движущихся системъ производится наблюдение. Вслѣдствіи, отказавшись отъ постулата о постоянствѣ скорости распространения свѣта въ полѣ тяготѣнія (1911), онъ распространилъ свой принципъ относительности на весь міръ движеній (1916).

7. Недоразумѣнія, часто связываемыя съ теоріей Einstein'a.

И тутъ прежде всего слѣдуетъ устранить нѣкоторыя ложныя толкованія, которыя часто вносятся въ теорію Einstein'a. Само собою разумѣется, что надо строго ограничить его теорію относительности отъ той относительности, съ которой связаны наши наблюдения и физическіе опыты, вслѣдствіе несовершенства нашихъ приборовъ и ограниченности средствъ, которыми человекъ располагаетъ для познанія природы. Ошибки наблюденія и связанная съ ними относительная точность результатовъ опытовъ не имѣютъ ничего общаго съ теоріей относительности Einstein'a.

Съ другой стороны, эта теорія не представляетъ ни малѣйшихъ симптомовъ проявленія релятивистическаго философскаго духа. Меньше всего можно связать эту теорію съ метафизическими и мистическими теченіями философской мысли конца XIX и начала XX столѣтія. Даже тогда, когда Einstein говорить о «психологической естественности избраннаго имъ пути», надо принять его слова *cum grano salis*. Einstein прежде всего эмпирикъ. *Beobachtbare Tatsache*, опытъ, факты наблюденія стоятъ для него въ началѣ и въ концѣ добросовѣстнаго научнаго изслѣдованія. Этотъ опытъ и наблюденія могутъ опровергнуть для него самую блестящую и строго научно-обставленную и обоснованную гипотезу. «Законъ причинности получаетъ лишь тогда смыслъ высказыванія объ опытномъ мірѣ, когда въ качествѣ причинъ и слѣдствій выступаютъ въ по лѣднемъ счетъ только факты, поддающіеся наблюденію». (*Das Relativitätsprinzip*, 4-te Aufl., 82). Въ этомъ утвержденіи какъ будто сказывается явленіе Юма, но Einstein никогда вамъ не поднишется подъ слѣдующимъ теоретико познавательнымъ выводомъ вѣзкаго англійскаго мыслителя: «Каждое

дѣйствіе отличается отъ своей причины; оно, следовательно, не можетъ быть найдено въ послѣдней, и всякое изображеніе или анріорное представленіе ея должно остаться волией произвольнымъ.»
Закономѣрность явленій природы, хотя бы и устанавливаемая опытомъ, для Einstein'a не подлежитъ ни малѣйшему сомнѣнію, и введенный имъ принципъ специальной относительности возникъ для него прежде всего изъ необходимости включенія въ общую дѣльн закономѣрности повѣвшихъ научныхъ завоеваній въ области оптики и электромагнетизма.

8. Абсолютный и гетерогенный характеръ времени и пространства по классической механикѣ.

Классическая механика исходила изъ положенія, что отрезкамъ пространства соответствуетъ всегда опредѣленная величина, независимо отъ пересѣченія матеріальныхъ точекъ движущихся системъ. Измѣряемъ ли мы пространство на пачьяхъ, въ стоящемъ неподвижно или движущемъ вѣздѣ, мы во вѣхъ случаяхъ должны, по классической механикѣ, прійти къ одному и тому же результату, свидѣтельствующему объ абсолютномъ характерѣ пространства. Мѣръю новеюю остается мѣромъ. Точно такъ же интерваламъ времени, по классической механикѣ, соответствуетъ неизмѣнная величина, наблюдаемъ ли мы показанія стрѣлокъ часовъ въ неподвижной системѣ или въ движущейся по отношенію къ нашему пункту наблюденія съ равномерной и прямолинейной скоростью системѣ. И хотя каждый изъ насъ отлично знаетъ, что нельзя себѣ представить опредѣленнаго мѣста, не представивши его себѣ въ опредѣленное время, этиль временнымъ и пространственнымъ интерваламъ придавалось классической механикой не только абсолютное неизмѣнное математическое значеніе, но и самое гольдѣнное бытіе.

Для пространства имѣли силу положенія эвклидовой геометріи. Точное положеніе точки въ пространствѣ опредѣлялось путемъ пересѣченія трехъ перпендикулярныхъ другъ къ другу плоскостей (картезианскія координаты). Бези положеніе точки въ пространствѣ измѣнялось, то достаточно было измѣрить отдаленіе ея отъ

этихъ трехъ плоскостей, чтобы получить абсолютную неизмѣнную величину для части пространства, на которую точка перемѣщается.

Когда классическая механика при схематизаціи и описаніи движеній перешла отъ условнаго покоя, отъ различныхъ положеній точки въ пространствѣ къ прямолинейному и равномерному движенію, она ввела новый самостоятельный и независимый отъ пространства элементъ — время, и всѣ показанія времени носили для нея абсолютный характеръ, точно они отмѣчались на мировыхъ неизмѣняемыхъ часахъ, идущихъ съ одинаковой быстротой повсюду, куда бы вы ни перемѣстали.

9. Классическая теорема сложения скоростей.

Изъ абсолютнаго характера промежутковъ пространства и пречемъ выводился, какъ мы видѣли выше, классическій принципъ относительности и вытекающая изъ него классическая теорема сложения или вычитанія скоростей. Классическій принципъ относительности требуетъ, чтобы законы, по которымъ совершаются физическія явленія, были одинаковы, съ какой системы движенія они ни наблюдались бы. Судимъ ли мы, напр., о прямолинейномъ и равномерномъ полетѣ птицы съ насыпи или изъ движущагося поѣзда, онъ совершается въ одномъ и другомъ случаѣ по однимъ и тѣмъ же законамъ, прямолинейно и равномерно, измѣняется только относительная скорость и направленіе движенія для той или другой системы наблюденія.

Изъ классическаго принципа относительности выводилась классическая теорема сложения скоростей. Поясимъ это на примѣрѣ. Поѣздъ движется равномерно и прямолинейно по насыпи АВ со скоростью 30 кил. въ часъ по отношенію къ насыпи. По классическому принципу относительности, мы съ такихъ же основаній можемъ сказать, что насыпь «идетъ» отъ поѣзда въ противоположную сторону съ той же скоростью. Пусть въ этомъ поѣздѣ человекъ подвигается впередъ со скоростью 4 кил. въ часъ, скорость передвиженія человека по отношенію къ поѣзду будетъ 4, по отношенію къ насыпи $30 + 4 = 34$ кил. въ часъ.

Таким образом, положеніе точки въ пространствѣ — въ данномъ случаѣ человѣка — мы опредѣляемъ по отношенію къ той или другой произвольно избранной системѣ сравненія; точно такъ же направленіе и скорость движенія могутъ быть опредѣлены относительно. Представимъ себѣ только *одно* тѣло въ пространствѣ и мы никогда не сможемъ опредѣлить, находится ли оно въ покоѣ или въ движеніи.

Пока мы оперируемъ съ малыми величинами на землѣ, мы примираемся съ фикціей относительно покоящейся, такъ называемой галилеевской системы, избираемъ ее какъ абсолютно покоящееся тѣло и къ нему сводимъ всѣ относительныя движенія. Мы, такимъ образомъ, спасаемъ абсолютный характеръ времени и пространства. Если не учесть движенія насъ, вслѣдствіе движенія земли, то мы съ абсолютной точностью можемъ опредѣлить и измѣрять пространство, пройденное человѣкомъ въ поѣздѣ по отношенію, къ поѣзду, и разстояніе, на которое онъ перенесся по отношенію къ насыпи, благодаря тому, что къ его скорости передвиженія прибавилась скорость поѣзда, т. е., здѣсь найдеть себѣ полное примѣненіе классической принципъ относительности и классическая теорема сложения скоростей.

Но законы пьютоновской механики и всѣ вычисленія, на которыхъ основаны эти законы, носятъ характеръ перваго приближенія къ описанію движеній, дѣйствительно происходящихъ въ природѣ.

10. Классическій принципъ относительности не оправдывается на оптическихъ и электро - магнитныхъ явленіяхъ.

Что значить измѣрять? Измѣрять значить сравнивать одну величину съ другой, принятой за постоянную неизмѣнную единицу. Предразсудки классической механики находили эту неизмѣнность въ «абсолютномъ» характерѣ пространственныхъ и временныхъ интерваловъ. Этотъ абсолютный характеръ, по классическому принципу относительности, долженъ былъ бы проявиться повсюду, съ какой системой движенія мы бы ни производили наши опыты. Между тѣмъ, оптическія и электромагнитныя явленія не

подчинялись классическому принципу относительности. Michelson и Morley не получили классической теоремы сложения скоростей при своихъ опытахъ со свѣтомъ.

До Einstein'a теорія движенія создавала какъ бы одну преимущественную галилеевскую систему, взвѣшенную въ абсолютно покоящемся эфирѣ. Для этой системы имѣли силу простые законы классической механики съ ихъ принципомъ классической относительности и теоремой сложения скоростей. Движенія всѣхъ другихъ системъ исчислялись по отношенію къ этой фикціи — системѣ и получавшіеся при этомъ сложные законы движенія въ области оптическихъ и электро-магнитныхъ явленій находили себѣ искусственное объясненіе въ «эфирномъ вѣтрѣ», который вліялъ якобы на движеніе этихъ системъ такъ же, какъ теченіе замедляетъ или ускоряетъ движеніе пловца. Когда Michelson и Morley попытались обнаружить этотъ эфирный вѣтеръ на опытъ, они пришли, къ великому своему смущенію, къ отрицательнымъ результатамъ. Свѣтъ повсюду распространялся съ одной и той же скоростью, пускали ли его въ направленіи движенія земли или перпендикулярно къ линіи движенія. Интерференція свѣтовыхъ лучей, которая свидѣтельствовала бы о вліяніи движенія земли на скорость распространенія свѣта, не получалась. Свѣтъ велъ себя какъ абсолютъ, для котораго законы классической механики съ ея теоремой сложения скоростей не писаны. Положеніе получалось очень запутанное. Съ одной стороны теоретическія изысканія Н. А. Lorentz'a въ области электро-динамическихъ и оптическихъ явленій привели къ необходимости принятія скорости распространенія свѣта въ безвоздушномъ пространствѣ за постоянную величину. Съ другой стороны классическій принципъ относительности, по которому законы, дѣйствительные для одной системы движенія, должны сохранять свою силу и для другой системы, удовлетворялъ не только теоретико-познавательнымъ требованіямъ простоты и закономѣрной естественности, но и практическимъ условіямъ движенія небесныхъ тѣлъ съ ничтожными, правда, отклоненіями. Опытъ Michelson'a и Morley'я мирился съ изысканіями Н. А. Lorentz'a, но нарушалъ классическій принципъ относительности. Надо было пожертвовать либо опытомъ, фактами, либо принципомъ.

И тутъ Einstein смѣлымъ поворотомъ мысли показала, что можно удержать равновѣсіе между этими двумя крайностями, приспособить теорію къ опыту. Если опытъ опровергаетъ принципъ, то надо до тѣхъ поръ пластически, такъ сказать, взвѣшивать принципъ, пока въ него не войдетъ цѣлкомъ опытъ со всеми своими измѣнами, развѣтвленіями и казупримся противорѣчіями. Если изъ сложенія или вычитанія двухъ скоростей получаемъ опытнымъ путемъ постоянную величину — скорость распространенія свѣта, то нельзя ли эту скорость принять за ту неподвижную неизмѣнную скалу въ нанесеннымъ разъ навсегда дѣленіями, которую мы можемъ погрузить въ потокъ прямолинейныхъ равновѣрныхъ движеній? Не можемъ ли мы такимъ способомъ зафиксировать и математически исчислить соотносительность движеній и найти законъ — теорію, который включилъ бы въ себя и исчерпалъ бы безъ остатка, и безъ необходимости въ вспомогательныхъ гипотезахъ для свѣтовыхъ и электро-магнитныхъ явленій, все богатство соотносительныхъ прямолинейныхъ и равновѣрныхъ движеній. Но, придать скорости свѣта абсолютный характеръ, Einstein по необходимости долженъ былъ прийти къ относительности временныхъ и пространственныхъ интерваловъ.

11. Классическая теорема сложения скоростей ведетъ къ неприемлемымъ противорѣчіямъ при примененіи къ свѣту.

Чтобы выяснитъ это наглядно, представимъ себѣ совершенно фантастическій случай. А посылаетъ лучъ въ пространство, который пролетаетъ въ 1 секунду 1.2 милл. кил. Въ тѣ же 4 секунды В уносится въ надзвѣздные края въ томъ же направленіи на 100 тыс. кил. и находится, следовательно, черезъ 4 секунды въ разстояніи 800 тыс. кил. отъ головной части свѣтовой волны. Это же самое разстояніе установить, по классическому принципу относительности, и наблюдатель А. Для А лучъ свѣта пробѣжалъ 1.2 милл. кил. въ 1 секунду, т. е., 300 тыс. кил. въ секунду, для В тотъ же лучъ свѣта достигъ той же точки въ 4 секунды, но прошелъ разстояніе 800 тыс. кил., что дѣленное на 4 даетъ скорость свѣта лишь въ 200 тыс. кил. въ секунду. Но мы себѣ мо-

Ждемъ представить дѣло и иначе. То не В, который летитъ въ направлении свѣта, а А, который удаляется отъ В. По истеченіи 3 секунды отъ начала опыта В находитъ голову свѣтовой волны въ разстояніи 900 тыс. км. и въ это же время констатируетъ, что А удаленъ отъ него въ другую сторону на 300 тыс. км., следовательно, находится отъ головной части свѣтовой волны въ разстояніи 1,2 мил. км. Теперь В найдетъ установленную опитомъ скорость свѣта въ 300 тыс. км. въ секунду, а для А онъ придетъ къ большей величинѣ (1,2 мил. км.: 3 = 400 тыс. км.). Мы получаемъ, такимъ образомъ, равныя величины для скорости распространенія свѣта, что противорѣчитъ опыту.

Принципъ специальной относительности Einstein'a и требуетъ, чтобы А и В измѣрили время такими часами, показанія стрѣлокъ которыхъ бы не совпадали. Если А во второмъ случаѣ считаетъ на своихъ часахъ 4 секунды въ то время, какъ В отмѣрилъ только 3 секунды, то для А 1,2 мил. на 4 дастъ тѣ же 300 тыс. км. сек., что для В 900 тыс.: 3. Мы релятивизируемъ время, лишая одновременность двухъ событій того абсолютнаго значенія, которое она имѣла въ классической механикѣ.

12. Принципъ относительности одновременности.

До сихъ поръ мы знали или предполагали, что знаемъ, что такое одновременность двухъ событій. Такъ какъ мы времени до Einstein'a приписали абсолютный характеръ и течение времени считали независящимъ отъ того, съ какою системою произволится измѣреніе, то всѣ часы для насъ или «одинаково быстро», находившея ли мы въ покоящейся или въ движущейся системѣ. А Einstein устанавливаетъ опытнымъ путемъ слѣдующее опредѣленіе одновременности. Наблюстены, находящійся ровно посрединѣ въ установленной измѣряемой точкѣ М какой-нибудь неподвижной системы АВ, можетъ считать свѣтовые сигналы, получаемые съ кончаныхъ точекъ этой системы, одновременными, если онъ могъ ихъ одновременно оптически зафиксировать. Пусть теперь другой наблюдатель М' передвигается съ постоянной скоростью v на движущейся системѣ отъ наблюдателя М въ направленіи точки В. Онъ воспри-

четь раньше свѣтовой сигналъ изъ точки В, къ которой онъ приближается, чѣмъ изъ точки А, отъ которой онъ удалился. Событія, которыя для одной системы — для М на насши — были одновременными, окажутся по отношенію къ М' не одновременными и наоборотъ. Такъ устанавливается принципъ *относительности одновременности*, по которому каждая движущаяся система имѣетъ свою одновременность и, слѣдовательно, свое особенное время.

13. Міръ четырехъ измѣреній Минковского.

Одновременность событій для двухъ наблюдателей М и М' можно было бы констатировать только въ томъ случай, если бы точка М' совпала съ точкой М, т. е. въ сущности лишь тогда, когда мы искусственно остановили бы время и получили полное совпаденіе двухъ мировыхъ точекъ и событій, но какъ только одна система будетъ передвигаться по отношенію къ другой даже съ минимальной скоростью v по сравненію со скоростью свѣта c , мы переходимъ изъ міра искусственнаго становленія въ пространствѣ въ міръ физическихъ явленій: благодаря движенію, къ тремъ обычнымъ координатамъ, которыми мы опредѣляемъ положеніе точки въ пространствѣ, прибавляется четвертая — время. Изъ евклидоваго міра трехъ измѣреній, надъ которымъ какъ бы витало до сихъ поръ независимое время въ видѣ какого-то фантома, самостоятельнаго абсолюта, мы попадаемъ въ міръ четырехъ измѣреній, по терминологіи Минковского, гдѣ время и пространство, каждое въ отдѣльности, стали тѣлами, и лишь своего рода унія между тѣмъ и другимъ сохранила самостоятельное значеніе (H. Minkowski: Raum und Zeit въ сборн. Das Relativitätsprinzip 54). Изъ міра искусственнаго становленія во времени пространственныхъ явленій, мы переходимъ въ міръ физическаго бытія съ его мировыми линиями, гдѣ сразу нанесены событія — прошедшія и будущія въ пространствѣ и времени. Пространство и время отнынѣ крѣпко и неразрывно связаны въ постулатѣ относительности, какъ его называетъ Einstein, или въ мировомъ постулатѣ, какъ предпочтительно характеризуетъ эту неразрывную связь Минковский.

14. Относительный характеръ временныхъ интерваловъ.

Одновременность въ мірѣ физическаго бытія, гдѣ все движеніе, получаетъ относительный характеръ. Событія, которыя наблюдатель зафиксировалъ одновременно, могли произойти въ разное время, выяснитъ точно время какого-нибудь событія не значить еще опредѣлить его исчерпывающимъ образомъ даже въ смыслѣ времени. Отнынѣ надо точно опредѣлить положеніе въ пространствѣ системы въ тѣ или другіе моменты и взаимную связь, функциональную зависимость между временами и пространствами на одной и на другой системѣ, при чемъ времена на разныхъ системахъ будутъ протекать различно въ зависимости отъ соотносительной скорости движенія двухъ системъ. Если бы мы, напр., измѣрили время на экваторѣ и на полюсѣ земнаго шара, то получили бы различные результаты: на экваторѣ часы шли бы, правда, незначительно медленнѣе, но все-таки не такъ быстро, какъ на полюсѣ.

Если бы можно было придумать такое приспособленіе, которое позволило бы моментально переключать часы съ одной системы на другую, то мы бы обнаружили, что часы по переключеніи на движущіяся системы начали бы отставать и тѣмъ больше отставать чѣмъ скорѣе движеніе. Если часы, положимъ, съ одной движущейся системой отодвинулись въ отдаленный пунктъ неподвижной системы К, а съ другой вернулись обратно къ нулевому пункту той же системы К, то мы по свѣркѣ часовъ на движущихся системахъ найдемъ, что они и въ томъ, и въ другомъ случаѣ отстаютъ отъ часовъ неподвижной системы К.

Возьмемъ вмѣсто часовъ путешественника, который отправился на другую планету. По возвращеніи домой онъ долженъ констатировать, что на его часахъ прошло меньше времени, чѣмъ на часахъ его родныхъ, оставшихся дома, точно онъ отъ путешествія - движенія сталъ моложе.

15. Относительный характеръ пространства.

Но благодаря функциональной зависимости пространственныхъ стрѣлковъ отъ времени, и форма тѣла для наблюдателя неподвижной системы К измѣняется, сжимается въ направленіи при-

коллинейного, равномерного поступательного движения и темъ больше укорачивается, чѣмъ быстрее движение одной системы относительно другой, такъ что шаръ, діаметромъ въ 1200 единицъ длины, двигающійся равномерно и поступательно со скоростью $v = 180$, превращается для наблюдателя K неподвижной системы, при скорости свѣта $C = 300$, въ вращающійся вокруг своей длинной оси въ 120 единицъ эллипсоидъ со сжатымъ укороченнымъ діаметромъ въ направленіи движенія въ 960 единицъ. Этотъ результатъ вполне совпадаетъ съ данными теоріи электроновъ Н. А. Lorentz'a. Электроны — эти маленькія аналоги солнца системы, эти микроскопическіе движущіея міры концентрированной энергии, — деформируются по тому же закону относительности, согласно новейшимъ научнымъ изысканіямъ Н. А. Lorentz'a и Fitzgerald'a.

Представимъ себѣ, что мы проконтролированную въ неподвижной системѣ K мѣру длины — метръ что ли — передали физиду, находящемуся на движущейся системѣ. Этотъ наблюдатель укладываетъ его по линіи движенія въ своей системѣ опредѣленное число разъ. Если теперь K пэмѣритъ снова длину этого самого метра и на движущейся системѣ, то найдетъ, что метръ сталъ короче и темъ больше укоротился для K , чѣмъ быстрее движеніе системы сравненія.

Находясь на одной системѣ, мы, конечно, не можемъ констатировать укороченія масштабовъ, отставанія часовъ. Оттого провозгла неутача, и свидѣан при нихъ опытахъ Michelson'a и Morley'я. Тамъ же какъ и въ времени и пространства «въ себѣ», и въ движенія «въ себѣ». Движеніе земли на землѣ же Michelson'у и Morley'ю не удалось обнаружить своимъ опытомъ, но будь то не земные физики, а наблюдатели на солнцѣ, они вѣроятно констатировали бы укороченіе зеркальной конструкции Michelson'a и Morley'я въ зависимости отъ того, что изъ скорости свѣта имъ пришлось бы вычесть скорость движенія земли.

16. Теорема сложения скоростей А. Einstein'a.

Итакъ, въ физикѣ надо покончить съ понятіемъ абсолютнаго времени, отмѣряемаго на общихъ для всѣхъ системъ мировыхъ

часахъ, такъ же какъ надо отказаться отъ абсолютнаго характера пространства. Въ мірѣ измѣняемыхъ движеній, которыя физикъ хочетъ измѣрить во времени и пространствѣ, есть, одна безконечно большая, неизмѣнная величина — скорость распространенія свѣта въ безвоздушномъ пространствѣ, которую наблюдатель можетъ принять за истинный абсолютъ въ этомъ потокѣ взаимныхъ сдвигаемыхъ часовъ, укорачиваній масштабовъ. Только принятіемъ скорости распространенія свѣта за постоянную величину Einstein'у удалось перебросить мостъ между движущимися другъ относительно друга съ прямолинейной, равномерной скоростью системами. Если дано время t и пространство x одного какого-нибудь физическаго событія, то, зная связующую двѣ системы трансформацию или, другими словами, функциональную зависимость системы K , въ которой совершилось это событіе, отъ другой системы K' движущейся по отношенію къ первой со скоростью v , можно вычислить время t' и пространство x' другого физическаго событія на системѣ K' .

Знаменитая теорема сложения скоростей, которую Einstein вводитъ вмѣстѣ классической, представляетъ ту парадоксальную для не математиковъ особенность, что въ ней отъ сложения скорости свѣта и скорости движенія системы получается та же скорость свѣта, т. е., находитъ полное теоретическое оправданіе опыту Michelson'a и Morley'я. Скорость свѣта здѣсь играетъ роль предѣльной величины, такъ какъ она не можетъ быть превзойдена сложениемъ какихъ бы то ни было большихъ скоростей. Ее можно сравнить съ безконечной величиной въ математикѣ: прибавь или убавь отъ безконечности что угодно, получится та же безконечность. Какъ для установленія скалы термометровъ температура замерзанія и кипѣнія воды играетъ роль двухъ абсолютовъ, такъ и для Einstein'a скорость свѣта сыграла роль неизмѣннаго начала, къ которому онъ могъ свести все конечныя прямолинейныя и равномерныя относительныя скорости движенія. Свѣтъ получаетъ значеніе грандиозной скалы, погруженной въ многообразіе движеній. Точка замерзанія, нулю градусовъ на скалѣ соответствуетъ нуль времени, «абсолютный покой»: точка кипѣнія — предѣльная скорость движенія свѣта, до которой иногда не доходятъ

скорости системъ сравненія. И въ виду предѣльнаго характера скорости свѣта получается, дѣйствительно, шбчто вродѣ мировыхъ часовъ, съ которыми мы можемъ сравнить конечныя разнообразія временъ и разстояній на самыхъ различныхъ системахъ прямолинейнаго равномернаго движенія.

17. Einstein отказывается отъ абсолютнаго характера скорости свѣта.

Einstein напелъ въ скорости свѣта точку опоры, которая позволила ему повернуть и сдвинуть съ мѣста весь мїръ нашихъ представлений о времени и пространствѣ. Но я думаю, что отъ творца теоріи специальной относительности съ самаго начала не укрылся характеръ фикціи, который вносила эта предѣльная скорость въ его построенія теоріи движенія. И не только стремленіе къ наиболѣе возможно болѣе широкому обобщенію законовъ движенія, не только стремленіе найти законъ, который обнялъ бы всякаго рода движенія, — движенія съ ускореніемъ, движенія въ полѣ тяготѣнія, — руководило Einstein'омъ, когда онъ отъ своей специальной теоріи относительности перешелъ къ общей теоріи относительности. Ему надобно было вытравить, такъ сказать, послѣдніе остатки «абсолютизма», всякаго рода фикцій изъ нашихъ представлений о природѣ. Не отъ того ли тайны природы остаются для насъ впечатаннными за семью замками, что мы слишкомъ рано усюкаиваемся, останавливаемся на какомъ-нибудь абсолютѣ, на какой-нибудь *Festsetzung*, по выраженію строгихъ догматиковъ физики, и изъ этого абсолюта выводимъ затѣмъ логически всѣ наши воззрѣнія на природу? Не является ли это стремленіе къ абсолюту антропоморфическимъ шлакомъ, засоряющимъ чистыя лоходы нашего опыта? Не иразднуеть ли здѣсь побѣду злѣйшій брэгъ всякаго знанія до конца — специфическій релятивизмъ?

Но во имя всеобъемлющей догмы, предписывающей законы въ природѣ, выступилъ Einstein со своей общей теоріей относительности, а во имя всеобъемлющаго опыта. Его законъ общей сопереѣвности (*allgemeine Kovarianz*) преслѣдуетъ цѣль нахожденія такого гибкаго всеобъемлющаго принципа, который позво-

лишь бы описать всё роды движенія небесныхъ тѣлъ. Въ этой теоріи онъ отказывается даже отъ того хрупкаго мостика, — постоянной величины скорости распространенія свѣта, — на котромъ онъ перебрался въ страну относительности времени и пространства *). Только придавъ этой величинѣ характеръ предѣльной скорости, можно оперировать ею въ условіяхъ измѣнчивости скоростей и движеній небесныхъ тѣлъ. Въдь въ концѣ концовъ надо признать, что, принимая за масштабъ скорость свѣта въ 300 кил./сек., мы вращаемся какъ бы въ порочномъ кругу. Мы придаемъ определенное значеніе километру и секундѣ и потомъ прикидываемъ этотъ масштабъ къ измѣнчивымъ отрѣзкамъ времени и пространствъ движущихся системъ. Для малыхъ величинъ, въ предѣлахъ земныхъ скоростей этотъ приемъ еще годится, но въ механикѣ небесныхъ движеній, гдѣ прибавляется новый факторъ — тяготѣніе, надо отказаться отъ послѣднихъ признаковъ субстанціональной определенности нашихъ земныхъ масштабовъ.

18. Общая сопережтмость.

Отнынѣ двумя интерваламъ времени или пространства не отвѣчаетъ определенная величина даже на одной системѣ движенія. Мы переходимъ въ царство общей и непрерывной сопережтмости, гдѣ единственную определенность получаютъ моментальныя совпаденія (коинциденція) пространственно временныхъ точекъ различныхъ системъ движенія. На всю природу какъ бы накинута сѣть произвольно избранныхъ пространственныхъ координатъ съ произвольно идущими часами и по совпаденіямъ точекъ, путемъ сложныхъ вычисленій, которыя даже не всякому математику подь силу, путемъ введенія всѣхъ этихъ векторовъ, тензоровъ первого и второго порядка, многочисленныхъ компонентовъ, дается исчерпывающее описаніе всѣхъ родовъ движенія въ небесныхъ сферахъ.

Присматриваясь къ механикѣ міровыхъ движеній, мы склон-

*) См. А. Einstein: Ueber den Einfluss der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes въ вышеупомянутомъ сборникѣ Das Relativitätsprinzip, S. 72 — 80.

них часто упрощать и объединять все неизмеримое музыкальное богатство ритмов, которые скандирует природа. Н. Poincaré находит, что именно из этой экономической потребности научного мышления в упрощении родились наши понятия об абсолютном характере времени и пространства. Предоставляя себе полную свободу в творчестве, человек стремится как бы ограничить природу в ее творческих прелесть, творческом произволе и ввести ее в строгие рамки выраженного с элементарной простотой закона. Между тем, опять взгляды на звездное небо должны были бы нас убедить, что ритмы небесных движений не укладываются в простые формулы.

Как описать это безконечное разнообразие форм и орбит небесных тел? Тут может помочь только гениальная интуиция художника-ученого, который по двум-трем частям необыкновенно сложного механизма небесных движений уловит все неисчерпаемое богатство ритмов мировых движений и даст ему выражение в научном принципе. Этот принцип не должен быть едина всесообщающей правдивой догмой. «Из одного и тому же комплексу фактов, опытов, можно подвести несколько теорий, которые значительно отличаются друг от друга». «Свое оправдание теория черпает в том, что она связывает большее число отдельных опытов; в этом заключается ее «истина». (Ueber die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie, Gemeinverständlich von A. Einstein, 12-te Aufl., 84) Напомним Einstein берет здесь слово «истина» в кавычки. Тут подвергается сомнению возможность пользования «вечными» шаблонами при описании природы и постулируется гибкая гибкая принцип, неворотливость научной мысли, подход к природе с самых неожиданных сторон, пользование даже научным парадоксом для достижения своих целей.

12. Проблема трех тел.

Старая физика уже знала проблему трех тел. Представляют себе два небесных светила, которые настолько удалены взаимно, что не могут влиять друг на друга. Оба тела вра-

даются вокругъ своей оси. Если мы видимъ, что одно изъ тѣлъ имѣеть шаровидную форму, а другое — форму эллипсоида, то мы должны искать причину разнообразія этихъ формъ *въ* этихъ двухъ тѣлахъ. Гдѣ то реальное нѣчто, спрашиваетъ себя физикъ, которое вліяетъ на различіе движенія двухъ системъ? Ньютоновская механика и' основанная на ней теорія уклоненія небесныхъ тѣлъ отъ своихъ орбитъ, теорія возмущеній (*Störungstheorie*) не могла дать на этотъ вопросъ удовлетворительный отвѣтъ. Махъ первый вскрылъ этотъ недостатокъ и указалъ на непрочность того теоретико-познавательнаго фундамента, на которомъ держится классическая механика. но только Einstein'у дано было притти къ теоріи общей относительности и дать исчерывающее объясненіе разнообразію формъ и движеній небесныхъ тѣлъ. Основанная на этомъ принявъ формулы имѣють силу для всякой наблюдательной системы, въ какомъ бы состояніи движенія она ни находилась.

Въ основѣ теоріи общей относительности лежитъ слѣдующій постулатъ: законы физики должны быть такъ составлены, чтобы они имѣли силу для любой системы съ любымъ движеніемъ. При описаніи природы движеній не можетъ быть отдано преимущество одной системѣ предъ другой. Если какая-нибудь система «капризничаетъ», то надо установить зависимость этого уклоненія орбиты отъ состоянія движенія другихъ системъ и причиной такого уклоненія можетъ быть только *фактъ, поддающийся наблюденію*.

20. *Всемирное тяготѣніе и общая теорія относительности.*

Если специальная теорія относительности требуетъ большой ломки въ нашихъ привычныхъ воззрѣніяхъ на природу пространства и времени, то еще больше переворачиваетъ наши понятія о природѣ движеній общая теорія относительности. Наглядно, хотя и въ грубыхъ чертахъ, эту теорію можно описать слѣдующимъ образомъ.

Представимъ себѣ, что мы находимся на пароходѣ. Пока онъ держится неподвижно на водѣ или движется на океанѣ прямолинейно и равноуѣрно, мы можемъ на немъ производить все-

возможные физическіе опыты, какъ на твердой землѣ (классическій принципъ относительности), но пусть пароходъ неожиданно остановится, мы получимъ сильный толчекъ впередъ, какой мы испытываемъ въ неожиданно заторможенномъ вагонѣ желѣзной дороги. Изъ проявившейся силы инерціи мы заключаемъ, что мы «дѣйствительно» движемся относительно земли. Такъ вводится новый факторъ — тяготѣніе, выражающійся въ ускореніи движенія. Этотъ факторъ до тѣхъ поръ не замѣчается, пока мы находимся на относительно неподвижной или находящейся въ равномерномъ прямолинейномъ движеніи системѣ. Мы словно получаемъ замкнутую систему — міръ, въ которомъ все происходитъ такъ, какъ будто бы движенія этой системы совсѣмъ не было. Мы можемъ играть на двигающемся заатлантическомъ пароходѣ, на биліардѣ или танцевать, какъ на твердой землѣ. Присутствіе поля тяготѣнія мы начинаемъ замѣчать лишь тогда, когда движеніе становится неравномернымъ. Сила инерціи, выражающаяся въ томъ, что насъ отбрасываетъ впередъ или назадъ при неожиданномъ замедленіи или ускореніи движенія системы, на которой мы находимся, можетъ найти себѣ объясненіе только во взаимодействіи всего окружающаго міра и нашей системы. *Одно единственное тѣло* не можетъ обладать силой инерціи. Причину измѣненія характера движенія, перехода его изъ равномернаго въ неравномерное мы должны искать *вне* этого тѣла точно такъ же, какъ причину того, что земной шаръ сплюснутъ въ направленіи своей оси вращенія, мы ищемъ во вліяніи на него другихъ небесныхъ тѣлъ.

Ньютоновская механика исходила изъ того положенія, что достаточно удаленныя отъ другихъ матеріальныхъ точекъ матеріальныя точки двигаются по прямой линіи равномерно или пребываютъ въ покоѣ, и этотъ законъ имѣлъ силу только для опредѣленныхъ системъ *K*, которыя находятся въ равномерномъ относительно прямолинейномъ движеніи. Такимъ образомъ создавались преимущественныя системы, для которыхъ законы природы имѣли силу, и другія системы съ неравномернымъ движеніемъ, гдѣ эти законы не имѣли силы. Задача А. Einstein'a и состояла въ томъ, чтобы ввести въ общую дѣль относительности

системы съ неравномѣрнымъ движеніемъ подѣ вліяніемъ тяготѣнія, т. е. найти такой принципъ сопережѣнности, гдѣ не только было бы принято во вниманіе относительное значеніе пространственныхъ отрѣзковъ и промежутковъ времени, въ зависимости отъ системы, съ которой производится наблюденіе, но и все разнообразіе движеній и формъ природы подѣ вліяніемъ взаимнаго притяженія и отталкиванія небесныхъ тѣлъ.

21. Многообразие физическаго опыта.

Представимъ себѣ какого-нибудь наблюдателя, снабженнаго физическими приборами и заключеннаго въ кубическую коробку — «свой міръ». До тѣхъ поръ, пока его міръ находится бы въ покоѣ или равномѣрно прямолинейномъ поступательномъ движеніи, онъ бы установилъ извѣстные намъ изъ классической физики законы паденія тѣлъ, ускоренія и т. д. Теперь вообразимъ себѣ на минуту, что весь его «міръ» съ приборами прикрѣпленъ на подобіе флюгера къ стержню и вращается помимо его вѣдома съ опредѣленной равномѣрной быстротой вокругъ этого стержня-оси. Законы паденія тѣлъ для этого вращающагося наблюдателя будутъ иные, тѣла будутъ падать по кривой линіи, плоскость колебанія маятника будетъ перемищаться какъ при опытѣ Фуко. Для этого наблюдателя возникнетъ своя наука, такъ сказать физика «навыоротъ». Долженъ ли онъ считать свою физику «истинной», а всякую другую ложной?

Когда Einstein пришелъ къ своему гениальному принципу общей относительности, онъ учелъ эти возможности своихъ «истинъ» для различныхъ наблюдателей на разныхъ системахъ движенія. Все относительно — и промежутки времени, и пространственныя отдаленія, и ускоренія движенія подѣ вліяніемъ притяженія и отталкиванія, но все эти переменныя величины связаны общими принципомъ сопережѣнности.

Общие законы природы, — говорятъ А. Einstein, — должны быть выражены въ формулахъ, уравненіяхъ, которыя действительны для всѣхъ системъ координатъ, т. е., сопережѣнны (kovariant) при любыхъ подстановкахъ (Das Relativitätsprinzip, 86).

Въ безчелочномъ разнообразіи движущихся системъ и родовъ движенія мы можемъ зафиксировать только пространственно-временныя совпаденія матеріальныхъ точекъ, и весь нашъ физическій опытъ сводится, въ сущности, къ установленію этихъ коинциденцій. Построивши міръ на колеблющейся почти четырехъ пространственно-временныхъ переменныхъ величинъ X, X, X, X , міра четырехъ измѣреній, мы придаемъ только каждому точечному событію опредѣленное значеніе и лишь благодаря пространственно-временнымъ соизаденіямъ точечныхъ событій — пересѣченію орбитъ небесныхъ тѣлъ — и функциональной зависимости всѣхъ міровыхъ движеній другъ отъ друга, закону сопеременности мы можемъ путемъ довольно сложныхъ вычисленийъ уловить ритмъ міровыхъ движеній. Вѣчно ли это повторяющийся, данный разъ навсегда ритмъ «вѣчнаго возвращенія», въ духѣ философіи Ницше. или творчески измѣняемый ритмъ чистой длительности Бергсона, кто возьмется разрѣшить эту загадку? Одно несомненно: мы можемъ отмѣтить только коинциденцій отбѣльных матеріальныхъ точекъ пространства, времени, но это все, что нужно гениальному математику. На основаніи этихъ совпаденій, которыя составляютъ какъ бы завязанные узлы огромной произвольно избранной сѣти, наклепной на природу («Гауссовы координаты»; см. *Ueber die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie, Gemeinverständlich von A. Einstein 12-te Aufl., 58-61. 64-67*), Einstein вычислялъ и отклоненіе дуга лотъ въліяніемъ поля тяготѣнія («свѣтъ обладаетъ тяжестью») и объяснилъ математически загадку, надъ которой себѣ тщетно ломали головы астрономы. — перемѣщеніе перигелія Меркурія въ 43" въ столѣтіе.

Что же въ такомъ случаѣ остается отъ абсолютнаго характера закона въ этомъ необычайно гибкомъ измѣняемомъ принципѣ? Даже не общезначительность, потому что «истина» для земнаго физика одна, а для гипотетическаго обитателя Марса другая. Характеръ прочности сохранился единственно за принципомъ всеобщей сопеременности, но говорить объ абсолютномъ характерѣ принципа относительности — это значить уже играть словами.

22. Einstein тудожникъ - мыслитель.

Этотъ еврей изъ баварскаго города Ульма — глубоко-религиозная натура и въ часы досуга охотно предается итѣи творческаго исполненія скрипичныхъ произведеній старинныхъ мастеровъ. Философы, которые стараются переманить его каждаго въ свой лагерь или, вѣрнѣе, подладить свои системы подъ его картину міроустройства, скажутъ, можетъ быть, съ снисходительной улыбкой, что Einstein — наивный реалистъ. Да, пожалуй, его умъ отличается той наивностью, той райскою непогрѣшимостью, которая видна въ природу таври, каковой она вышла изъ рукъ Творца — живой, капризной, измѣчливой. Своєю общей теоріей относительности Einstein попытается дать связь съ этой живой природою. Его научную работу можно сравнить съ муляжемъ по живой натурѣ. Природа выходитъ изъ его рукъ не мертвой мраморной глыбой, даже не раскрашенной въ «живые» цвѣта скульптурой модерниста; жива полною жизнью, она не задыхается подъ накинутаю на нее пошлую, мягкую, прозрачную какъ эфиръ тканью теорій.

Einstein имѣетъ и научныхъ противниковъ, головы которыхъ еще слишкомъ засорены догмами школьной философіи, чтобы оценить значеніе переворота въ привычкахъ научной мысли, произведеннаго этимъ гениальнымъ ученымъ. Это даже не эволюціонизмъ, которую констатируетъ мысль Einstein'a. Балансируя съ необыкновеннымъ искусствомъ между теоріей и ирраціональною дѣйствительностью, онъ всегда готовъ пожертвовать закономъ, пусть хотя бы одинъ фактъ оказался противорѣчающимъ теоріи.

Въ заключеніе нѣсколько словъ о «психологизмѣ» научнаго творчества Einstein'a. Между нами и миромъ физическихъ явленій стало сознаніе Einstein'a. Это сознаніе становится мало-помалу «сознаніемъ вообще», въ особенности съ тѣхъ поръ, какъ послѣднія наблюденія въ области астрономіи блестяще подтвердили предсказанія Einstein'a, основанныя на математическихъ вычисленияхъ. Все еще живо помнятъ результаты двухъ астрономическихъ экспедицій, снаряженныхъ Британскимъ Королевскимъ Астрономическимъ Обществомъ. Научныя наблюденія,

произведенныя во время солнечнаго затменія 29-го мая 1919 года въ Бразиліи и на островѣ Principe, съ поразительной точно-стью подтвердили исчисленное въ тѣни кабинета отклоненіе свѣтовыхъ лучей вблизи солнца на $1,7''$ подъ вліяніемъ поля тяготѣнія. Этотъ «успѣхъ» научной теоріи Einstein'a заставилъ даже многихъ яррыхъ его противниковъ сложить оружіе, онъ только не вскружилъ головы самому творцу теоріи. Пусть хотя бы одинъ изъ предсказанныхъ теоріей фактическихъ выводовъ не оправдается на опытѣ, и вся теорія должна рухнуть, какъ картонный домикъ (ср. Ueber die spezielle und allgem. Relativitätstheorie, 91). Einstein не будетъ судорожно цѣпляться за теорію, если дѣйствительность ее опровергнетъ. Чѣмъ же себя объяснить то спокойствіе, съ которымъ Einstein ожидаетъ отъ наблюденій и сложнѣйшихъ опытовъ оправданія своихъ предсказаній? Тѣмъ, что хотя дѣйствительность для него преломляется черезъ призму сознанія, строящаго теорію, но это сознаніе не есть «сознаніе вообще». Einstein'ы, увидѣвшіе тамъ, гдѣ другіе ничего не видѣли, служатъ этому самымъ блестящимъ доказательствомъ. Мыслители типа Einstein'a не стараются логически «объяснить» природу, создать стройную схему и считаютъ себя вполне удовлетворенными, когда они ее опишутъ такой, какой они ее видятъ сегодня и предвидятъ завтра. Загадки творческой интуиціи они не берутся разъяснить и глубоко равнодушны къ тому, какой словесный ярлыкъ — наивнаго реалиста или психологиста — имъ привѣсятъ поклонники «чистой догмы».

Сахъ Einstein, правда, говорятъ объ извѣстныхъ ограниченіяхъ, налагаемыхъ на теорію требованіемъ плапложности и постоянства. Но онъ признаетъ, что въ наукѣ нѣтъ мѣста единой спасающей догмѣ. «Кoinциденціи» между различными теоріями и однимъ и тѣмъ же опытомъ до того часты, что мы вправѣ себя спросить, да существуетъ ли въ самомъ дѣлѣ въ природѣ разъ навсегда данная логическая завершенность, которую мы должны только открыть... Но здѣсь мы уже переходимъ за предѣлы нашей темы, которая имѣла въ виду лишь изложить теорію Einstein'a и освѣтить философскіе пути, приведшіе къ ней.