

СЕРИЯ
СОЦИАЛЬНАЯ
ТЕОРИЯ

Peter Galison
Einstein's Clocks,
Poincaré's Maps
Empires of Time

Питер Галисон
Часы Эйнштейна,
карты Пуанкаре
Империи времени

Перевод с английского
Антонa Фомина,
Александры Котловой
под научной редакцией
Антонa Фомина

Издательский дом
Высшей школы экономики
Москва, 2022

УДК 115
ББК 87.25
Г15

ПРОЕКТ СЕРИЙНЫХ МОНОГРАФИЙ
ПО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ
И ГУМАНИТАРНЫМ НАУКАМ

Руководитель проекта АЛЕКСАНДР ПАВЛОВ

Галисон, П.

Г15 Часы Эйнштейна, карты Пуанкаре: империи времени / пер. с англ. А. Л. Фомина, А. О. Котловой; под науч. ред. А. Л. Фомина. — М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2022. — 456 с. — (Социальная теория). — 1000 экз. — ISBN 978-5-7598-1962-2 (в пер.). — ISBN 978-5-7598-2417-6 (e-book).

Книга современного американского философа и историка науки Питера Галисона знакомит читателя с тем, как на рубеже XIX–XX вв. выработывалась процедура координации часов, ставшая затем одной из опор релятивистской физики. В центре внимания автора оказываются не только теоретические рассуждения знаменитых физиков — прежде всего Эйнштейна и Пуанкаре, — но также чрезвычайно запутанный клубок разнородных интересов и практик, принадлежащих навигаторам, астрономам, железнодорожникам, военным, бизнесменам и картографам тех времен, которые позволили в чем-то проиллюстрировать, в чем-то дискредитировать, а в чем-то и предвосхитить идеи кабинетных ученых.

Книга адресована философам, историкам науки, а также широкому кругу читателей, интересующихся развитием научной мысли.

УДК 115
ББК 87.25

Опубликовано Издательским домом Высшей школы экономики
<http://id.hse.ru>

doi:10.17323/978-5-7598-1962-2

ISBN 978-5-7598-1962-2 (в пер.)
ISBN 978-5-7598-2417-6 (e-book)
ISBN 0-393-32604-7

Copyright © 2003 Peter Galison
© Перевод на русский язык.
Национальный
исследовательский
университет «Высшая
школа экономики», 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

АНТОН ФОМИН. КНИГА ПИТЕРА ГАЛИСОНА «ЧАСЫ ЭЙНШТЕЙНА, КАРТЫ ПУАНКАРЕ» В ИНТЕРЬЕРЕ ФИЛОСОФСКОЙ МЫСЛИ О ВРЕМЕНИ . . .	7
СЛОВА БЛАГОДАРНОСТИ	42
ГЛАВА 1. СИНХРОННОСТЬ	44
Времена Эйнштейна	46
Критическая опалесценция	62
Порядок аргументации	80
ГЛАВА 2. УГОЛЬ, ХАОС, КОНВЕНЦИЯ	89
Уголь	97
Хаос	107
Конвенция	124
ГЛАВА 3. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ КАРТА МИРА	134
Стандарты пространства и времени	134
Времена, поезда и телеграфы	152
Маркетинг времени	163
Метрологическое общество	171
Овременение пространства	191
Борьба за нейтралитет	212
ГЛАВА 4. КАРТЫ ПУАНКАРЕ	227
Время, разум, нация	227
Децимализация времени	234
О времени и картах	251
Экспедиция в Кито	270
Эфирное время	280
Троичная констелляция	296

ГЛАВА 5. ЧАСЫ ЭЙНШТЕЙНА	309
Материализация времени	309
Генераторы теорий	317
Патентные истины	337
Часы в первую очередь	362
Эйфелево радио	374
ГЛАВА 6. МЕСТО ВРЕМЕНИ	401
Без механики	401
Две современности	413
Смотря вверх, смотря вниз	434
БИБЛИОГРАФИЯ	443

Книга Питера Галисона «Часы Эйнштейна, карты Пуанкаре» в интерьере философской мысли о времени

Эта улица мне знакома,
И знаком этот низенький дом.
Проводов голубая солома
Опрокинулась над окном.

С.А. Есенин, 1923

В ЧЕТВЕРТОМ номере журнала «Советское фото» за 1962 г. Лидия Ивановна Дыко — именитый теоретик художественной фотографии и операторского мастерства, — разбирая работы фотолюбителей в рубрике «Поговорим о ваших снимках», обращается к фотоснимку памятника А.С. Пушкину на Тверской авторства некоего Н. Курнакова и, среди прочего, просит своего читателя задуматься над вопросом: много ли удачных ракурсов существует для фотосъемки этого объекта. Много ли ракурсов в принципе отыщется для фотографирования памятника А.С. Пушкину таким образом, чтобы выполнялось основное линейное, световое и тональное построение снимка и в кадр не попадали фрагменты рекламных щитов, фасады окружающих зданий, плафоны и декоративные элементы фонарных столбов, ветви деревьев, а также — и это, пожалуй, самое сложное — всевозможные троллейбусные, телеграфные, телефонные, антенные, силовые и прочие провода, нарушающие гармо-

ничность кадровой композиции?¹ Работа фотографа, как известно, — это в том числе поиск удачного ракурса. В данном случае, как уверяют специалисты, таких ракурсов существует всего один или два. Между тем задача, с таким трудом реализуемая во второй половине XX в., вовсе не была одинаково трудной всегда. Конечно, городское пространство каждый раз накладывает ряд искусственных ограничений на поле восприятия — трудно представить себе город без домов, деревьев, рекламных вывесок, фонарных столбов, автомобилей и т.д., — но не все они являются в одинаковой степени неотъемлемыми элементами этого пространства. Хотя XIX в. и принято называть «веком электричества», тем не менее, от написания основных теоретических работ, проведения фундаментальных экспериментов и патентования ключевых изобретений в области электродинамики до создания современной разветвленной электрической инфраструктуры прошло немало времени. Первая половина XIX в., а в глубинке и весь XIX в., знает электричество только понаслышке. Именно XX в. сделал умозрительные конструкции физиков-теоретиков чувственно-осязаемыми и общедоступными, — попутно породив особого рода трудность в практике выбора удачного ракурса фотосъемки, — радикальным образом изменив небо не только на Тверском бульваре в Москве, но и в есенинской деревне².

Сетевое видение мира³, сетевое мышление, принадлежность к сетям, в том числе или даже в первую очередь

¹ Подробнее см.: Дыко Л.П. Основы композиции в фотографии. М., 1989; Гагман Н.А. Фотографирование произведений искусства. М., 1975.

² По свидетельствам биографов С.А. Есенина, в 1923 г. поэт несколько раз бывал у себя на родине — в селе Константиново. В стихотворении «Эта улица мне знакома», первое четверостишие которого приведено в эпиграфе к данному тексту, он вспоминает родительский дом и удивляется тем изменениям, которые произошли вокруг. Электрификация рязанской деревни — один из ярких примеров случившихся перемен.

³ Сетевое видение мира (netvision (англ.), Netzvision или Netzanschauung (нем.)) — выражение, используемое в дискурсе (относительно марги-

электрическим, стали, пожалуй, одними из главных параметров идентификации сегодняшнего мира в качестве постсовременного. Существует принципиальное различие между локальным электрическим проводом, соединяющим Гёттингенскую обсерваторию с университетской лабораторией Гаусса первой половины XIX в.⁴, и мирообъемлющей сетью проводов, пересекающей моря и океаны, горы и долины, города и веси, в XX в. В какой-то момент количество совершенно отчетливо перешло в качество, превратившись из контингентного обстоятельства в серьезное эпистемологическое препятствие. В области фотоискусства глобальная паутина электрических проводов обострила эстетическое восприятие *genius loci*, придав ему новую, доселе неизвестную степень свободы; в области физической теории она обнажила концептуальные недостатки классической механики, став в конце концов катализатором выработки теории относительности. Дело в том, что на малых расстояниях релятивистские эффекты, возникающие в результате обмена электрическими сигналами, просто не были заметны, точно так же как не был заметен сиротливо висящий тоненький медный проводок на фасаде физического корпуса Гёттингенского университета. Все поменялось тогда, когда проводные соединения приобрели другие масштабы (сначала национальные, затем трансконтинентальные). Опыт создания и использования новой инфраструктуры дал знание, которое, как ни странно, не могло быть получено ни в ходе

нальном) западноевропейской и американской глобалистики, — означает одновременно и видение мира в качестве глобальной сети, и видение мира сквозь различного рода сети. В качестве одной из таких сетей может рассматриваться паутина проводов, окутавшая в XX в. всю землю.

⁴ Первое надземное проводное телеграфное соединение, протянувшееся из Гёттингенской обсерватории через отделение местной университетской больницы, аптеку, церковь Святого Иоанна в одну из лабораторий физического факультета, было создано в 1833 г. усилиями Иоганна Гаусса и Вильгельма Вебера.

тончайших лабораторных экспериментов, ни в процессе изошреннейших математических спекуляций. Это было знание, структурирующее целый конгломерат достаточно разнородных практик, косвенно связанных между собой через проблему синхронизации удаленных часов или, что то же самое, проблему определения удаленной одновременности.

Растущие амбиции великих империй второй половины XIX — начала XX в. подстегивали практическое освоение достижений электродинамики. Телеграфные провода служили здесь не только важным каналом коммуникации, позволяющим решать вопросы политического управления удаленными колониями и оперативной передачи новостной информации, но также средством приведения в порядок карт: определения точных границ территорий и пространственных координат тех или иных объектов. Картографирование «...сулило как символическое, так и практическое овладение пространством. В великом завоевании Земли середины XIX в. фиксация позиций имела решающее значение для торговли, военных кампаний, прокладывания железнодорожных путей»⁵. Обмен электрическими сигналами был положен в основу методологии решения геодезических задач. Идея была абсолютно прозрачной: зная местное время некоторого пункта В (доставляемое посредством передачи электрического сигнала), а также показания часов пункта А, в котором довелось находиться наблюдателю, *в один и тот же момент времени*, например в момент лунного покрытия определенной звезды, можно было без труда рассчитать долготное расстояние между ними или же определить их относительное местоположение на карте. Поскольку окружность Земли равна 360° , что соответствует 24 часам, для решения геодезической задачи достаточно простого вычитания одного временного показателя из другого. Их разница будет составлять разность долгот. К примеру, разнице двух

⁵ Наст. изд. С. 196–197.

временных показателей в 6 часов будет соответствовать долготное различие в 90° . Оказалось, однако, что прибытие электрического сигнала в место назначения расходилось с показаниями расчетного времени. Пустяковый, на первый взгляд, нюанс имел самые серьезные последствия для создания карт нового стандарта прецизионности: погрешность в одну секунду означала пространственную неточность в 500 метров. При передаче сигналов между двумя соседними латиноамериканскими странами в одно время погрешность достигала более 30 секунд.

Разгадка этого пространственно-временного диссонанса лежала на поверхности. Электрическому сигналу требовалось время, чтобы преодолеть необходимое расстояние. В лабораторных условиях такие задержки не могли быть обнаружены ни с точки зрения технических возможностей изучения скорости движения электронов, ни с точки зрения психологии и физиологии восприятия. Передача электрического сигнала казалась и регистрировалась в качестве мгновенной. Перенос лабораторной практики на другие масштабы позволил не просто проблематизировать мгновенность передачи электрического сигнала, но и подтолкнул к тому, чтобы задуматься, а имеется ли вообще в распоряжении человека средство для установления или верификации сто-процентной синхронности и не была ли та синхронность, которую он знал до сих пор, всего лишь неуклюжей попыткой человеческого разума распространить законы своего жизненного мира на мироздание в целом. Под сомнение, таким образом, было поставлено одно из ключевых положений теории «двух абсолютов».

Принимая абсолютное время, классическая физика делала два неявных допущения. Во-первых, предполагалась универсальная равномерность течения времени. Во-вторых, допускалась принципиальная возможность скоординированного отсчета равномерного течения времени как минимум в двух удаленных друг от друга точках пространства

(в точках начала и конца движения), хотя на самом деле речь шла о скоординированном отсчете равномерного течения времени в каждой точке пространства. Практика картографирования дала в этой связи понять, что для (временной) регистрации некоторого удаленного события показатель времени (вычисленное временное различие) имеет смысл только в том случае, если решен вопрос скоординированного отсчета времени на расстоянии. Здесь недостаточно положиться на простую одинаковость хода времени в разных точках пространства — убедиться, что двое часов демонстрируют одинаковую регулярность своего хода, — необходимо также согласовать начало его отсчета или, выражаясь иначе, установить одновременность⁶. В лабораторных условиях эта задача казалась излишней. Ученый как бы занимал позицию Бога, — укрыться от всевидящего ока которого не под силу ни малейшему изменению, — обозревая процесс движения со стороны⁷. В условиях omnipresenности еди-

⁶ Подробнее см.: *Тяпкин А.А., Шибанов А.С.* Пуанкаре. М., 1982. Гл. 11.

⁷ В «Измерении времени» Пуанкаре дает понять, что стремление ученого подчинить своему единоличному контролю наблюдаемые явления характерно не только для исследований «замкнутого» лабораторного мира, но и для познания бесконечной Вселенной. Так, он приводит пример с обнаружением Тихо Браге новой звезды на небосклоне в 1572 г. Это событие, заявляет он, бессмысленно с точки зрения конкретной датировки, ведь мы знаем, что свет от этой звезды распространялся в течение многих столетий, тысячелетий или даже миллионов лет. Рождение данного небесного тела, таким образом, могло не иметь ни одного свидетеля: оно произошло, очевидно, до рождения Браге, но также, быть может, до возникновения планеты Земля, всей Солнечной системы. Пуанкаре здесь не столько подчеркивает техническую трудность — отсутствие у человека какой-то привилегированной позиции для наблюдения, — сколько говорит о том, что установление абсолютной (бессубъектной) одновременности двух событий невозможно онтологически. Мир устроен принципиально по-другому. Тем не менее, пытаюсь упростить ситуацию, стремясь сохранить прежнюю рациональность, ученые склонны делать здесь метафизическое допущение — полагать существование бесконечного разума, «...для которого такое представление [представление о единой Вселенной. — А. Ф.] было бы доступным, что-то вроде великого сознания, кото-

ного наблюдателя достаточно было ровно одного надежного хронометра. Другое дело — движение, разворачивающееся на межконтинентальных расстояниях, где от запуска электрического сигнала в Лондоне до прибытия его в Буэнос-Айрес проходило несколько секунд. Претендовать на обозрение этого движения со стороны либо на сопровождение его с часами в руках было попросту невозможно. Сам факт того, что удаленные часы (заранее отлаженные, скоординированные, но затем разведенные в пространстве) нуждались в принципиальном согласовании, породил глубочайший кризис очевидности в основах классической физики⁸.

Поначалу еще казалось, что путаница в картах, вызванная рассогласованием часов, является временной трудностью, что не за горами достижение абсолютной хронометрической когерентности. Временной диссонанс уменьшался, однако не исчезал. В конце концов пришло

рое бы все видело и все распределяло в своем времени, как мы распределяем в нашем времени то небольшое, что наблюдаем» (Пуанкаре А. Измерение времени // Пуанкаре А. Избранные труды: в 3 т. Т. III. М., 1974. С. 424). Но, когда мы рассуждаем таким образом, «...когда мы говорим о времени для всего, что происходит вне нас, не принимаем ли мы бессознательно эту гипотезу; не ставим ли мы себя на место этого несовершенного бога; и сами атеисты, не ставят ли они себя на то место, которое занимал бы бог, если бы он существовал?» (Там же. С. 424).

⁸ Здесь еще не идет речь о введении некоторой эталонной скорости, которая будет служить мерой для всех остальных движений, в том числе и для хода часов (как единственно возможного выражения бега времени как такового), но при этом время уже очевидным образом перестает быть метафизическим понятием внутри физической теории и все больше напоминает переменную (не в силу ее неопределенности, а, наоборот, в силу ее максимальной сингулярности) в составе физической формулы. Речь здесь, конечно, еще не идет о специальной теории относительности с ее релятивистскими эффектами ускорения и замедления времени, но только о пред-теории, точнее, «пред-практике» относительности, где на кону стоит еще не скорость движения самого времени, но пока лишь его безусловное начало, и где установление одновременности становится заложником множества посредников, начиная с технологий гуттаперчевой изоляции проводов и заканчивая скоростью движения тока в электромагнитном поле.

понимание того, что передача времени на расстоянии (при синхронизации часов) *всегда* требует некоторого времени. Таким образом, любое согласование часов, а как следствие, и определение географических координат будут иметь только относительный характер, будут зависеть от времени передачи времени. Человеческий разум, на мгновение поддавшийся иллюзии всемогущества, вдруг протрезвел и вновь осознал свою ограниченность, но на этот раз не перед лицом трансцендентного Бога, а перед масштабами Космоса. Он осознал невозможность объять необъятное, невозможность подчинить своему единоличному контролю сразу все места во Вселенной. Кризис omnipрезентности оказался, таким образом, оборотной стороной кризиса одновременности. Человеку пришлось смириться с тем, что некоторые места являются ненаблюдаемыми, но не принципиально ненаблюдаемыми, а ненаблюдаемыми одновременно из данной конкретной точки пространства. Информация о них здесь и сейчас может быть доступна только косвенным образом.

Что касается насущных геодезических задач, то в практике оставшихся безвестными геодезистов рубежа XIX–XX вв. в конце концов было сформулировано некоторое процедурное решение проблемы учета времени транзита электрического сигнала. Предлагалось брать $1/2$ разницы двух фактических значений, полученных в результате вычитания показаний часов пункта А из показаний часов пункта В (при синхронизации часов с востока на запад) и, наоборот, показаний часов пункта В из показаний часов пункта А (при синхронизации часов с запада на восток), — что соответствовало *приблизительному* времени транзита электрического сигнала в одну сторону, — и делать на нее поправку при согласовании удаленных часов, а значит, и при определении географических координат двух пунктов. Действительно, предложенное решение давало некоторый ответ. Возможно даже, такой ответ, который удовлетворял запрашиваемому

уровню точности. Но намного важнее в этой истории то, что создание данного процедурного решения незаметно вынимало один маленький винтик из отлаженного механизма классической физики, без которого все рушилось. Этим винтиком стало представление об абсолютной одновременности. Задержка в передаче сигнала существовала всегда, но до поры до времени находилась в слепом пятне, причисляясь к незначительным погрешностям, располагаясь где-то между инерционной медлительностью вращающегося зеркала гальванометра Томсона и психофизиологическими особенностями отдельного наблюдателя. Пересмотр концепции одновременности в теории «двух абсолютов» означал, что решение геодезических проблем становилось в определенном смысле результатом соглашения, если не сказать компромисса⁹. Коль скоро часы никогда не смогут

⁹ В каком-то смысле оно остается таковым и по сей день. После создания системы глобального позиционирования (GPS) казалось, что достигнут некоторый предел точности, обеспечивающий геолокацию с погрешностью всего в 1,5 метра. Это стало возможным благодаря установлению доселе невиданного стандарта прецизионности хода часов, равного $50 \cdot 10^{-9}$ секунды. Простым обывателям представлялось, что стремление к еще большей точности — не в плане более тонкой дифференциации часового хода, а в плане долгосрочного удержания достигнутого качества этого хода — просто излишне: время, затраченное на развитие флуктуаций, нарушающих штатное функционирование всей системы, просто превысит срок службы спутника. Но так не казалось инженерам, работавшим над созданием системы GPS. На борту каждого спутника был установлен специальный механизм, позволяющий компенсировать два вида релятивистских эффектов. Первый из них — эффект, являющийся следствием специальной теории относительности: спутники, движущиеся вокруг Земли, замедляют ход своих часов с точки зрения наблюдателя, находящегося на Земле. Это замедление составляет приблизительно 0,000 007 секунды в день. Второй — эффект из общей теории относительности: на спутники действует более слабое гравитационное поле, что обуславливает меньшую кривизну пространства-времени. Часы на спутнике, соответственно, должны идти быстрее, чем аналогичные часы на Земле. Речь идет об отклонении, равном $45 \cdot 10^{-6}$ секунды в день. В сумме два эти эффекта ($45 \cdot 10^{-6}$ — $7 \cdot 10^{-6}$) давали погрешность всего в 38 миллионных долей

быть согласованы окончательным образом и в полной мере, невозможно говорить и об объективном и неизменном расстоянии между двумя пунктами.

Похожие странности имели место в процессе организации железнодорожного сообщения. Еще каких-то полвека назад места хватало всем: железнодорожные сообщения были редкими и нерегулярными. Ситуация изменилась во второй половине XIX в., когда была создана разветвленная транспортная инфраструктура с возросшей интенсивностью регулярного железнодорожного движения. Вместе с этим участились случаи железнодорожных катастроф. Хотя первые инциденты, связанные с крушением поездов, произошли

секунды в день. Когда вдумываешься в эти цифры, кажется, что разница между 38 миллионными долями секунды и 50 миллиардными долями секунды как незначительна, так и трудноуловима. Действительно, механизм коррекции относительности на борту спутника до поры до времени простаивал. Поступавший сигнал «...за первые 24 часа почти укладывался в предсказанные $38 \cdot 10^{-6}$ долей секунды. Спустя 20 дней отклонение возрастало, и наземное командование приказало активировать частотный синтезатор, корректирующий транслируемый временной сигнал. Без этой релятивистской коррекции потребовалось бы менее двух минут, чтобы система GPS вышла из строя. Спустя всего один день спутники отправляли бы на Землю ошибочные координаты с погрешностью в шесть миль. Автомобили, ракеты, самолеты и корабли сбились бы с курса» (Наст. изд. С. 394–395). В ходе изучения данной проблемы физики установили, что причинами десинхронизации отсчета времени в системе GPS являются не только релятивистские эффекты, связанные с ходом часов, но и целый комплекс других факторов: нестабильность работы генератора, неточность эфемерид, шумовые ошибки, многолуче́вость и т.д. Таким образом, уже в XX–XXI вв. человеку снова представилась возможность продумать безумную, с точки зрения классической физики, мысль о том, что создание самодостаточной системы временных интервалов в глубинах микромира (недосягаемого с точки зрения природных перцептивных возможностей человека) — всего лишь несбыточная мечта. Время, по крайней мере в плане регистрации удаленных событий, вовсе не является божественной данностью, но скорее практической задачей, требующей периодического контроля и наладки, не предполагающей при этом достижения какого-то идеала.

еще в самом начале XIX в. — по свидетельствам историков, первая железнодорожная катастрофа была зафиксирована в 1813 г. в графстве Дарем на севере Англии, — именно последующее столетие придало им новую каузальность. Список всевозможных технических неисправностей, природных факторов и человеческих ошибок был дополнен особым обстоятельством — неотрегулированной интенсивностью.

Особенно остро вопрос о раскоординированном железнодорожном движении встал в Северной Америке¹⁰. Например, одной из самых резонансных железнодорожных катастроф в истории США стало крушение двух поездов, случившееся 12 августа 1853 г. на участке железной дороги между Провиденсом и Вустером. Катастрофа произошла по причине того, что один из поездов на пару минут отстал от графика, в результате чего в слепой зоне на одноколейном участке железной дороги столкнулся лоб в лоб с поездом, следовавшим в противоположном направлении. В результате столкновения произошел взрыв парового котла и телескопирование первых вагонов железнодорожных составов. По официальным данным, в тот день погибло 14 человек. Этот инцидент стал двенадцатой железнодорожной катастрофой в Соединенных Штатах в том году¹¹.

¹⁰ Подробнее см.: *Nordling M.W. de. L' unification des heures // Revue générale des chemins de fer. 11 (April, 1888);* Наст. изд. Гл. 3; *Cassedy S. Connected: How Trains, Genes, Pineapples, Piano Keys, and a Few Disasters Transformed Americans at the Dawn of the Twentieth Century. Stanford, California, 2014. Ch. 5.*

¹¹ Так уж случилось, что данная катастрофа стала первой, запечатленной с помощью дагеротипа. Снимок, переработанный в эстамп, был вскоре опубликован в издании *New York Illustrated News*, став не только предметом многочисленных общественных пересудов, но и своеобразной точкой отсчета возникновения новой эстетики. В то же время это не была эстетика декаданса, примеры которой дают фотоснимок 1895 г., изображающий локомотив, выбивший по причине отказа тормозной системы путевой упор, протаранивший здание вокзала Монпарнас изнутри и рухнувший под углом 75° с высоты второго яруса на мостовую; или же

Другой пример последствий неотрегулированной интенсивности железнодорожного сообщения дает катастрофа, произошедшая 17 июля 1856 г. в штате Пенсильвания между станциями Кэмп-Хилл и Форт-Вашингтон. Здесь также произошло лобовое столкновение двух поездов на участке однопутной колеи. Погибли, по разным данным, от 59 до 67 человек. Количество раненых перевалило за сотню. Данный инцидент стал самой смертоносной железнодорожной катастрофой в мире на тот момент.

Не менее резонансной стала железнодорожная катастрофа, датированная 26 августа 1871 г. В тот день поезд-экспресс врезался в хвост электрички, остановившейся на станции Ревир, штат Массачусетс. Примечательно, что данная авария случилась в чрезвычайно оживленный субботний вечер. По сохранившимся свидетельствам, в восточных пригородах Бостона по выходным дням обычно курсировало 152 поезда, но из-за внеплановых военных маневров их число возросло до 192, что сделало железнодорожное сообщение беспрецедентно интенсивным. Вновь подвели часы: в 20:30, двигаясь с двадцатипятиминутным опозданием, машинист поезда рассчитывал проскочить обычно пустующий участок железной дороги, полагая, что впереди у него свободный путь, при этом увеличивая скорость. Пригородная электричка, также отстававшая от графика, сделала плановую остановку в Ревире. Машинист поезда заметил ее слишком поздно. Он попытался снизить скорость,

фотография последствий Кукуевской катастрофы 1882 г., причиной которой стало несовершенство инфраструктуры — размытие грунта под железнодорожными путями. Среди множества схожих черт и завораживающего зрелища общего кошмара художественный взгляд умудрился разглядеть на фотоснимке 1853 г. нечто особенное — образ съезжающегося пространственно-временного раздолья, развитый затем в кинематографе. На рубеже XIX–XX вв. появляются даже короткометражные фильмы, демонстрирующие искусственно воссозданные лобовые столкновения настоящих поездов с целью транслировать этот особый образ максимально рафинированно и аффективно.

но столкновения было уже не предотвратить. Большое впечатление на очевидцев произвело в тот день место происшествия. Взорвавшийся паровой котел поезда унес жизни около дюжины человек, которые были либо раздавлены им, либо ошпарены его содержимым. Часть пассажиров, застрявших в задних вагонах электрички, сгорели заживо, когда керосиновые лампы воспламенили деревянные элементы интерьера. Может быть, эта авария не стала самой смертоносной в истории железнодорожного транспорта США, но предельно обнажила недостатки действовавшей системы, в числе которых общественностью были обличены консервативный менеджмент железнодорожной компании, устаревшее оборудование, отсутствие пневматических тормозов на локомотивах, а также — и этому моменту придавалось самое существенное значение — упорное использование старой системы временных интервалов вместо передачи сигналов точного времени посредством телеграфа.

В мире возросших скоростей и увеличившейся плотности железнодорожного движения машинистам уже не хватало тех навыков, которыми обходились их предшественники. Новый мир диктовал свои законы, постепенно заставляя человека все меньше полагаться на знакомые световые и звуковые сигналы и параллельно с этим учиться выживать, подстраиваться и уклоняться, тем самым воспитывая в себе новую чувствительность, превышающую прогностические возможности простого человеческого глаза или уха. В самом общем смысле речь шла о воспитании чувства такта, способности гармонично ощущать себя в единой системе скоординированных времен. Создание этой системы, однако, обнажило те же проблемы, что и в ходе картографирования Земли. Согласование локальных времен как в пределах одного часового пояса, так и при переходе от одного часового пояса к другому каждый раз натывалось на проблему удаленной одновременности. Телеграфные провода, протянувшиеся вдоль железнодорожного полотна, хотя и сумели

уменьшить временные зазоры между ними, тем не менее, не смогли свести их на нет. Асинхронность в исчислении времени стала заметна снова, пусть и на более мелких масштабах. Отсутствие окончательного решения данной проблемы уже не сулило железнодорожный коллапс, но, тем не менее, упрочивало осознание того, что созданный порядок не может рассматриваться в качестве абсолютного, нуждается в постоянном контроле, требует периодической перенастройки, предполагает регулярную сверку относительности.

Переход количества в качество заметен на рубеже веков и в практике обращения со временем. Еще совсем недавно казалось, что механические часы, украсившие башни ратуш и церквей крупнейших городов Европы, вот-вот сделают время городской жизни максимально транспарентным. Но так случилось лишь отчасти. Ход этих часов действительно позволил постепенно создать новый эталон равномерного движения, отличающийся от нестабильной скорости истечения песчинок, опустошения клепсидры, сгорания восковых свечей или движения тени гномона, но не сумел решить другую важную проблему — повсеместной синхронизации исчисления времени. На протяжении почти пяти столетий — с момента появления первых башенных механических часов в начале XIV в. и вплоть до конца XIX в. — время сохраняет ощутимые черты герметичности. Первоначально пространство его распространения ограничивается либо зоной видимости городских часов, либо диапазоном распространения звона башенных колоколов (речь здесь еще не идет об общегосударственном времени, но, как выражается Ле Гофф, о времени «городских монад»¹²). Постепенно различия между временными зонами становятся все менее заметными — борьба идет за минуты, если не за секунды, — но остаются по-прежнему ощутимыми. Мир, в котором время

¹² *Ле Гофф Ж.* Другое средневековье: время, труд и культура Запада. Екатеринбург, 2002. С. 53–54.

не так давно стало деньгами¹³, просто не мог позволить себе прежнего расточительного отношения к нему.

Значимой вехой в истории визуализации времени стало широкое распространение общедоступных, достаточно точных портативных часов, а также создание качественной часовой инфраструктуры¹⁴. Вместе с этим возникла особая мода, символами которой в XIX в. стали как появление часового кармана на мужских жилетках, так и открытие часовых салонов. Между человеком и приборами для исчисления времени установились особые отношения, отличные от отношений между человеком и хронометрами прошлых эпох. мода на часы, показывающие точное время, породила и нечто совершенно особенное — часовой тик или даже невроз, связанный с тревожным подсознательным желанием ни в коем случае не отбиваться от течения времени. Джентльмен периодически вынимал часы из кармана жилетки не для того, чтобы подчеркнуть свое социальное положение или узнать, не остановились ли они, а с тем, чтобы лелеять в себе чувство принадлежности ко все более дифференцируемому общественному ритму. Очевидно, этот опыт времени далек от того, который был у людей прошлого. Это симптом новой практики времени, новой практики точного времени, точнейшего времени. Людям вдруг стало нужно знать время вплоть до секунды, долей секунды.

Растущие общественные запросы имели целью в первую очередь преодоление рассогласованности локального исчисления времени, которое уже не могли обеспечить устарев-

¹³ Происхождение расхожей фразы традиционно связывается с именем Б. Франклина, сформулировавшего зависимость между временем и деньгами в сочинении 1748 г. *Advice to a young Tradesman*.

¹⁴ Портативные часы насытили окружающее пространство, так же как футболист своим движением насыщает и тем самым «закрывает» определенную зону на поле. Часов стало больше, но в то же время нельзя сказать, что они были повсюду. Часы, скорее, научились ходить, и их движение или, точнее, перемещение создало эффект повсеместного присутствия.

шие оптические методы. В конце 1870-х годов по заказу парижских властей компания *Compagnie Générale des Horloges Pneumatiques*, созданная венским изобретателем Виктором Поппом, попыталась предложить принципиально новое решение вопроса скоординированного учета городского времени: она соорудила на берегу Сены компрессорную станцию, соединенную посредством трубопроводной системы, проложенной под сводами парижской канализации, с часами в различных частях города. Воздух под давлением в данной трубопроводной системе был призван скоординировать так называемые «материнские» и периферийные часы, установив тем самым новый стандарт синхронности. На первом этапе — в марте 1880 г. — к данной системе было подключено 14 уличных часов. К концу того же года к ним добавились еще 33 хронометра, установленных на городских зданиях, и 1475 часов у частных пользователей. Примечательно, что эта система имела коммерческую подоплеку: люди, захваченные повальной модой на точное время, «...могли бродить по пневматическим салонам в поисках наиболее предпочтительной для себя версии викторианской точности»¹⁵. Между тем пневматическая система координации городских часов не была безупречной. Сам Попп гарантировал максимально возможную задержку в пределах четверти минуты. Поначалу она казалась ничтожной. Но к 1881 г. «...запрос на точное время вырос настолько, что даже эта крошечная задержка (приводящая к тому, что часы в разных точках трубопроводной системы показывали разное время в сравнении друг с другом и с обсерваторией) стала ощутимой»¹⁶. Так или иначе эта система просуществовала вплоть до 1927 г., но из-за частых аварий и видимых задержек большого доверия к ней никогда не испытывали.

Практически одновременно с появлением пневматической системы координации часов, в 1875 г., была предприня-

¹⁵ Наст. изд. С. 145.

¹⁶ Там же.

та новая попытка, основанная на ином подходе к решению проблемы согласованного учета городского времени. Урбен Леверье предложил синхронизировать парижские хронометры посредством электричества. Заручившись поддержкой ученых коллег и правительства, француз начал претворять свою идею в жизнь. Этот эксперимент потерпел неудачу дважды. Первый раз — на уровне инфраструктуры: «Лед в коллекторной системе очень быстро повредил провода в разных местах: передача тока от материнских к периферийным часам была прервана»¹⁷. Второй раз — на уровне теории: электрический импульс достигал разных часов, находящихся на разном расстоянии от материнских, в разное время, заставляя расстаться с претензией на абсолютную синхронность и вводить элементы относительности. Неудача смелого эксперимента Леверье, как свидетельствует история, не заставила отказаться от самого подхода. В конце концов после некоторых доработок на уровне инфраструктуры электрические провода разнесли по кварталам Парижа — и не только — вождеденное «точное время». Важно, однако, то, что опыт создания и наладки этой системы позволил выявить принципиальное рассогласование (необходимость постоянного учета задержек при передаче электрического сигнала от материнских часов к периферийным и внесения соответствующих поправок), т.е. принципиальную относительность установления удаленной одновременности, как это уже имело место в случае с геодезической практикой картографирования Земли или железнодорожным тайм-менеджментом.

О мире электрических проводов, железнодорожных рельсов и точных часов, в какой-то мере воплотившем, в какой-то мере проиллюстрировавшем, а в какой-то мере и скомпрометировавшем спекулятивные рассуждения выдающихся физиков; мире, представляющем собой чрезвычайно запутанный клубок интересов и интриг политиков,

¹⁷ Наст. изд. С. 150.

военачальников, ученых, но также никому не известных корабельных навигаторов, геодезистов, железнодорожников, бизнесменов, телеграфистов, простых рабочих и крестьян; мире, сформировавшем ученого новой формации, способного совмещать абстрактную математику с расследованием аварий на горнорудных предприятиях, а службу в Патентном бюро — с критикой метафизических основ небесной механики, идет речь в книге П. Галисона «Часы Эйнштейна, карты Пуанкаре».

* * *

Читая эту книгу, время от времени невольно задаешься вопросом: как определить тип нарратива, создаваемого автором? Это история физики? Или, может быть, вариант интеллектуальной биографии? Сам Галисон оговаривается, что работает скорее в парадигме STS (Science and Technology Studies), пересекающей гетерогенные дискурсы истории идей, социологии науки, культурологии и т.д. Это действительно так. В конце концов, каждый читатель найдет здесь что-то свое. Но все-таки чрезвычайно соблазнительно поразмышлять, насколько этот нарратив принадлежит еще и философии? Существует ли в пересказе научных споров, общественных дискуссий, эпизодов из жизни выдающихся личностей, эволюции техники и практики обращения с ней что-то, что может заинтересовать философию? Насколько история согласования часов конца XIX — начала XX в. может дать что-то для такой весьма консервативной рубрики, как «философия времени»? В какой степени критическое разбирательство Эйнштейна и Пуанкаре с философскими концепциями прошлого затрагивает самый нерв этих концепций и в этом смысле так или иначе продолжает оставаться в поле определенной традиции? Или же связующая нить где-то прервалась, и перед нами именно самодостаточные сюжеты? А может быть, философия времени никогда и не была гомогенным образованием? Ведь о времени рассужда-

ли и рассуждают очень многие. И очень многие философы: Платон и Аристотель, Плотин и Ориген, Августин и Григорий Нисский, Боэций и Максим Исповедник, Бонавентура и Фома Аквинский, Декарт и Локк, Беркли и Юм, Ньютон и Лейбниц, Гюйген и Лаплас, Кант и Шеллинг, Гегель и Дильтей, Гуссерль и Хайдеггер. Но также Маркс, Негри и Постон. Или, например, Вико, Риккерт, Тойнби и Ясперс. Шпенглер, Дюркгейм и Хейзинга. Делез, Деррида и Бадью. Если называть только некоторые имена... Да, наверное, философия времени никогда не была гомогенным образованием, центрированным вокруг какой-нибудь одной проблемы. И поэтому столь соблазнительным и логичным кажется вывод о том, что к лоскутному одеялу различных рассуждений о времени просто добавляется еще одна возможность (или, если угодно, всегда уже была добавлена) — говорить о времени с некоторой метаисторической позиции. Между тем по прочтении книги Галисона такое впечатление рассеивается. Автор показывает множество интересных философских мыслей, которые он извлекает как из повседневных практик геодезистов, железнодорожников и навигаторов, так и из рассуждений кабинетных ученых, инженеров и изобретателей, затрагивающих, как кажется, самую сердцевину проблемы времени. Остановимся на некоторых из них.

* * *

Человек всегда доверял одним вещам и не доверял другим. Познавая мир, исследуя окружающую среду, он постепенно замечал, что разные вещи ведут себя по-разному: что-то скоротечно и практически неуловимо, что-то обладает большей устойчивостью по сравнению с первым, а что-то практически неизменно и неколебимо. К последнему можно отнести твердость алмаза, слепящую яркость солнца, неподвижность звездного неба, завораживающие человеческий разум испокон веков. Тяга к чему-то фундаментальному, надежному, незыблемому объясняется тем, что наход-

дение таких предметов служило ориентиром для познания всего остального. Например, алмаз служил как идеалом, так и средством определения твердости остальных минералов, формируя как бы начальную точку или, точнее, предел представления о твердости. То же самое касается воззрений относительно границы яркости, которая не допускала возможности превышения, с одной стороны, и задавала соответствующую систему координат для всех остальных цветов и оттенков — с другой. Звездное небо над головой с древнейших времен не только завораживало человека образцовой неподвижностью, но одновременно помогало решать вполне практические задачи, выступая природным компасом для путешественника.

Но одно дело твердость, яркость и абсолютная неподвижность как некие объективные или объективно данные свойства предметов, а другое дело, например, представление об эталоне длины. Здесь сразу же возникает вопрос: о какой именно длине идет речь? О размерах Вселенной, как они были рассчитаны, к примеру, в перипатетической космологии? Или же о наименьшем расстоянии, физическим выражением которого во многих античных культурах служила толщина верблюжьего волоса, синонимичная понятию неделимого? Кажется, способность выражать некий естественный предел (предел максимального или минимального расстояния) все-таки не является в данном случае ключевой характеристикой. Ведь если разные минералы, скажем, обладают разной степенью твердости, то нельзя сказать, что разные вещи обладают разной *степенью* протяженности, хотя и отличаются друг от друга размерами.

Эталон длины, как и всякий другой эталон, должен быть неизменен, воспроизводим, но, что не менее важно, доступен. В этом смысле вряд ли можно отыскать что-то более непосредственное, более близкое по отношению к человеку, чем его собственное тело. Именно из телесности человека берут свое начало исторически первые системы мер.

Все гениальное — просто: схожее строение тела у разных индивидов дает возможность примеривать части этого тела к окружающим предметам, измеряя их таким образом, и соотносить получившиеся результаты между собой. Однако очень скоро стало ясно, что структурная схожесть и общедоступность этих мер не дают в совокупности эффекта стандартизации. Проще говоря, у разных народов длина пальцев, стоп, предплечий, рук — разная. Так, например, одной из древнейших единиц измерения традиционно являлась ширина большого пальца руки. Определенный на его основе английский дюйм (inch) равнялся примерно 2,54 см, французский пус (pouce) — 2,7 см, немецкий цолль (Zoll) — 2,6 см, русский вершок — 4,4 см. То же самое касалось такой меры, как ступня: английский фут (foot) составлял примерно 30 см, французское пье (pied) — около 32 см, немецкий фусс (Fuss) — в среднем 29 см, в России 1 фут был равен 30,48 см. Мера, основанная на длине рук, также демонстрировала определенную относительность: французский туаз (toise) равнялся 1,949 м, английский фатом (fathom) — 1,8 м, русская сажень — 1,78 м. Более того, расхождения касались не только национальных мер, но затрагивали также стандарты длины в рамках одного и того же национального государства (немецкого, французского, британского и т.д.). Так, например, в Германии в каждом регионе существовал свой стандарт: немецкий фусс (Fuss) в Баварии равнялся 29 см, а в соседней Саксонии 31,61. Причина лежала на поверхности: все люди разные. В этой связи объяснимо было желание некоторых народов выделить какой-то привилегированный предмет — образец образцов (во Франции, например, королевскую стопу (pied de roi), равнявшуюся 32,48 см) — и таким образом положить конец спору о несоизмеримости. Казалось бы, что может быть логичнее и проще?! Но тут же возникала другого рода трудность: этой мерой невозможно было пользоваться. Ее уникальность закрывала возможности тиражирования, а присутствие такого прототипа в каком-то смысле

становилось равнозначно его отсутствию, присутствующему отсутствию (применять данную меру одновременно в разных местах было невозможно, поэтому в употреблении всегда находилось что-то другое, можно даже сказать — все что угодно, но не прототип).

Призывы к преодолению хаоса национальных мер начали раздаваться еще в конце XVII в. Английский ученый-энциклопедист Джон Уилкинс — фигура, ставшая полуфантастической благодаря знаменитому произведению Х.Л. Борхеса, — в своем сочинении «Опыт о подлинной символике и философском языке» выдвинул идею «универсальной меры», прототипа метра, основанной не на сомнительном равенстве длины тех или иных конечностей у различных индивидов, а на чем-то более фундаментальном — законе природы, — и предложил, таким образом, приравнять новый эталон к длине маятника с полупериодом колебаний, равным одной секунде. Однако спустя всего три года после публикации сочинения Уилкинса французский ученый Жан Рише во время своей экспедиции в Южную Америку обнаружил, что длина маятника варьируется на разных широтах, будучи зависима от изменения ускорения свободного падения или уменьшения силы тяжести по мере приближения к экватору¹⁸. Проблема образца образцов повторилась, таким образом, еще раз. Несовпадение касалось уже не физических вещей, но, как ни парадоксально, физических законов, действующих в разных уголках планеты по-разному.

¹⁸ Как указывал Пуанкаре в «Измерении времени», в действительности этих факторов еще больше: «...температура, сопротивление воздуха, атмосферное давление меняют ход маятника». Но даже в том случае, если бы эти обстоятельства были устранены, продолжает он, то «...и это все еще было бы приближением. Новые причины, которыми до сих пор пренебрегали, — электрические, магнитные или другие, — внесли бы небольшие отклонения» (*Пуанкаре А. Измерение времени // Пуанкаре А. Избранные труды: в 3 т. Т. III. С. 420*). Строго говоря, на длину маятника, согласно Пуанкаре, влияет даже притяжение Сириуса (Там же. С. 422).

В последующие 100 лет в отношении введения единой меры длины не было достигнуто какого-либо ощутимого прогресса. Первая серьезная подвижка в этом вопросе произошла в начале Великой французской революции, когда Шарль Морис де Талейран-Перигор — опытный политик, дипломат, мастер политических интриг — предложил вернуться к обсуждению метрологического вопроса на основе внесения ряда уточнений в идею Уилкинса. Длину маятника с полупериодом колебаний, равным одной секунде, предлагалось привязать к конкретной географической координате — 45° широты. Однако, несмотря на талант Талейрана, проблему выработки единой меры длины не удалось решить исключительно политико-дипломатическими средствами — на основе постановления Учредительного собрания. Было решено передать рассмотрение данного вопроса в компетенцию ученых и направить соответствующий запрос во Французскую академию наук. Комиссия под руководством Жана-Шарля де Борда, которой было поручено рассмотрение идеи Талейрана, забраковала его подход, считая неуместным привязывание эталона длины к старой шестидесятеричной системе секунд в канун перехода на новую десятичную систему измерения времени. Новый подход к определению эталона длины не заставил себя долго ждать. 30 марта 1791 г. комиссия постановила: считать эталоном меры длины метр, равный одной сорокамиллионной части Парижского меридиана (или одной десятиmillionной части расстояния от Северного полюса до экватора). При решении других взаимосвязанных проблем — доступности и подручности — вскоре были изготовлены материальные стандарты метра сначала из латуни (в 1795 г.), затем из платины (в 1799 г.).

Но и это решение не было до конца безупречным. В частности, выяснилось, что длина меридиана или, точнее, форма Земли не являются стабильными, а подвержены постоянным деформациям. То же самое касается единства материального бруска. Безусловно, стабильность его структуры отличается

и превосходит существующие аналоги, а тем более предметы органического происхождения (те же части тела, которые могут расти или дряхлеть), но, тем не менее, предполагает возможность трансформации на молекулярном уровне. По мере тиражирования копий и увеличения количества практик их применения повторилась знакомая история: ученые стали жаловаться на расхождения результатов¹⁹.

Удивительно, но дальнейшая работа по выработке эталонной меры длины пошла по проторенной дорожке поиска еще более эталонных эталонов. В 1960 г. было принято решение отказаться от материального выражения длины и вновь обратиться к универсальной инвариантности физических законов (длина метра вновь начала определяться экспериментально). Метр был приравнен к числу 1 650 763,73, умноженному на длину волны оранжевой линии (6056 Å) спектра, излучаемого изотопом криптона (Kr) в вакууме. Но и это решение страдало определенными недостатками, так как длина волны зависела от неустраняемого влияния внешних факторов (гравитации, электромагнитных волн и т.д.). Наконец, в 1983 г. на XVII по счету Генеральной конференции по мерам и весам было принято новое постановление: считать эталоном длины (метром) путь, проходимый светом в вакууме за 1/299 792 458 секунды. Абсолютная погрешность в таком случае составляла всего 0,1 нм. Да, такая погрешность не может быть зарегистрирована в перцептивном опыте человека, но сам факт того, что длина есть нечто, что содержит в себе возможность деформации, т.е. нечто нестабильное, вызывает глубочайший кризис самой идеи образца образцов и его адекватной трансляции.

¹⁹ В связи с этим не вызывает удивления и судьба прототипа. В каком-то смысле он превратился в стопу короля, некий присутствующе-отсутствующий предмет, запертый в подземном хранилище за семью печатями (существующий), идентичный самому себе, но совершенно не подручный (отсутствующий).

Первоначально казалось, что проблема не стоит выеденного яйца: поскольку все вещи так или иначе обладают протяжением, нужно просто условиться о стандарте отсчета всякого протяжения. Но не тут-то было. Чем амбициознее были притязания человека на точность нового порядка, тем отчетливее становилось понимание того, что всякая точность является точностью только в отношении определенной погрешности и без нее существовать не может. Релятивизм в отношении меры длины связан не с договороспособностью людей, а с устройством самих природных вещей и физических законов. Какая бы материальная вещь, какой бы феномен ни претендовали на выражение образцовой протяженности, все они склонны к изменениям и деформациям. В конце концов, сегодня мы знаем, что это касается не только эталонов длины, но также эталонов твердости, яркости и неподвижности, которые когда-то считались незыблемыми. Все они в разной степени были также дискредитированы. Солнце на экваторе, например, светит ярче, чем на севере. Более того, современные ученые говорят о циклах светимости Солнца, о варьирующейся яркости звезды, а еще о том, что Солнце не является самой яркой звездой и не может таким образом выражать предел яркости. Сегодняшняя астрономия разоблачает наивную уверенность древних в неподвижности и постоянстве звездного неба. Она говорит о том, что звезды движутся, а Вселенная расширяется. И даже алмаз, который до сих пор остается эталоном твердости, существует в природе в большом разнообразии, а показатель плотности данного минерала, определяющий коэффициент сопротивляемости по отношению к внешним воздействиям, колеблется в диапазоне от 3,50 до 3,52 г/см³.

Человек всегда горел желанием найти, помимо эталонной меры длины, эталонную меру времени — образ идеального движения. Во многих древних культурах бег времени сравнивался с равномерностью движения Солнца на небосклоне, истечением воды в клепсидре, горением восковых

свечей. Тем не менее доверие к этим природным образцам движения было подорвано достаточно быстро. Время шло то быстрее, то медленнее в зависимости от местонахождения Земли на эллиптической орбите (согласно второму закону Кеплера, вращение Земли вокруг Солнца по эллиптической орбите быстрее в области перигелия и медленнее в области афелия, поэтому для наблюдателя, находящегося на Земле, движение Солнца то ускоряется, то замедляется). На скорость истечения воды в кlepsидре влияет ее химический состав, а также давление (чем меньше остается воды (чем больше прошло времени), тем медленнее становится последующий ход часов). Горение свечи зависит от плотности воска и множества внешних обстоятельств.

Стремление к поиску более совершенных движений нашло отражение в появлении в XIII в. часового механизма. Первоначально этот механизм представлял собой спусковые часы с гирей, подвешенной на конце веревки, обмотанной вокруг оси колеса. Их точность была весьма условной: момент инерции, трение в опорах, силы, действующие на веревку, ощутимо влияли на их ход. Изобретение шпindelного хода, фолио, зубчатого колеса, безусловно, повысило качество исчисления времени механических часов, но не решило проблему. Подлинной революцией в этом отношении стало изобретение в XVI в. маятника. Здесь человек решил довериться уже не природным вещам и не искусно устроенным рукотворным агрегатам, а законам природы. Считается, что автором этого прорывного шага в истории хронометрии является Галилей. По свидетельствам Вивиани, Галилей, находясь в Пизанском соборе, обратил внимание на раскачивание люстры. Сравнивая частоту наблюдаемых колебаний с биением собственного сердца, он якобы пришел к выводу, что период колебания (или время) остается постоянным и не зависит от изменения (уменьшения) амплитуды этого колебания. Галилей был настолько вдохновлен своим открытием, что 15 августа 1636 г. писал Генеральным штатам Нидерландов: «У меня есть такой измеритель времени, что

если бы сделать четыре или шесть таких приборов и запустить их, то мы бы обнаружили (в подтверждение их точности), что измеряемое и показываемое ими время не только из часа в час, но изо дня в день, из месяца в месяц не отличалось бы на различных приборах даже на секунду, настолько одинаково они шли»²⁰. Использование маятника в механических часах было призвано решить проблему равномерности движения храпового колеса при сохранении источника движущей силы. Главным недостатком маятниковых часов стала нестабильность длины стержня маятника и силы притяжения в разных точках земного шара. Оказалось, что длина стержня сильно зависит от температуры, резкие перепады которой могут ощутимо влиять на период колебаний. Схожее влияние оказывает и сила тяжести, которая, как уже указывалось выше, зависит от пространственных координат: часы на экваторе и на Северном полюсе, на море и высоко в горах будут идти по-разному.

Следующим серьезным прорывом, сопоставимым с изобретением маятника, стало создание кварцевых часов. «Изучение свойств кварца привело к открытию пьезоэлектрического эффекта, который заключается в появлении на поверхности кристалла кварца при его сжатии или растяжении одинаковых по величине, но разноименных электрических зарядов. Этот эффект впервые обнаружили и изучили в 1880 г. братья П. и Ж. Кюри на кристаллах турмалина и кварца»²¹. Пьезоэлектрический эффект был положен в основу создания часов нового типа. Первая попытка использования данного эффекта была сделана А.М. Никольсоном в 1917 г.: он применил пьезоэлектрик (сегмент сегнетовой соли), чтобы создать устройство для превращения электрической энергии в звук и обратно. Это был новый способ контроля частоты движения. Новый интерес к пьезоэлектрическим эффектам

²⁰ Le opere di Galileo Galilei. Vol. XVI. Florencia: Ed. Naz., 1718. P. 467.

²¹ Пипуныров В.Н. История часов с древнейших времен до наших дней. М., 1982. С. 419.

возник в 1922 г., когда В.А. Маррисону — сотруднику телефонной лаборатории Белла — удалось применить высокочастотные колебания кварца для создания часов. Принцип работы часов Маррисона состоял в следующем: поскольку кварц является веществом физически и химически весьма стойким, имеет твердость, сравнимую с твердостью рубина или сапфира, для поддержания его колебаний требуется малая энергия. Обладая слабым затуханием колебаний, кварц, как осциллятор, имеет высокую степень равномерности, равную 10^{-6} . По большому счету, кварц представлял собой тот же маятник, имеющий непривычный вид.

Важной проблемой в использовании кварцевых часов оказалась проблема «старения» кварца: со временем структура кристалла разрушается, вещество теряет прежние свойства и не может демонстрировать былую равномерность колебаний, что нарушает корректность отсчета времени. Как указывает Пипуныров, примерно до 1940-х годов XX в. «...приборы времени были основаны только на использовании колебаний механических осцилляторов — маятника, баланса со спиральной пружиной и кристалла кварца. У этих и других осцилляторов, имеющих макроразмеры, собственная частота колебаний в значительной степени зависела от ряда дестабилизирующих факторов (температуры, барометрического давления, степени старения материалов и т.д.)... Эталон времени и частоты, основанный на астрономическом определении его, также оказался величиной непостоянной. Было установлено, что угловая скорость вращения Земли изменяется, в результате чего продолжительность суток в течение года может отличаться от средней их продолжительности за год на $\pm 0,001$ с»²². Это, в свою очередь, подтолкнуло человека к созданию принципиально иного подхода к получению эталона равномерного движения. Результатом приложенных усилий

²² Пипуныров В.Н. История часов с древнейших времен до наших дней. С. 434.

стало создание молекулярных и атомных часов. Здесь также присутствуют осцилляторы, но ими теперь уже выступают атомы и молекулы, частота колебаний которых в микромире строго стабильна и не зависит от внешних воздействий. Роль маятника в молекулярных часах играли молекулы аммиака, с частотой колебания 23 870,14 МГц. Достигнутый показатель точности молекулярных часов соответствует ошибке в 1 секунду за 230 дней. Хотя этот показатель не превосходит точность хода кварцевых часов, зато ход их более стабилен. Атомные часы появились чуть позже молекулярных, примерно с 1950-х годов. В качестве осциллятора здесь часто использовались атомы цезия. Достигнутый прогресс в создании приборов учета движения, отличающихся особой точностью, привел к тому, что XII Генеральная конференция по мерам и весам утвердила единицу времени как продолжительность 9 192 770 колебаний излучения, соответствующего резонансной частоте энергетического перехода $F = 4, mF = 0 \leftrightarrow F = 3 = 0$ между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133, не возмущенного внешними полями. Погрешность в данном случае составляет всего $1 \cdot 10^{-14}$. Как и в случае с процедурным определением метра 1983 г., такая погрешность не может быть зарегистрирована в перцептивном опыте человека. Но сам факт того, что движение может незаметно ускоряться и замедляться, дает повод для того, чтобы задуматься о достижимости эталонного движения в принципе.

Другим решением проблемы поиска эталонного движения как меры времени, появившимся не столько изнутри мира техники, сколько изнутри теоретической физики в начале XX в. и на равных правах присутствующим в современном мире до сих пор, является концепция Эйнштейна²³.

²³ Конечно, Эйнштейн, создавая теорию относительности, не решал именно проблему хронометрии или не решал ее в первую очередь, но, как часто бывает в случае великих теорий, в своем объяснении мира он умудрился среди прочего затронуть и проблему исчисления времени.

Отличительной чертой данной концепции стало радикальное переосмысление статуса времени. Эйнштейн совершает коперниканский переворот в физике, заявляя, что выражением образцовой регулярности является не время, к которому мы примериваем некоторое привилегированное движение, а то самое привилегированное движение, которое, обладая изначальной безупречностью, не только выступает мерой всех остальных движений, но и определяет свою собственную меру, ход самого времени.

Важным элементом аргументации Эйнштейна стал ряд экспериментов, проведенных физиками XIX в., начиная с Армана Физо и заканчивая Альбертом Майкельсоном и Эдвардом Морли. Данные эксперименты продемонстрировали две примечательные особенности движения света: постоянство и независимость его скорости от движения источника света. Интерес к оптическим явлениям существовал всегда. Но если раньше он объяснялся таинственностью природы света, а также необычно большой скоростью его распространения, то с конца XIX в. (особенно после экспериментов Майкельсона — Морли) движение света стало очевидным образом выделяться благодаря своей образцовой безупречности. Тогда как другие механические движения могли идти быстрее или медленнее, чередовать регулярность со сбойми, свет демонстрировал абсолютную стабильность и равномерность. Данное обстоятельство Эйнштейн взял в качестве основания для отождествления этого особого движения (движения светового луча) со временем, усмотрел в нем образ равномерности как таковой. Собственно, примером такого отождествления может рассматриваться прототип световых часов, разработанных автором теории относительности. Эти часы представляют собой два зеркала, расположенные друг напротив друга, между которыми курсирует световой луч²⁴. Поскольку скорость света посто-

²⁴ См. с. 287 наст. изд.

янна, равномерность хода этих часов всегда будет абсолютно идеальна.

Теперь задумаемся, что случится, если привести световые часы Эйнштейна в движение. Время, затраченное световым лучом на перемещение от одного зеркала к другому, увеличится, но при этом скорость самого света (согласно одному из ключевых постулатов теории относительности, но также согласно тому самому множеству физических экспериментов, на которые так охотно ссылался автор этой теории) не изменится. Здесь проявляется другой аспект революционной мысли Эйнштейна: хотя привилегированное движение может при определенных условиях быть отождествлено со временем как своей мерой, тем не менее, нельзя говорить об их полной неразличимости. Мера (время) всегда вторична по отношению к привилегированному движению, так как при движении системы координат, в которой разворачивается это движение, изменяется не скорость светового луча, а мера (время). Другими словами, статичный наблюдатель будет регистрировать не изменение скорости света, созерцая движение часов Эйнштейна, а именно изменение скорости хода (тиканья) этих часов, так как расстояние между двумя зеркалами увеличится (скорость света при этом останется прежней).

При всей своей строгости концепция Эйнштейна, тем не менее, оставляет ряд вопросов, одним из которых является вопрос о том, насколько экспериментальная подтвержденность постоянства скорости света может означать безусловное переподчинение времени движению. Дело даже не в проблеме индуктивного обобщения, а в смысле, точнее, условиях, самого эксперимента. Измерение скорости света предполагает сравнение одного движения с другим: движения светового луча с ходом все тех же хронометров. Другими словами, скорость света, которая впоследствии объявляется инвариантной, устанавливается на основе сравнения с чем-то иным, отличным, квазиэталонным движением и ока-

зывается зависимой от него. Допустим, что скорость света — это и есть время, но тогда возникает вопрос о статусе того движения, на основе которого свет свою уникальность продемонстрировал. Что это? Каков его статус?

В этой связи чрезвычайно интересно рассуждение Огюста Калинона, друга Пуанкаре, изложенное им в небольшом сочинении «Об исследовании различных математических мер». Допустим, что в некоторый контейнер наливается вода, которая затем выливается через воронку в его основании. Можно ли сказать, что при повторении данного эксперимента процесс опорожнения этого контейнера будет занимать то же время? На этот вопрос можно было бы ответить утвердительно только в том случае, если бы мы предположили существование независимой меры времени. Но Калинон как раз указывает на то, что такой независимой меры просто не существует, ее невозможно обнаружить, так как не понятно, что будет калибровать калибратор. Любая мера оказывается, таким образом, относительной.

Развивая мысль Калинона в «Измерении времени», Пуанкаре пишет: «...одним из обстоятельств этого феномена [время, необходимое для опорожнения воды из контейнера] является вращение Земли; если эта скорость изменяется, она образует при повторном возникновении феномена условие, которое больше не остается постоянным. Предположить же, что эта скорость вращения постоянна, значит предположить, что человек знает, как измерить время»²⁵. Что это значит? Это значит, что вопрос о постоянстве лежит за границами эмпирического исследования. Сравнивая разные движения между собой, мы то и дело будем обнаруживать некоторые расхождения. Допустим, мы захотим в какой-то момент остановиться и объявить какое-то из этих движений привилегированным, заявив, что отныне равно-

²⁵ Пуанкаре А. Измерение времени // Пуанкаре А. Избранные труды: в 3 т. Т. III. С. 422.

мерность или неравномерность всех остальных движений будет определяться на его основе. Но задумаемся над вопросом: а не может ли это выделенное привилегированное движение ввести нас в заблуждение? Пуанкаре отвечает на этот вопрос, заявляя, что, как и любой физический феномен, оно зависит от бесконечности приводящих обстоятельств.

В этом отношении книга П. Галисона «Часы Эйнштейна, карты Пуанкаре» дает нам почувствовать, насколько «материально» было время на рубеже веков. Ломалось и сбило не *distentio animi* или *sensorium dei*, а именно конкретные часы и каналы коммуникации. В споре релятивизма и конвенционализма автор провоцирует нас задуматься над подлинно аристотелевским вопросом: а что означает тезис об абсолютной равноправности движений? Ведь если каждое движение может идти то быстрее, то медленнее, как возможно в таком случае определить, что одно из них более совершенно, чем другое? Как известно, сам Аристотель делает из этого, на первый взгляд, негативного обстоятельства вполне позитивный вывод о природе времени: именно потому, что всякое движение может идти быстрее или медленнее, время этого делать не может, так как быстрое и медленное определяются временем. Мы замечаем или в принципе в состоянии заметить различие, несовпадение в реализации тех или иных движений только в том случае, если будет выполняться некая внешняя по отношению к ним регулярность, в противном случае этот диссонанс никогда не сможет стать частью (субъективного или объективного) онтологического порядка.

Что это означает в отношении релятивизма? Ведь если скорость света, которая, собственно, и является мерой-временем, определяется эмпирическим путем, с помощью все тех же потенциально несовершенных часов, то что означает допустить небезупречность этой скорости? Насколько сама теория относительности готова принять данную погрешность? В «Физике» Аристотеля эта погрешность не-

возможна логически, так как она никогда не сможет быть обнаружена. В концепции Эйнштейна такой логической невозможности не предусмотрено, так как присутствует некая особая квазимера, которая, не будучи ни простым движением, но и ни светом, калибрует при этом изначальный калибр. Можно спросить еще дальше: а как теория относительности представляет себе онтологический порядок, отрицая приоритет времени над движением, но при этом логически допуская изменение хода привилегированного движения? Является ли свет синонимом существования, или же он только симптом бытия предметов и событий?

И что означает мысль Аристотеля в отношении конвенционализма Пуанкаре? В конечном счете всякий физический закон оказывается у Пуанкаре констелляцией обстоятельств. Он упорно повторяет, что нельзя объять необъятное, нельзя учесть все бесконечное множество условий и факторов. Но не теряем ли мы, доверяясь такому подходу, всякие онтологические ориентиры, интуитивное понимание того, что значит «существовать»? Возможно ли сохранить за конвенционализмом онтологию, если все и всегда оказывается возможным, если вымысел и реальность не знают никаких границ и не ведают никакого порядка?

Эти и другие вопросы, провоцируемые книгой Галисона, отчетливо показывают, что рассуждения Пуанкаре и Эйнштейна о времени вовсе не являются чужеродными для философской традиции, но, наоборот, находятся между собой в глубочайшей диффузии. О масштабах этой диффузии судить читателю...

*Антон Фомин,
Москва, 2021 г.*

Сэму и Саре, которые научили меня
пользоваться часами

Слова благодарности

Я извлек огромную пользу из дискуссий со многими студентами и коллегами. Я рад выразить слова благодарности, в частности, Дэвиду Блуру, Грэму Бернету, Химене Каналес, Дэбби Коэн, Оливеру Дэрриголу, Лоррейн Дастон, Арнольду Дэвидсону, Джеймсу Глэйку, Майклу Гордину, Дэниэлу Гороффу, Джеральду Холтону, Майклу Янссену, Бруно Латуру, Роберту Проктору, Хилари Патнему, Юргену Рену, Саймону Шаферу, Марге Виседо, Скотту Уолтеру и особенно Кэролайн Джонс за их многочисленные содержательные комментарии. Много нового я извлек также из участия в дискуссиях с такими знатоками Эйнштейна, как Мартин Кляйн, Артур Миллер и Джон Стэчел. Подготовка рукописи и иллюстраций представляла собой долгую и кропотливую работу, которая не могла бы состояться без помощи моих ассистентов: Дага Кэмпбэла, Эви Чантц, Роберта Макдугалла, Сьюзан Пикерт, Сэма Липофа, Кати Шифо, Ханны Шэл и Кристины Зуц. Отдельная благодарность моему издателю Ангеле фон дер Липпе и моему агенту Катинке Мэтсон за хорошие идеи и огромную поддержку. Эми Джонсон и Кэрол Роуз занимались редактурой рукописи и очень ее улучшили. Наконец, я многим обязан директорам ряда архивов, которые любезно помогали мне в моем исследова-

нии, — особенно в Парижской обсерватории, Национальном архиве (Archives Nationales), Парижском архиве (Archives de la Ville de Paris), Общественной библиотеке Нью-Йорка, Национальном архиве Соединенных Штатов, Национальном архиве Канады, Бюргерской библиотеке Берна и Государственном архиве Берна.

Глава 1

Синхронность

ПОДЛИННОЕ время не может быть явлено с помощью простых часов — в этом Ньютон был твердо убежден. Даже лучшая работа часового мастера — это только бледный образ высшего, абсолютного времени, которое принадлежит не нашему человеческому миру, но «чувствилицу Бога». Приливы, планеты, спутники — все, что движется или изменяется во Вселенной, таково, полагал Ньютон, по отношению к единой, постоянно текущей реке времени. В электротехническом мире Эйнштейна не было места для подобного «повсеместно слышимого тик-так», которое мы можем назвать временем, не было другого способа осмысленно определить время, кроме как по отношению к какой-либо системе взаимосвязанных часов. Время течет с разной скоростью для системы часов, находящейся в движении, по сравнению с другой, покоящейся: два события, одновременные для наблюдателя, принадлежащего системе координат покоящихся часов, не являются одновременными для наблюдателя, который находится вместе со своими часами в движении. «Времена» вытесняют «время». Тем самым было подорвано надежное основание ньютоновской физики; Эйнштейн не строил на этот счет никаких иллюзий. В конце жизни он вставил в свои автобиографические заметки откровенное и эмоциональное обращение к сэру Исааку,

словно разделяющие их века вдруг исчезли; размышляя над абсолютностью пространства и времени, которые разрушила его теория относительности, Эйнштейн писал: «Ньютон, прости меня (Newton, verzeih' mir); ты нашел единственный путь, который был возможен в твоё время для человека высочайшей мысли и творческой силы»¹.

В центре этого радикального переворота в понимании времени лежит необычная, но все же прозрачно сформулированная идея, пребывавшая в слепой зоне для физики, философии и техники того времени: *для того чтобы говорить о времени, об одновременности на расстоянии, вы должны синхронизировать свои часы. Если вы хотите синхронизировать двое часов, вы должны начать с одних, послать световой сигнал по направлению к другим и внести поправку на время, которое потребуется световому сигналу для преодоления данного пути.* Что может быть проще? Отныне с этим процедурным определением времени последний элемент пазла относительности нашел свое место, изменив физику навсегда.

Эта книга — о процедуре координации часов. Простой, как кажется на первый взгляд, объект нашего исследования — координация часов — является как высокой абстракцией, так и производственной конкретностью. Материализация одновременности, реализованная на рубеже веков, происходила в мире, существенно отличающемся от нашего сегодняшнего. Это был мир, в котором высочайшие достижения теоретической физики соседствовали с новой пылкой амбицией: проложить через всю планету несущие время кабели с целью согласования движения поездов и приведения

¹ *Einstein. Autobiographical Notes. [1949]. P. 31. Об универсальном «тик-так» см.: Einstein. The Principal Ideas of the Theory of Relativity. [After December 1916] // Einstein. Collected Papers. Vol. 7. P. 1–7 (особенно p. 5). О ньютоновском понимании времени и пространства см.: Rynasiewicz. By Their Properties, Causes and Effects: Newton's Scholium on Time, Space, Place and Motion. 1995.*

в порядок географических карт. Это был мир, в котором инженеры, философы и физики работали бок о бок; в котором мэр Нью-Йорка рассуждал о конвенциональности времени, император Бразилии ждал на берегу океана прибытия по телеграфу европейского времени, а два выдающихся ученых столетия, Альберт Эйнштейн и Анри Пуанкаре, расположили одновременность на пересечении физики, философии и техники.

ВРЕМЕНА ЭЙНШТЕЙНА

Благодаря своему нескончаемому эху статья Эйнштейна 1905 г. о специальной теории относительности «К электродинамике движущихся тел» стала самой знаменитой работой по физике XX в. Отличительной особенностью данной работы стало разрушение концепции абсолютного времени. Аргументация Эйнштейна, по крайней мере, в расхожем ее понимании, так радикально отличалась от старого, практически ориентированного подхода классической механики, что эта статья стала примером революционной теории — спекулятивной концептуализации мира, принципиально свободной от эмпирических или материалистических коннотаций. Частично философское, частично физическое, эйнштейновское переосмысление одновременности образовало непреодолимую пропасть между современной физикой и всеми прежними теоретическими конструкциями времени и пространства.

Эйнштейн начинает свою статью об относительности с заявления о том, что в общепринятой интерпретации электродинамики наличествует некоторая асимметрия. Асимметрии же не существует в природе. Едва ли не все физики в 1905 г. разделяли идею о том, что световые волны, как и волны на воде или звуковые волны, должны колебаться в чем-то. В случае световых волн (или осциллирующих электрических и магнитных полей, которые создают свет) этим

нечто был всеобъемлющий *эфир*. Большинство физиков конца XIX в. считали эфир одной из величайших идей эпохи и надеялись, что однажды по-настоящему осмысленная, интуитивно понятная и математизированная концепция эфира приведет науку к единой картине реальности: от тепла и света к магнетизму и электричеству. Именно эфир и породил асимметрию, которую разрушил Эйнштейн².

В традиционной интерпретации физиков, писал Эйнштейн, движущийся магнит, притягивая покоящуюся в эфире катушку, вырабатывает ток, неотличимый от тока, генерируемого в том случае, когда движущаяся катушка притягивает покоящийся в эфире магнит. Сам же эфир не может быть наблюдаем. Таким образом, по мнению Эйнштейна, существовал только один наблюдаемый феномен: катушка и магнит сближаются, вырабатывая ток в катушке (свидетельством чему является горящая лампочка). Но вариант электродинамики, который существовал на тот момент (теория, которая включала уравнения Максвелла, описывая динамику электрических и магнитных полей, и закон механическо-

² Сегодня мы можем прочесть труды Эйнштейна через призму выдающихся наработок нескольких поколений историков. Эта литература настолько обширна, что я сошлюсь здесь только на несколько источников, которые могут послужить отсылками к более широкой библиографии, включающей в себя как роскошные редакторские комментарии, так и документалистику: *Collected Papers / Stachel et al. (eds). 1987–*; вторичные источники: *Holton. Thematic Origins of Scientific Thought. 1973; Miller. Einstein's Special Theory of Relativity. 1981; Miller. Frontiers. 1986; Darrigol. Electrodynamics. 2000; Pais. Subtle is the Lord. 1982; Warwick. Role of the Fitzgerald-Lorentz Contraction Hypothesis. 1991; Warwick. Cambridge Mathematics and Cavendish Physics. Part I. 1992; Part II. 1993; Paty. Einstein philosophe. 1993; Janssen. A Comparison between Lorentz's Ether Theory and Special Relativity in the Light of the Experiments of Trouton and Noble (неопубликованная диссертация). University of Pittsburgh, 1995; Fölsing. Albert Einstein. 1997. Сборники сочинений ведущих исследователей по теме см.: *Einstein in Context // Science in Context. 1993. No. 6*; см. также: *Galison, Gordin, Kaiser. Science and Society. 2001*. Более обширная библиография других исторических работ по специальной теории относительности: *Cassidy. Understanding. 2001*.*

го взаимодействия постоянных токов³, который предсказывал, как заряженная частица будет двигаться в этих полях), давал два разных объяснения того, что происходило. Всё зависело от того, что находилось в движении относительно эфира: катушка или магнит. Если двигалась катушка, а магнит оставался в эфире неподвижным, уравнения Максвелла показывали, что, проходя через магнитное поле, на электричество в катушке воздействовала некоторая сила. Эта сила гоняла электрический заряд по катушке, зажигая лампочку. Если двигался магнит, а катушка оставалась неподвижной, объяснение менялось. Так как магнит притягивал катушку, магнитное поле рядом с катушкой усиливалось. Это изменение магнитного поля (согласно уравнениям Максвелла) производило электрическое поле, которое гнало электрический заряд вокруг неподвижной катушки и зажигало лампочку. Таким образом, стандартизированная теория давала *два* разных объяснения в зависимости от точки зрения наблюдателя, рассматривающего ситуацию в одном случае со стороны магнита, а в другом — со стороны катушки.

Согласно новому варианту постановки проблемы, сформулированному Эйнштейном, существовал *один-единственный* феномен: катушка и магнит притягивались друг к другу, зажигая лампочку. В его понимании, *один* наблюдаемый феномен требовал *ровно одного* объяснения. Задачей Эйнштейна было выработать единое видение, которое не ссылалось бы больше на эфир и вместо двух описанных систем отсчета (в одном случае с движущейся катушкой, в другом — с магнитом) учреждало бы одну перспективу, представляющую *один-единственный* феномен. На кону, согласно Эйнштейну, был основополагающий принцип физики — относительность.

Почти за 300 лет до этого Галилей проводил похожие исследования систем отсчета. Воображая наблюдателя в ма-

³ Закон Ампера. — *Примеч. пер.*

ленькой каюте корабля, движущегося по морю с ограниченным кругозором, Галилей заключил, что ни один эксперимент, проводимый в подпалубной лаборатории, не обнаружил бы движение корабля: рыба плавает в тазу так, как если бы этот таз стоял на земле; падающие капли не отклоняются от своей прямолинейной траектории по отношению к полу. Попросту не было способа воспользоваться каким-либо разделом механики для определения того, когда каюта находилась «действительно» в покое или «действительно» в движении. Это положение, отстаиваемое Галилеем, стало основной чертой той механики падающих тел, в создании которой он принимал участие.

Основываясь на этом традиционном использовании принципа относительности в механике, Эйнштейн в своей работе 1905 г. возвел принцип относительности в закон, утверждая, что физические процессы не зависят от равномерно движущейся системы отсчета, в которой они происходят. Эйнштейн хотел охватить принципом относительности не только механику падающих капель, скачущих мячей и сжимающихся и растягивающихся пружин, но также мириады эффектов электричества, магнетизма и света.

Этот постулат относительности («невозможно определить, какая неускоренная система отсчета “действительно” находилась в покое») породил новое предположение, которое оказалось еще более неожиданным. Эйнштейн заметил, что эксперименты не демонстрируют движение света со скоростью, превышающей 300 тыс. км в секунду. Тогда он *постулировал*, что так происходит всегда. Свет, сказал Эйнштейн, всегда движется с постоянной скоростью — 300 тыс. км в секунду — *независимо от того, с какой скоростью движется источник света*. Это, конечно же, шло вразрез с поведением повседневных объектов. Поезд приближается, и проводник выбрасывает мешок с почтой в направлении станции; он летит, с точки зрения наблюдателя, стоящего на платформе, со скоростью поезда *плюс* та ско-

рость, с которой проводник обычно швыряет почту. Эйнштейн же настаивал, что в случае с движением света дело будет обстоять иначе. Представьте, что мы с вами стоим неподвижно друг напротив друга и вы обращаете свет вашего фонаря в мою сторону. Я буду видеть движение светового луча по направлению ко мне со скоростью 300 тыс. км в секунду. Но фонарь, установленный на несущемся по направлению ко мне поезде, движущемся пусть даже со скоростью 150 тыс. км в секунду (половина скорости света), будет излучать свет, скорость которого будет регистрироваться мной все равно как 300 тыс. км в секунду. Согласно второму постулату Эйнштейна, скорость источника света не влияет на скорость света.

Оба эти постулата показали бы допустимыми (по крайней мере, частично) современникам Эйнштейна. В механике не только принцип относительности был известен со времен Галилея, но в течение нескольких лет Пуанкаре (среди прочих) также анализировал проблемы и перспективы принципа относительности в электродинамике⁴. Если бы свет был простым колебанием волн в неподвижном, всеобъемлющем эфире, тогда в системе координат, в которой

⁴ Работы, посвященные Пуанкаре, также разнообразны. В последнее время набирает обороты проект создания архива Анри Пуанкаре, базирующийся в Нанси, который публикует его научную переписку. См., напр., Poincaré — Mittag-Leffler / Nabonnand (ed.). 1999; опубликованные статьи в основном относятся к *Poincaré. Oeuvres. 1934–1953*. Обзор современной литературы по техническим работам Пуанкаре можно найти в предшествующем примечании (особенно это касается работ Дэрригола и Миллера) вместе со ссылками, приведенными там, а также работы Пэти (Paty) о взаимосвязи физики и философии Пуанкаре; см. также превосходную книгу: Henri Poincaré, *Science and Philosophy* / Greffe, Heinzmann, Lorenz (eds). 1996. Отличная диссертация Ролле (Rollet) посвящена рассмотрению роли Пуанкаре в качестве популяризатора и философа (она также содержит прекрасную библиографию); см.: Henri Poincaré, *Des Mathématiques à la Philosophie. Études du parcours intellectuel, social et politique d'un mathématicien au début du siècle* (неопубликованная докторская диссертация). University of Nancy 2, 1999.

эфир находился в состоянии покоя, можно было бы предположить, что скорость света не будет зависеть от источника света. В конце концов, при умеренной скорости источника скорость звука не зависит от скорости источника: как только звуковая волна была произведена, она движется сквозь воздух с определенной скоростью.

Но как могли бы быть согласованы между собой оба эти постулата Эйнштейна? Предположим, в покоящейся системе эфира вспыхивает свет. Разве для наблюдателя, *движущегося* в отношении эфира по направлению к источнику света или в противоположную от него сторону, свет не будет казаться движущимся быстрее или медленнее нормы? А если различие в скорости света наблюдаемо, разве это не будет нарушать принцип относительности, поскольку такое наблюдение будет показывать подлинное движение по отношению к эфиру? Однако ни одно подобное различие не было зафиксировано. Даже точнейшим оптическим экспериментам не удалось обнаружить и малейшего намека на движение сквозь эфир.

Диагноз Эйнштейна: «недостаточно внимания» уделялось наиболее основополагающим понятиям физики. Он утверждал, что, если бы эти основные понятия были правильно поняты, очевидное противоречие между принципами относительности и постоянства скорости света исчезло бы само собой. Эйнштейн предложил поэтому начать с азов физического рассуждения, вопрошая о том, что есть длина, что есть время, и особенно, что есть одновременность. Общеизвестно, что физика электромагнетизма и оптика зависят от измерений времени, длины и одновременности, но, по мнению Эйнштейна, физики не уделяли должного внимания основным процедурам, благодаря которым получались эти фундаментальные показатели. Как могли бы линейки и часы производить точно выраженные пространственные и временные координаты для феноменального мира? На взгляд Эйнштейна, господствующая точка зрения, что физи-

ки должны озаботиться прежде всего комплексом сил, удерживающих материю в единстве, есть не что иное, как пережиток старины. Вместо этого приоритет должен быть отдан *кинематике*, т.е. вопросу, как ведут себя часы и линейки в постоянном, свободном от всяких сил движении. Только затем может быть успешно рассмотрена проблема *динамики* (например, как ведут себя электроны в присутствии электрических и магнитных сил).

Эйнштейн полагал, что физики достигли бы непротиворечивости, только разобравшись в пространственно-временных измерениях. Для пространственных измерений необходима система координат — эйнштейновским световым лучам подойдет система обычных жестких измерительных стержней. Например, некая точка существует на расстоянии двух футов по оси x , трех — по оси y , и 14 футов — по оси z . Пока все в порядке. Но затем появляется непредвиденное — переосмысление *времени*, в котором современники, такие как математик и физик Герман Минковский, видели суть аргументации Эйнштейна⁵. Вот как формулирует это сам Эйнштейн: «Нужно понимать, что все наши суждения, в которых время играет какую-либо роль, всегда являются суждениями об одновременных событиях. Если я, например, говорю: “Этот поезд прибывает сюда в 7 часов”, — то это означает примерно следующее: “Указание маленькой стрелки моих часов на цифру 7 и прибытие поезда суть одновременные события”»⁶. Для одновременности *в одной точке* нет никаких проблем: если событие, локализованное в непосредственной близости по отношению к моим часам (поезд останавливается напротив меня), происходит именно тогда, когда малая стрелка часов достигает семерки, тогда оба эти события очевидно являются одновременными. Трудность,

⁵ Galison. Minkowski's Space-Time. 1979.

⁶ Einstein. Elektrodynamik bewegter Körper. 1905. S. 893. Я пользовался (немного измененной) версией перевода: Miller. Einstein's Special Theory of Relativity. 1981. P. 392–393.

утверждает Эйнштейн, возникает тогда, когда мы должны связать между собой события, разъединенные в пространстве. Что означает тогда утверждение, что два *удаленных* события произошли одновременно? Как мне сопоставить показания моих часов *здесь* с прибытием поезда на другую станцию *где-то там* в 7 часов?

Для Ньютона вопрос времени содержал абсолютный компонент; время не было и не могло быть только вопросом о простых часах. С того момента как Эйнштейн потребовал разработать *процедуру*, для того чтобы придать строгое значение термину «одновременность», он отходит от доктрины абсолютного времени. Эйнштейн установил эту определяющую процедуру, выражаясь философским языком, через *мыслительный эксперимент*, который долгое время казался далеким от деятельности лабораторий и промышленности. Как, вопрошает Эйнштейн, мы должны синхронизировать наши удаленные часы? «В принципе, желая определить время некоторого события, мы могли бы удовлетвориться тем, что заставили бы наблюдателя, снабженного часами, находящегося в начале системы координат, сопоставлять прибытие светового сигнала, исходящего от события, время которого подлежит определению, <...> с показаниями стрелок своих часов»⁷. Увы, замечает Эйнштейн, поскольку свет распространяется с конечной скоростью, данная процедура не является независимой от расположения центральных часов (рис. 1.1). Предположим, я стою недалеко от А и далеко от В; вы стоите ровно посередине между А и В:

А — я — вы — В,

как А, так и В посылают световые сигналы ко мне, и оба сигнала проносятся перед моим носом в один и тот же момент. Могу ли я сделать заключение, что они были посланы в одно

⁷ *Einstein*. Elektrodynamik bewegter Körper. 1905. S. 893; *Miller*. Einstein's Special Theory of Relativity. 1981. P. 392–393.

и то же время? Конечно же, нет. Очевидно, что световой сигнал В преодолел гораздо более длинную дистанцию по направлению ко мне, чем сигнал А. Но очутились они передо мной в одно и то же время. Таким образом, сигнал В должен был быть запущен раньше сигнала А. Предположим, я упорно утверждаю, что А и В *должны* были запустить свои сигналы одновременно, ведь я же зарегистрировал их в один и тот же момент. Тотчас, как вы можете убедиться, я сталкиваюсь с непреодолимыми трудностями: если вы стояли ровно посередине между А и В, то вы должны были бы видеть световой сигнал В раньше А. Во избежание двусмысленности Эйнштейн не хотел ставить одновременность двух событий «А посылает световой сигнал» и «В посылает световой сигнал» в зависимость от того, где находится получатель. «Одновременное поступление сигналов ко мне» как процедура определения одновременности была бы неудачной — это эпистемическое «соломенное чучело», не способное рассказать связную или последовательную историю.

Вытряхнув солому из этого «соломенного чучела», молодой Эйнштейн предложил лучшее объяснение: пусть наблюдатель, находящийся в пункте А, посылает световой сигнал по направлению к пункту В, находящемуся от А на расстоянии d , в тот момент, когда часы в пункте А показывают 12:00. Световой сигнал отражается от В и возвращается обратно к А. По мнению Эйнштейна, наблюдатель в В должен установить свои часы на 12:00 плюс $1/2$ часть времени, затраченного световым сигналом на прохождение пути туда и обратно. Что будет, если путь светового сигнала туда и обратно составил две секунды? Тогда часы в пункте В должны показывать 12:00:01 — время, когда получен световой сигнал. Предполагая, что свет распространяется так же быстро в одном направлении, как и в другом, схема Эйнштейна означает, что наблюдатель в пункте В должен установить свои часы на полдень плюс расстояние между двумя часами, деленное на скорость света. Скорость света равна

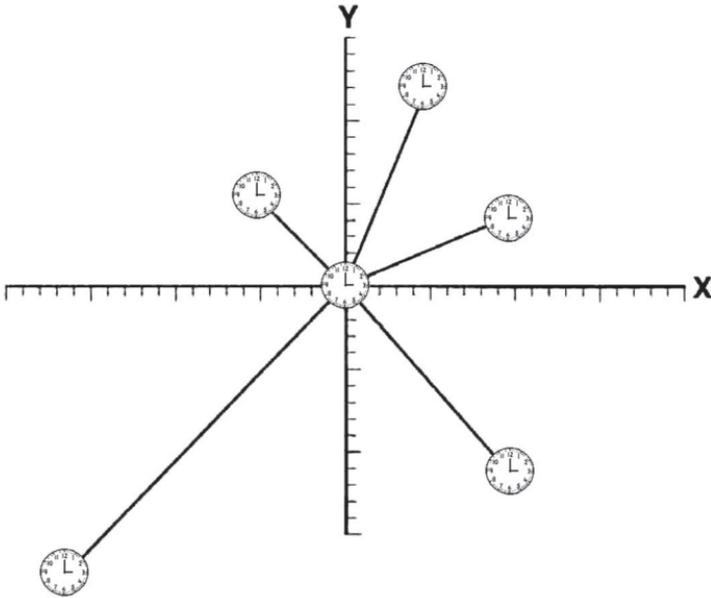


Рис. 1.1. Центральное согласование часов

В своей статье 1905 г. о специальной теории относительности Эйнштейн вводит и отвергает схему согласования часов, в которой центральные часы посылают сигнал ко всем остальным часам. Периферийные часы устанавливают свое время в тот момент, когда к ним прибывает сигнал от центральных часов. Например, если центральные часы посылают свой сигнал в 3:00, все периферийные часы при получении этого сигнала переводят свои стрелки также на 3:00. Возражение Эйнштейна: периферийные подчиненные часы находятся на различных расстояниях от центральных часов, таким образом, ближайšie часы будут устанавливать свое время по прибытии сигнала раньше, чем более отдаленные. Это делает одновременность двух часов зависимой (неприемлемо для Эйнштейна) от случайного обстоятельства, где располагаются устанавливающие время «центральные» часы.

300 тыс. км в секунду. Таким образом, в том случае, если наблюдатель в пункте В находится в 600 тыс. км от пункта А, он примет световой сигнал и установит свои часы на 12:00:02, полдень плюс две секунды. Если наблюдатель в пункте В находился бы на расстоянии 900 тыс. км от пункта А, то после получения сигнала он установил бы свои часы на 12:00:03.

Продолжая в том же духе, наблюдатели в пунктах А, В и кто-либо еще, участвующий в этом упражнении на согласование, могли бы полностью согласиться между собой в том, что их часы синхронизированы. Если мы теперь передвинем источник, не произойдет никаких изменений: каждые часы уже устроены так, чтобы принимать во внимание время, необходимое световому сигналу для прибытия в местонахождение часов. Так Эйнштейн связал между собой отсутствие привилегированных «главных часов» и однозначное определение одновременности (рис. 1.2).

Полученным протоколом согласования часов Эйнштейн разрешил проблему. Благодаря строгому применению простой процедуры согласования и соблюдению двух основополагающих принципов он мог показать, что два события были одновременными в одной системе координат и не были одновременными в другой системе координат. Вдумаемся: измерение длины движущегося объекта всегда зависит от одновременного определения местонахождения двух точек (если вы хотите узнать длину движущегося автобуса, надлежит измерить позицию его фронтальной и тыловой части в одно и то же время). Поскольку определение длины требует одновременности измерения фронтальной и тыловой части, относительность одновременности ведет к относительности длин: моя система координат будет определять длину подвижной относительно меня метровой линейки как меньшую, чем длина метра.

Удивительная сама по себе относительность времен и длин привела ко многим другим следствиям, еще более поражающим воображение. Поскольку скорость определяется как расстояние, преодолеваемое за определенное время, в концепции Эйнштейна должна быть пересмотрена также сумма скоростей подвижных объектов. Человек, бегущий по поезду со скоростью $1/2$ скорости света (по отношению к поезду), в то время как поезд будет развивать скорость в $3/4$ скорости света, в ньютоновской физике будет двигаться

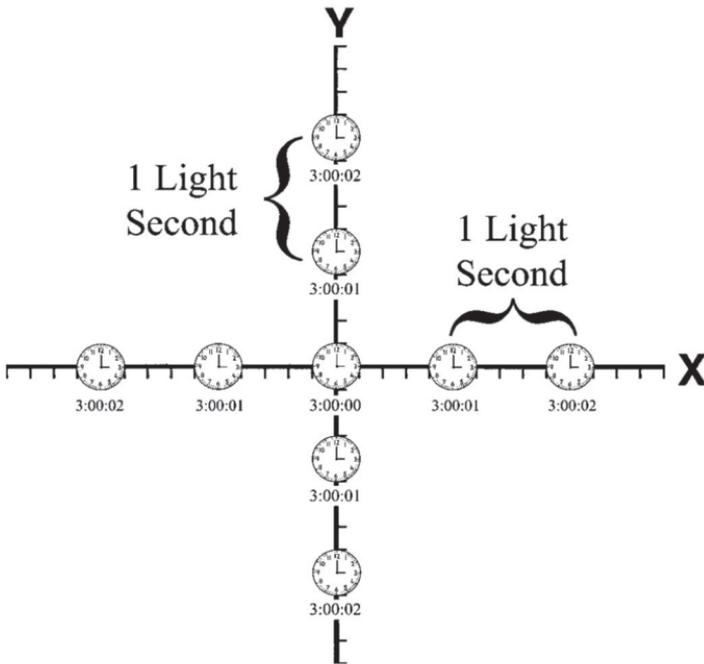


Рис. 1.2. Эйнштейновское согласование часов

Эйнштейн утверждал, что лучшим и более строгим решением вопроса одновременности было бы следующее: устанавливать часы не по времени, по которому был запущен сигнал, но по времени исходных часов плюс время, которое понадобилось сигналу для прохождения пути от исходных часов до часов, подлежащих синхронизации. Точнее, он предлагал посылать возвратный сигнал от исходных часов к удаленным, а затем устанавливать удаленные часы на время исходных часов плюс промежуток времени, который потребовался для прохождения сигнала туда и обратно. Таким образом, положение «центральных» часов становится второстепенным: можно запустить процедуру в любой точке и однозначно зафиксировать одновременность.

относительно земной поверхности со скоростью $1/4$ скорости света. Но, строго следуя определению времени и одновременности, Эйнштейн показал, что настоящая суммарная скорость будет меньше указанной, на самом деле *всегда* меньше, чем скорость света, безотносительно величины скорости поезда или человека, движущегося в этом поезде.

Тем самым Эйнштейн смог объяснить предшествующие загадочные оптические эксперименты и сделать новые прогнозы относительно движения электронов. В конце концов начальные допущения Эйнштейна, касающиеся скорости света и относительности, связанные с его схемой согласования часов, помогли продемонстрировать, что в действительности не существовало *двух различных* объяснений катушки, магнита и лампочки, но всегда только одно: магнитное поле в одной системе отсчета было электрическим полем в другой системе отсчета. Различие заключалось только в перспективе: отличался взгляд из разных систем координат. И эфир тут совсем ни при чем. Позднее Эйнштейн использовал относительность для выработки наиболее знаменитого научного уравнения: $E = mc^2$. Обнаружив, что масса и энергия являются взаимозаменяемыми, Эйнштейн продемонстрировал следствия, которые сначала казались релевантными только для самых точных и пока практически невозможных экспериментов, однако, спустя 40 лет, произвели революцию в военно-политической сфере.

В теории относительности Эйнштейна сокрыто многое помимо простого согласования часов. Без преувеличения можно сказать, что господство над электричеством и магнетизмом было величайшим достижением физической науки XIX в. Исключительно спекулятивно кембриджский физик Джеймс Клерк Максвелл разработал теорию, которая представила свет не чем иным, как электрическими волнами, и таким образом объединила электродинамику и оптику. В практической плоскости генераторы принесли электрический свет в города, электрические трамваи поменяли городские пейзажи, а телеграфы изменили рынки, новости и военное дело. К концу века физики проводили невероятно точные и тщательные измерения света в попытках обнаружить неуловимый эфир. Они совершенствовали организацию исследовательской работы в области электричества и магнетизма, чтобы раскрыть секреты поведения недав-

но обнаруженного электрона. Все это привело множество выдающихся физиков (не только Эйнштейна и Пуанкаре) к рассмотрению проблемы электродинамики движущихся тел в качестве наиболее трудной, фундаментальной и острой проблемы научной повестки дня того времени⁸.

В понимании самого Эйнштейна, признание того, что синхронизация часов необходима для определения одновременности, было итоговым концептуальным шагом, позволившим ему завершить свои долгие поиски. Именно согласование времени и стало темой данной книги. Действительно, Эйнштейн считал деформацию времени в теории относительности наиболее выдающейся заслугой своей теории. Но его позиция далеко не сразу получила признание, даже среди тех, кто считал себя последователями Эйнштейна. Некоторые приняли теорию относительности сразу, как только ее правота подтвердилась в экспериментах по отклонению электронов. Были и те, кто начал использовать теорию относительности, только когда физики и математики переработали ее в более привычной терминологии, которая не так сильно подчеркивала относительность времени. К 1910 г., благодаря напряженным личным беседам, переписке, полемике в научных журналах, значительно выросло число физиков, считавших пересмотр понятия времени выдающейся заслугой новой теории. В последующие годы как для философов, так и для физиков стало общим местом считать синхронизацию часов триумфом в обеих дисциплинах и опознавательным знаком современного мышления.

Молодые физики, включая Вернера Гейзенберга, начали в 1920-х годах создание новой квантовой физики по эйнштейновскому образцу решительного отвержения тех понятий (наподобие абсолютного времени), которые не отсылали ни к чему наблюдаемому. В частности, Гейзенберг

⁸ См. источники из примеч. 2; об эфире: *Conceptions of Ether* / Cantor, Hodge (eds). 1981.

восхищался тем, с каким упорством Эйнштейн утверждал, что одновременность относится исключительно к часам, согласованным благодаря определенной и абсолютно прозрачной процедуре. Гейзенберг и его коллеги решительно настаивали на критерии наблюдаемости: если вы хотите говорить о положении электрона, предложите процедуру, с помощью которой это положение может быть наблюдаемо. Если вы хотите сказать что-то относительно скорости его движения, предложите эксперимент, который измерял бы ее. Наиболее резкая формулировка: если вы в принципе не можете измерить положение и скорость движения одновременно, тогда положение и скорость движения просто не существуют в одно и то же время. Известно, что Эйнштейн отклонял такое заключение, хотя его коллеги, специализирующиеся в квантовой физике, ссылались на то, что они только распространили пронизательную критику времени и одновременности Эйнштейна на атомы. Для Эйнштейна было уже слишком поздно загонять своего релятивистского джинна обратно в бутылку. Прежде всего он волновался, что новая физика слишком активно использует его требование наблюдаемости и тем самым недооценивает конструктивную роль теории в определении того, что подлежит наблюдению. Как иронично заметил однажды Эйнштейн: «Хорошая шутка не должна повторяться слишком часто»⁹.

Хорошая шутка, однако, оказалась заразительной. Психолог Жан Пиаже внес важный вклад в исследование понятия «интуитивного» времени у ребенка. Эйнштейновское согласование времени начало служить подобием модели, а вскоре *самой* моделью новой эры научной философии.

⁹ О дискуссиях Гейзенберга с Эйнштейном относительно критики абсолютного времени см.: *Physics and Beyond*. 1971. P. 63; другие квантовые теоретики (Макс Борн и Паскаль Йордан) также смоделировали свою новую физику на основе конвенции одновременности Эйнштейна: *Cassidy. Uncertainty*. 1992. P. 198; замечание Эйнштейна относительно «хорошей шутки» приводит Филипп Франк: *Franck*. 1953. P. 216.

Собиравшиеся в австрийской столице для разработки анти-метафизической философии физики, социологи и философы Венского кружка приветствовали одновременность синхронизированных часов как парадигму достоверного, проверяемого научного понятия. В иных местах Европы и в США другие философы (а также физики) присоединились к чествованию одновременности, устанавливаемой посредством обмена сигналами, как примера подлинно обоснованного знания, которое будет служить орудием против праздной метафизической спекуляции¹⁰. Для Уильяма ван Ормана Куайна, одного из наиболее влиятельных американских философов XX в., *всякое* знание было в конечном счете пересматриваемо (он даже полагал, что логика также в конце концов будет нуждаться в некотором изменении). Тем не менее, исследовав научное знание в целом, Куайн наиболее достоверным считал определение одновременности с помощью часов и световых сигналов Эйнштейна, полагая, что именно понятие времени Эйнштейна «...следует надежно оберегать при осуществлении будущей ревизии науки»¹¹. Для века философии, отмеченного огромными изменениями в отношении к знанию, атмосферой враждебности к вечному, к неприкосновенным истинам, не существовало более высокой похвалы.

Безусловно, не все восхищались идеей относительности времени. Одни высмеивали ее, другие пытались спасти от нее физику. Но к 1920 г. как физики, так и философы осознали, что вопрос Эйнштейна «Что есть время?» задал новый стандарт для научных теорий, требующий чего-то более осязаемого, более доступного человеку, нежели ньютоновское понятие метафизического абсолютного времени. Сам Эйнштейн полагал, что он получил эффективное философское оружие против абсолютного времени из

¹⁰ *Schlick*. Meaning and Verification. 1987. P. 131, 147.

¹¹ *Quine*. Lectures on Carnap. 1990. P. 64.

критической работы XVIII в. Дэвида Юма, который бескомпромиссно отстаивал, что суждение «А является причиной В» не означает ничего, кроме следования В за А. Подсказкой для Эйнштейна служила также работа венского физика, философа и психолога Эрнста Маха, обличающая понятия, оторванные от ощущений. Среди Маховых (иногда избыточных) обзоров праздных абстракций ничто не упоминалось в негативном контексте чаще ньютоновских «средневековых» понятий абсолютного пространства и абсолютного времени. Однако Эйнштейн исследовал время и сквозь призму других научных концепций, среди которых были теории Хендрика А. Лоренца и Пуанкаре. Каждая из этих концептуальных линий, как и другие, с которыми мы столкнемся позднее, формируют часть истории времени и часов. Между тем чисто интеллектуальная история представляет Эйнштейна парящим в облаках абстракций — философем-ученым, своими мыслительными экспериментами потрясающим основы пыльной ньютоновской догмы абсолютного времени, смущающим умы современного ему научно-технического истеблишмента, слишком искушенного, чтобы задавать основополагающие вопросы о времени и одновременности. Но разве эта интеллектуальная оценка является исчерпывающей?

КРИТИЧЕСКАЯ ОПАЛЕСЦЕНЦИЯ

Конечно, Эйнштейн и Пуанкаре часто смотрели на свою научную работу так, будто она возникла полностью за пределами материального мира. В связи с этим полезно поразмыслить над речью Эйнштейна, произнесенной им в начале октября 1933 г. на массовом митинге, организованном с целью помощи беженцам и эмигрировавшим ученым. Ученые, политики и прочая публика битком набилась в лондонский Королевский Альберт-холл. В то время как враждебно настроенные демонстранты угрожали сорвать мероприятие,

тысячи студентов пришли на защиту в качестве стюардов. Эйнштейн предсказывал неизбежность войны, ненависти и насилия, надвигающихся на Европу. Он призывал мир сопротивляться движению к порабощению и угнетению и умолял правительство остановить предстоящий экономический коллапс. Затем неожиданно политическая нить речи Эйнштейна оборвалась. Тема мирового кризиса была отложена в сторону, как если бы бедственный характер текущей ситуации вышел за пределы его компетенции. Совершенно в другом ключе он стал рассуждать об одиночестве, творчестве и тишине, о плодотворных мгновениях, когда он погружался в абстрактные размышления, возможные лишь благодаря однообразию сельской жизни. «Существуют такие роды деятельности, даже в современном обществе, которые подразумевают жизнь в изоляции и не требуют большого физического или интеллектуального усилия. На ум приходят такие занятия, как обслуживание стационарных и плавающих маяков»¹².

Уединение необходимо и для молодого ученого, занятого философскими и математическими проблемами, настаивал Эйнштейн. Это подталкивает нас к тому, чтобы соответствующим образом представить себе его молодость: отождествить патентное бюро Берна, где он зарабатывал себе на жизнь, с таким удаленным плавучим океанским маяком. В соответствии с описанной им идиллией уединенной интеллектуальной деятельности Эйнштейн выглядит в наших глазах как воплощение философа-ученого, который отрезался от суматохи патентного бюро и праздной болтовни, чтобы переосмыслить основы дисциплины и опровергнуть ньютоновские понятия абсолютного пространства и времени. От Ньютона до Эйнштейна: достаточно легко представить себе эту трансформацию физики как противоборство теорий, парящих над миром машин, изобретений

¹² *Einstein. Einstein on Peace.* 1960. P. 238–239.

и патентов. Сам Эйнштейн способствовал укреплению этого образа, подчеркивая в разных местах роль чистой мысли в создании теории относительности: «Существенное для бытия человека моего типа заключается именно в том, *что* он думает и *как* он думает, а не в том, что он делает или претерпевает»¹³.

Обычно мы представляем себе Эйнштейна как человека не от мира сего, как оракула, общающегося с духами физики; Эйнштейн заявляет о свободе Бога в создании Вселенной; Эйнштейн отмечает патентные заявки как горы напрасного труда, отвлекающего его от философии природы; Эйнштейн призывает мир к чистым мысленным экспериментам с воображаемыми часами и фантастическими поездами. Ролан Барт проанализировал плод этого коллективного сознания в своем эссе «Мозг Эйнштейна», где ученый представлен как мозг в чистом виде, икона самой мысли, как волшебник и в то же время как бестелесная машина, без психики или общественного бытия¹⁴.

Барт должен был знать, что среди тех ученых, которые представляются публике парящими над материальным миром, был и Анри Пуанкаре, выдающийся французский математик, философ и физик, абсолютно независимо от Эйнштейна построивший подробную математическую физику, содержащую принцип относительности. В изящно стилизованных эссе Пуанкаре представляет свои результаты широкому кругу читателей и в то же время исследует достоинства и недостатки как современной, так и классической физики. Подобно Эйнштейну, Пуанкаре позиционировал себя как свободного мыслителя. В одном из самых знаменитых отчетов, когда-либо написанных ученым о собственной ра-

¹³ *Einstein*. Autobiographical Notes. [1949]. P. 33.

¹⁴ *Barthes*. Mythologies. 1972. P. 75–77. [Рус. изд.: *Барт Р.* Мозг Эйнштейна // Барт Р. Избранные работы: Семиотика. Поэтика / сост., общ. ред. и вступ. ст. Г.К. Косикова. М.: Прогресс, 1989.]

боте, Пуанкаре перечислил свои шаги к теории нового типа функций, важной для нескольких областей математики:

В течение двух недель я старался доказать, что невозможна никакая функция, которая была бы подобна тем, которым я впоследствии дал название фуксовых функций; в то время я был еще весьма далек от того, что мне было нужно. Каждый день я усаживался за свой рабочий стол, проводил за ним один-два часа, перебирал большое число комбинаций и не приходил ни к какому результату. Но однажды вечером я выпил, вопреки своему обыкновению, чашку черного кофе; я не мог заснуть; идеи возникали во множестве; мне казалось, что я чувствую, как они сталкиваются между собой, пока, наконец, две из них, как бы сцепившись друг с другом, не образовали устойчивого соединения. Наутро я установил существование класса функций Фукса, а именно тех, которые получаются из гипергеометрического ряда; мне оставалось лишь сформулировать результаты, что отняло у меня всего несколько часов¹⁵.

Не только в этом свидетельстве об открытых им фуксовых функциях, но и в своих замечательных философских и научно-популярных работах Пуанкаре анализировал физические и философские проблемы, создавая воображаемые миры, обособленные от конкретных обстоятельств места и времени, помещая вымышленных ученых в идеализированные альтернативные вселенные: «Представим себе человека, перенесенного на некоторую планету, где небо постоянно закрыто густым покровом облаков, так что никогда не видно других светил; пусть жизнь этой планеты течет так, как если бы она была изолирована в пространстве. Все же этот человек мог бы заметить ее вращение...»¹⁶. Этот космический путешественник, по мнению Пуанкаре, мог бы обнаружить

¹⁵ *Poincaré*. Mathematical Creation. 1913. P. 387–388. [Рус. изд.: Пуанкаре А. Наука и метод // Пуанкаре А. О науке / под ред. Л.С. Понтрягина. М.: Наука, 1989. Гл. III. Математическое творчество.]

¹⁶ *Poincaré*. Science and Hypothesis. 1952. P. 78. [Рус. изд.: Пуанкаре А. Наука и гипотеза // Там же.]

вращение планеты благодаря установлению того факта, что планета выпукла на протяжении своего экватора, или благодаря повторению эксперимента Жана Фуко с вращением свободно подвешенного маятника. Здесь, как и в других местах, Пуанкаре использовал воображаемый мир, для того чтобы сделать реальный философско-физический вывод.

Конечно, можно — и даже продуктивно — рассматривать Эйнштейна и Пуанкаре только как спекулятивных философов, чья цель заключалась в том, чтобы подкреплять философские утверждения созданием вымышленных миров, изобилующих всевозможными нереальными ситуациями. Наверное, как раз один из таких миров представлял себе Пуанкаре, когда описывал ситуацию с резко различающимися температурами, приводящими к изменению длины объекта при движении вверх или вниз. Нападки Пуанкаре и Эйнштейна на абсолютную одновременность Ньютона также могут рассматриваться как исключительно метафорические конструкции, использующие вымышленные поезда, фантастические часы и абстрактные телеграфы.

Теперь давайте вернемся к центральному пункту исследования Эйнштейна. Оставаясь в рамках, как может показаться, причудливо метафорического мыслительного эксперимента, Эйнштейн хотел узнать, что означает прибытие поезда на станцию в 7 часов. Я долго полагал, что это тот вопрос, который (как однажды выразился сам Эйнштейн) человек формулирует «в раннем детстве». Эйнштейн же продолжал задавать его себе, когда «уже повзрослел»¹⁷. Было ли это простодушием оторванного от реальности гения? При таком подходе вопросы о времени и пространстве того же толка кажутся настолько элементарными, что не заслуживают внимания профессионального ученого. Но разве проблема одновременности все это время не находилась

¹⁷ Цит. по: Helle Zeit-dunkle Zeit / Seelig (ed.). 1956. S. 71; англ. пер.: *Calaprice. The Quotable Einstein.* 1996. P. 182.

ниже порога зрелой мысли? Разве кто-нибудь в 1904–1905 гг. *в действительности* задавался вопросом, что означает для наблюдателя, находящегося здесь, заявить, что удаленный наблюдатель видел прибытие поезда в семь часов? Была ли идея определения удаленной одновременности посредством обмена электрическими сигналами исключительно философским конструктом, вынесенным за границы материального мира начала века?

Конечно же, я был далек от мыслей об относительности, когда не так давно стоял на одной североевропейской железнодорожной станции, рассеяно глядя на элегантные часы, выстроившиеся в линию вдоль платформы. Все они показывали одно и то же время, минута в минуту. Любопытно. Хорошие часы. Затем я понял, что, насколько я мог видеть, даже отрывистые движения их секундных стрелок отличались абсолютной синхронностью. Эти часы не просто хорошо идут, подумал я, эти часы согласованы. Эйнштейн, по всей видимости, также должен был иметь перед глазами согласованные часы, когда он трудился над своей статьей 1905 г., пытаясь понять значение удаленной одновременности. И действительно, через дорогу от его Патентного бюро в Берне располагался старый железнодорожный вокзал, демонстрирующий захватывающий вид часов, согласованных внутри станции, вдоль железнодорожных путей и на фасаде (рис. 1.3).

Происхождение согласованных часов, как и большинство вещей из нашего технологического прошлого, остается неясным. Какая из многочисленных частей технологической системы стала определяющей? Использование электричества? Унификация часовых механизмов? Непрерывный контроль удаленных часов? Считается, однако, что уже к 1830–1840-м годам британцы Чарльз Уитстон и Александр Бейн, а вскоре после них швейцарец Маттеус Гипп и множество других европейских и американских изобретателей начали конструировать системы электрического распреде-



Рис. 1.3. Железнодорожная станция Берна (примерно 1860–1865 гг.) Одна из первых построек в Берне, оснащенных новыми согласованными часами. Двое часов едва заметны над овальными арками внешней части здания вокзала.

Источник: Bürgerbibliothek в Берне, neg. 12572.

ления сигналов для связывания многочисленных удаленных часов с едиными центральными часами, названными в соответствующих языках «*horloge-mère*» (материнские часы), «*Primäre Normaluhr*» (основные стандартные часы) и «*master clock*» (главные часы)¹⁸. В Германии Лейпциг был первым городом, который ввел в оборот электрическую систему распределения времени, затем Франкфурт в 1859 г.; Гипп (тогдашний директор телеграфной мастерской) приме-

¹⁸ Дистанционно установленные часы обсуждали среди прочих Чарльз Уитстон и Уильям Кук, шотландский часовщик Александр Бейн и американский изобретатель Сэмюэл Ф.Б. Морзе. Для Уитстона, Кука и Морзе координация часов была ответвлением их основного интереса к телеграфии. См.: *Welch. Time Measurement*. 1972. P. 71–72.

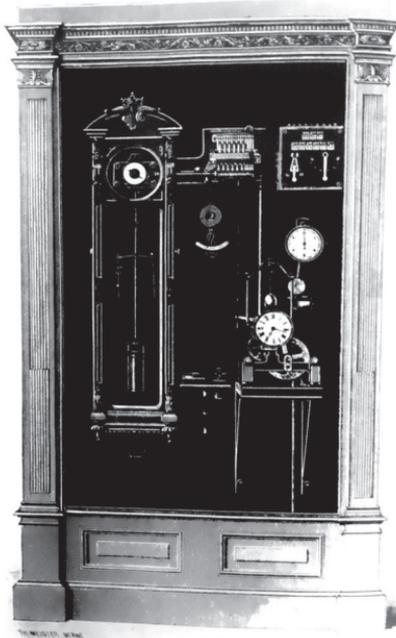


Рис. 1.4. Главные часы Невшателя

Нарядно украшенные главные часы были объектом огромной ценности, а также гордости горожан. Находящиеся в центре региона часовой промышленности Швейцарии, они получали время прямо из обсерватории, а затем посылали свой сигнал по телеграфным линиям.

Источник: *Favarger. L'Électricité. 1924. P. 414.*

нил швейцарские наработки в Федеральном дворце в Берне, где сотни часов начали синхронно идти в 1890 г. Согласование часов быстро охватило Женеву, Базель, Невшатель и Цюрих, включая их железнодорожные пути (рис. 1.4, 1.5)¹⁹.

¹⁹ Относительно дискуссий о согласовании часов до 1900 г. см., например, серию статей: *Favarger. L'Electricité et ses applications à la chronométrie. Sept. 1884 — June 1885. P. 153–158*, а также *Les Horloges électriques. 1917; Ambronn. Handbuch der Astronomischen Instrumentenkunde. 1899. Vol. 1. P. 183–187*. О расширении сети Берна см.: *Gesellschaft für elektrische Uhren in Bern. Jahresberichte. 1890–1910. Stadtarchiv Bern.*

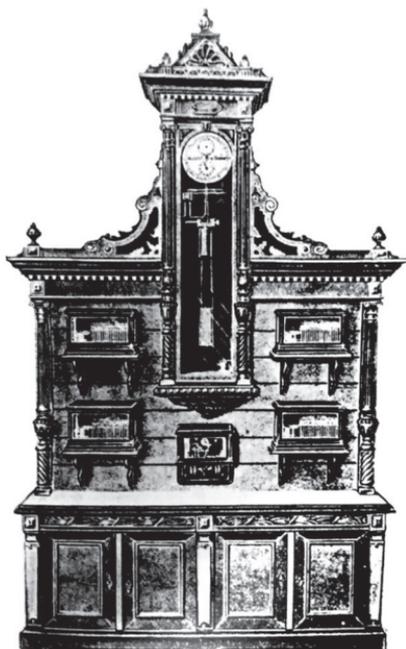


Рис. 1.5. Главные часы Берлина

Эти часы, находящиеся на главном вокзале Берлина, посылали свое время на множество железнодорожных путей, расходящихся в разные стороны от вокзала.

Источник: *Favarger. L'Électricité. 1924. P. 470.*

Таким образом, Эйнштейн не только был окружен технологией согласования часов, он находился в одном из наиболее крупных центров изобретения, производства и патентования этой распространяющейся технологии. Находились ли другие крупные ученые, которые занимались фундаментальными физическими законами электромагнетизма и природой времени, также в гуще последних достижений синхронизации часов? С уверенностью можно сказать по крайней мере об одном из них.

Примерно за семь лет до того как 26-летний служащий патентного бюро переопределил одновременность в своей

работе 1905 г., Анри Пуанкаре выдвинул поразительно схожие идеи. Выдающийся французский интеллектуал уже был широко известен как один из самых знаменитых математиков XIX в. благодаря разработке значительной части топологии, работам по небесной механике и огромному вкладу в электродинамику движущихся тел. Инженеры нахваливали его работы по беспроводной телеграфии. Широкая общественность один за другим поглощала его бестселлеры по философии конвенционализма, науке и ценностям и апологии «науки ради науки».

Для наших целей наиболее примечательной является работа Пуанкаре, напечатанная в январе 1898 г. в философском журнале *Revue de Métaphysique et de Morale* под заголовком «Измерение времени». В ней Пуанкаре разрушил популярное мнение, поддерживаемое влиятельным французским философом Анри Бергсоном, согласно которому у нас есть интуитивное понимание времени, одновременности и длительности. Вместо этого, доказывал Пуанкаре, одновременность — это *конвенция*, соглашение между людьми, пакт, заключенный не благодаря его очевидной истинности, но по причине того, что он позволял максимизировать человеческое удобство. По существу, одновременность должна *определяться* в результате наблюдаемой процедуры согласования часов, путем обмена электромагнитными сигналами (телеграфными импульсами или световым всплшками). Как и Эйнштейн в 1905 г., Пуанкаре в 1898 г. стремился сделать одновременность процедурным понятием, указывая на необходимость учета времени передачи временного сигнала по телеграфу.

Видел ли Эйнштейн статью Пуанкаре 1898 г. или не менее важное сочинение 1900 г. до того, как написал свою работу 1905 г.? Вполне возможно. Пока не существует убедительных доказательств ни той, ни другой точки зрения. Тем не менее будет полезным исследовать данный вопрос как в узком, так и в более широком плане. Ибо, как мы увидим, Эйнштейн

не нуждается в ознакомлении с аргументацией Пуанкаре. Проблема согласования часов то и дело мелькала на страницах философских и физических журналов. В действительности сам процесс электромагнитного согласования часов был настолько захватывающим для общественности конца XIX в., что эта тема промелькнула однажды даже в одной из любимых детских книг Эйнштейна о науке²⁰. В 1904–1905 гг. кабели, связывающие между собой часы, опоясали землю по суше и по морскому дну. Синхронизированные хронографы были повсюду.

Так же как комментаторы привыкли видеть в рассуждениях Эйнштейна о поездах, сигналах и одновременности пространственные метафоры и литературно-философские мыслительные эксперименты, возник и стереотип в отношении Пуанкаре. В случае французского мыслителя имело место нечто похожее на то, как теорию относительности Эйнштейна поспешили записать в разряд философских спекуляций, объявив ее блестящим ходом автора, которому не хватило интеллектуального мужества, чтобы довести ее до своего логического, революционного конца. Эта история получила такое распространение, что стало привычно рассматривать инсайт Пуанкаре относительно согласования времени как полностью изолированное философское *apercu*, оторванное от реального мира. Но ни Пуанкаре, ни Эйнштейн не говорили о времени в вакууме.

Что такое, задается вопросом Пуанкаре, правила, посредством которых ученые определяют одновременность? Что *есть* одновременность? Его заключительный, наиболее сильный пример касался определения долготы. Он отмечал, что когда моряки или географы заняты определением долготы, по сути, они вынуждены решать как раз ту самую центральную проблему одновременности: они должны, не находясь в Париже, рассчитать парижское время.

²⁰ *Bernstein*. Naturwissenschaftliche Volksbücher. 1897. S. 62–64, 100–104. Я хотел бы поблагодарить Юргена Ренна за полезную беседу о Бернштейне.

Определить широту просто. Если Полярная звезда находится прямо над головой — вы на Северном полюсе; если она лежит на полпути к горизонту — вы на широте Бордо; если она на горизонте — вы на широте экватора. Не имеет никакого значения, в какое время вы производите определение широты, — в каждом конкретном положении угол Полярной звезды остается всегда одинаковым. А вот нахождение разницы долгот между двумя точками является куда более сложной задачей: она требует двух удаленных наблюдателей для произведения астрономических измерений *в одно и то же время*. Если бы Земля не вращалась, проблемы бы не было: мы с вами будем смотреть вверх и, например, проверять, какие звезды находились непосредственно под Полярной звездой. С помощью сверки карты звездного неба мы могли бы легко определить нашу относительную долготу. Но Земля вращается. Таким образом, для того чтобы точно зафиксировать различие долгот, мы должны быть уверены, что мы измеряем позиции звезд (солнца или планет) в одно и то же время. Например, предположим, что картографической команде в Северной Америке было известно парижское время и она наблюдала, что в месте ее расположения солнце поднялось ровно шестью часами позже, чем это произошло в Париже, Городе света. Поскольку Земле требуется 24 часа для полного оборота вокруг своей оси, команда догадается, что находится где-то на долготе, которая составляет $6/24$ (т.е. одну четвертую) окружности Земли (т.е. 90°) западнее Парижа. Но как исследователям узнать, сколько времени было в Париже?

Как отмечает Пуанкаре в «Измерении времени», картограф может узнать парижское время, просто если будет носить с собой в экспедиции точное устройство хронометража (хронометр), установив его на парижское время. Но транспортировка хронометра ведет к проблемам одновременно теоретического и практического характера. Исследователь и его парижские коллеги могут наблюдать некоторый небес-

ный феномен (как, например, появление спутника Юпитера из-за планеты) из двух разных положений и заявить, что их наблюдения были одновременными. Но эта процедура не так проста, как кажется на первый взгляд. Существовали практические проблемы в использовании затмений Юпитера. Даже в теории, как замечает Пуанкаре, время будет нуждаться в корректировке, поскольку свет от Юпитера проходит разное расстояние до двух разных точек наблюдения. Или же — и это тот метод, который предлагает Пуанкаре, — исследователь может использовать электрический телеграф для обмена временными сигналами с Парижем:

Ясно, во-первых, что прием [телеграфного] сигнала в Берлине, например, происходит после отправления этого сигнала из Парижа. Это правило причины и следствия <...>. Но насколько позже? Чаще всего исследованием продолжительности передачи пренебрегают, и два события рассматриваются как одновременные. Но, для строгости, небольшая коррекция должна быть произведена посредством сложных расчетов; на практике же это не делается, поскольку эта корректировка была бы весьма незначительной на фоне ошибок наблюдения; с нашей точки зрения, строгое определение этой корректировки представляет собой именно теоретическую необходимость²¹.

Интуитивное восприятие времени, полагает Пуанкаре, является неэффективным в решении вопроса одновременности. Верить ему — значит впасть в иллюзию. Интуиция должна быть дополнена правилами измерения: «Это не общее правило, не строгое правило; это множество мелких правил, применимых к каждому конкретному случаю. Эти правила не напрашиваются сами собой, и мы могли бы заняться придумыванием других; но они не могут быть отвергнуты без значительного усложнения законов физики, механики и астрономии. Мы выбираем эти правила, следовательно, не потому что они истинны, но потому что они

²¹ Poincaré. *Measure of Time*. 1913. P. 233–234.

наиболее удобны»²². Все эти понятия — одновременность, временной порядок, равномерная длительность — были заданы для того, чтобы сделать выражение природных законов настолько простым, насколько это вообще под силу человеку. «Другими словами, все эти правила, все эти определения являются не чем иным, как плодом бессознательного оппортунизма»²³. Время, согласно Пуанкаре, есть *соглашение*, а не абсолютная истина.

Какое время должны приписать Берлину картографы, когда в Париже полдень? Какое время показывают часы, расставленные вдоль железнодорожного полотна, когда поезд въезжает в Берн? На первый взгляд кажется, что Пуанкаре и Эйнштейн задаются вопросами потрясающей простоты. Таким же был и ответ: два удаленных события являются одновременными, если согласованные часы в двух разных точках пространства показывают одно и то же время — полдень в Париже, полдень в Берлине. Подобные суждения были неизбежно *конвенцией* правила и процедуры: спрашивать об одновременности означало спрашивать, как согласовать часы. Их предложение: пошлите электромагнитный сигнал от одних часов к другим, принимая во внимание время, необходимое сигналу для преодоления данного расстояния. Простая идея с головокружительными последствиями для понятий пространства и времени, для новой теории относительности, для современной физики, для философии конвенционализма, для окутавшей мир сети электронной навигации, для самой нашей модели надежного научного знания.

Вот мой вопрос: как на рубеже веков действительно выработывалась одновременность? Как Пуанкаре и Эйнштейн пришли к пониманию того, что одновременность должна определяться через конвенциональный порядок согласования часов посредством обмена электромагнитными сигналами?

²² Ibid. P. 235.

²³ Poincaré. La Mesure du temps. 1970. P. 54 (с небольшими изменениями).

лами? Подобные вопросы не охватить одним лишь биографическим подходом, хотя, конечно же, существует слишком много биографов Эйнштейна и недостаточно биографов Пуанкаре. Эта книга не об истории философского понимания времени, что могло бы легко вернуть нас назад к Аристотелю. Это и не исчерпывающее описание сложного развития часовых механизмов, и даже не только электрических. И это не подробная история множества расхожих понятий электродинамики XIX в., которые Пуанкаре и Эйнштейн подвергали критике в попытке переформулировать электродинамику движущихся тел.

Скорее, это срез физики, техники и философии, который затрагивает множество слоев, — это исследование синхронизированных часов, пересекающееся с прокладкой электрических проводов по дну океанов и маршем прусских армий. Он достигает сердцевины физики и релятивистской физики через философию конвенционализма. Возьмите провод телеграфной системы XIX в. и проследуйте за ним: он проведет вас по Северной Атлантике; вверх на галечные пляжи Ньюфаундленда; он тянется из Европы в Тихий океан и в Хайфонскую гавань; он скользит по океаническому дну Западной Африки. Проследите за наземными проводами — железные и медные кабели проходят через Анды, глухие районы Сенегала, через всю Северную Америку от Массачусетса до Сан-Франциско. Кабели тянутся вдоль железнодорожных путей, по дну океанов и на побережье между лагунами колониальных исследователей, а также роскошными зданиями великих обсерваторий.

Но телеграфные провода не проложили себя сами. Они пришли вместе с национальными амбициями, войнами, промышленностью, наукой и завоеваниями. Они стали зримым символом договоренностей между народами в конвенциях о длинах, временах и электрических мерах. Согласование часов в XIX и XX вв. было не просто пустячной процедурой обмена сигналами. Пуанкаре был одним из ад-

министраторов этой глобальной сети электрического времени, Эйнштейн — экспертом в Центральной швейцарской палате расчета новых электротехнологий. Оба были также сосредоточены на электродинамике движущихся тел и зачарованы философскими размышлениями о пространстве и времени. Углубляясь в понимание этой всемирной синхронизации, мы придем к пониманию того, что есть современного в современной физике, а также того, какой вклад в эту современную физику внесли Эйнштейн и Пуанкаре.

Конечно же, очень поучителен разительный контраст между представлениями о времени у Ньютона в далеком XVII в. и концепцией времени у Эйнштейна и Пуанкаре на рубеже XIX–XX вв. Две эти концепции высятся как памятники былому столкновению раннего Нового времени и современности, идущей ему на смену: с одной стороны, это пространство и время как модификации «чувствовалица Бога», с другой — пространство и время, определяемые линейками и часами. Но временная дистанция между 1700 и 1900 гг. не должна нас смущать. Меня интересует как раз ближайшее — повседневный мир 1900 г., в котором стало привычным, и не только для Пуанкаре и Эйнштейна, рассматривать время, соглашения, машиностроение и физику как части единого целого. Для тех десятилетий стало потрясающей находкой смешение машин и метафизики. Столетие спустя, кажется, родство мыслей и вещей исчезло.

Возможно, одна из причин того, что мы не можем представить себе такое соединение науки и техники, заключается в том, что стало общепринятым делить историю на разные планы и масштабы: интеллектуальная история — для универсальных (или претендующих на универсальность) идей; социальная история — для более локальных классов, групп и институтов; биография, или микроистория, — для индивидов и их непосредственного окружения. В рассказе об отношениях между чистым и прикладным существуют нарративы, которые отслеживают абстрактные идеи через

лаборатории, машинные цеха и повседневную жизнь. Существуют также нарративы, которые действуют наоборот: ежедневная работа техники медленно совершенствуется, затем она сбрасывает свою материальность, постепенно поднимаясь по лестнице абстракции, до тех пор пока не достигнет уровня теории — из рабочего цеха в лабораторию на меловую доску и, в конце концов, некоторым мистическим образом в философию. Считается, что наука функционирует следующим образом: из чистоты эфирного пара идеи оседают в повседневной материальности или, наоборот, идеи испаряются из монотонной повседневности, перемещаясь в воздушное пространство.

В данной книге мы не будем придерживаться ни одного из этих объяснений. Философские и физические размышления не были *причиной* развертывания согласованного времени поездов и телеграфов. Технологии не были производными версиями абстрактного набора идей. Также неверно было бы утверждать, что огромные сети электросогласованных часов конца XIX в. вынудили или подвигли философов и физиков принять новую концепцию одновременности. Нет, наш рассказ о согласованном времени не будет следовать ни одной из двух сюжетных метафор испарения или конденсации. Нужен другой образ.

Представим себе океан, покрытый изолированной атмосферой из водяного пара. Когда внутри этого микромира достаточно жарко, вода испаряется. Когда пар остывает, он конденсируется и проливается в виде дождя обратно в океан. Но если давление и теплота таковы, что вода постоянно испаряется, а пар постоянно уплотняется, в конце концов жидкость и газ достигнут одинаковой плотности. По ходу приближения к критической точке случается нечто необычное. Вода и пар больше не являются стабильными. Отдельные области жидкого и газообразного состояния воды начинают беспорядочно изменять свое фазовое состояние, переходя из жидкого в газообразное и обратно из газообразного

в жидкое — от крошечных скоплений молекул до объемов, близких к размерам планет. В этой критической точке свет различной длины волны начинает отражаться от капель разных размеров; вскоре свет отражается любыми возможными длинами волн. Каждый цвет видимого спектра отражается как будто из перламутровой ракушки. Такие сильно выраженные колебания отраженного света известны как критическая опалесценция.

Это как раз та метафора, которая нужна нам для написания истории согласования времени. Однажды произошел научно-технологический сдвиг, который нельзя объяснить в пределах изолированных друг от друга областей чистой науки, техники или философии. Согласование времени в течение полувека после 1860 г. не шло шаг за шагом из технологического поля деятельности вверх, в более разреженные сферы науки и философии. Но дело не обстояло и так, что идеи синхронизации времени возникли в области чистой мысли, а затем перешли в объекты, деятельность машин и заводов. Согласование времени возникает в бесконечных метаниях между абстрактным и конкретным, на разных уровнях, в нестабильной фазе мерцания критической опалесценции.

Копаясь в архивах почти всех городов Европы и Северной Америки, а также во многих других, мы обнаружим борьбу за согласование времени на протяжении конца XIX в. Там лежат пожелтевшие акты железнодорожных прорабов, навигаторов и ювелиров, но также ученых, астрономов, инженеров и предпринимателей. Согласование времени было делом не только отдельных школ (часы в классах согласовывались с главными часами), но также городов, железнодорожных компаний и целых стран, внедрявших единообразие общественных часов и яростно споривших относительно того, как это должно быть реализовано. А знакомясь с архивами центрального правительства, мы пополняем список акторов анархистами, демократами, интернационалистами, генералами.

В этой какофонии голосов данная книга призвана показать, как синхронизация часов стала причиной согласования не только процедур, но также языков науки и технологий. История согласования времени около 1900 г. — это не описание поступательного развития человеческой мысли на пути создания все более и более точных часов; в ней рассказывается о том, как столкнулись между собой физика, инженерное дело, философия, колониализм и коммерция. Синхронизация часов всегда была одновременно как практической, так и абстрактно теоретической: гуттаперчевым изолятором на медном проводе и космическим временем. Регуляция времени толковалась настолько по-разному, что в Германии она представлялась в качестве оплота национального единства, тогда как во Франции Третьей республики в тот же самый момент олицетворяла рационалистическое завершение революции.

Моя цель заключается в том, чтобы проследить согласование времени через призму критической опалесценции и при этом разобраться в том, что Эйнштейн и Пуанкаре считали центральным в контексте понятия одновременности. Исследование процесса промышленного производства времени и каналов его распределения будет постоянно вести нас в конкретные места, ассоциируемые с именами Эйнштейна и Пуанкаре: парижское Бюро долгот и патентное бюро Берна. Находясь в этих точках, Пуанкаре и Эйнштейн были свидетелями, представителями, участниками и координаторами пересекающихся потоков согласованного времени.

ПОРЯДОК АРГУМЕНТАЦИИ

Поскольку траектория согласования времени не может быть отслежена через простое расширение узкой группы железнодорожных менеджеров, изобретателей или ученых, наша история будет чередовать масштабы локальных и глобальных нарративов. В главе 2 («Уголь, хаос, конвенция») я хотел

бы представить Пуанкаре в несколько непривычном свете. Кто мог бы предположить по прочтении «Науки и гипотезы» — его бестселлера 1902 г., — что он учился на горнопромышленного инженера и служил инспектором в опасных, труднодоступных угольных шахтах на востоке Франции? Или что в течение нескольких десятилетий он участвовал в управлении Бюро долгов в Париже в качестве президента в 1899 г. (и позднее, в 1909 и в 1910 гг.)? Или что он был одним из редакторов (и часто там публиковался) в главном журнале по электротехнике, который включал как статьи по фундаментальным вопросам электродинамики, так и работы о подводных кабелях и электрификации городов?

Понимание произошедшей трансформации времени, его радикальной секуляризации, требует переосмысления позиции Пуанкаре, поскольку до тех пор пока мы воспринимаем его либо только как философски мыслящего математика, либо только как математического физика (хотя, конечно же, он был и тем и другим), осуществленная им конвенционализация одновременности также будет видеться упрощенной, двухмерной. Необходимо нечто большее, чем простое добавление побочного интереса к технике. Пуанкаре будет фигурировать у нас не в качестве свободно парящей монады, владеющей тем или иным философским, математическим или физическим «ресурсом» для решения конкретных проблем. Вместо этого в данной книге я хочу поместить Пуанкаре среди цепочки ярких событий, которые пересеклись в нескольких критических точках и сформировали ряд ключевых стратегий физики (а также философии и техники). Пуанкаре не просто механически усвоил несколько вычислительных навыков в своей alma mater — *École Polytechnique*: скорее, он был целиком и полностью ее продуктом. По его собственным словам, он и его коллеги с гордостью пронесли по жизни свой политехнический «фабричный штамп». Глава 2 как раз об этом штампе: Пуанкаре было интересно как расследовать аварии в шахтах, так

и вести досужие споры о стабильности и судьбе Солнечной системы или двигать вперед абстрактную математику. Для того чтобы уловить эту тесную связь между материальным и абстрактным, нам необходимо подобраться к Пуанкаре как можно ближе. И эта связь является ключевой для последующего повествования, если мы хотим понять, почему Пуанкаре раз за разом настаивает на исследовании понятия одновременности под различными, но в то же время пересекающимися углами зрения физики, философии и техники.

Но политехническое образование Пуанкаре в совокупности с последующими годами, проведенными в сфере горной добычи и математики, еще не является достаточно обширной территорией, на которой можно расположить секуляризацию согласования времени. Еще более обширное пространство открывается за границами Франции, охватывая пересекающиеся сети проводов и рельсов, которые с умопомрачительной скоростью возводились великими державами. Притирка этих систем друг к другу могла состояться только благодаря кодексам и конвенциям, которые в 1870-х и 1880-х годах стремились, иногда болезненно, разрешить столкновение несовместимых стандартов длин и времен. Поэтому в главе 3 мы отойдем от прецизионной оптики второй главы.

В главе 3 («Электрическая карта мира») речь пойдет о долгом этапе распространения сетей электросвязи, о столкновении империй времени. В последние десятилетия XIX в. международные конвенции нигде не были востребованы больше, чем в создании глобальных карт. Сталкиваясь с ошеломляющим увеличением объема торговли в течение этих лет, навигаторы все больше и больше разочаровывались в картах с разными и часто недостоверными долготными сетками. В ненадежных картах были разочарованы и колониальные власти, которые наращивали темпы завоевания новых земель, эксплуатацию ресурсов и строительство железнодорожных путей. Все это требовало точной и согласованной

геодезии. Эта потребность привела к созыву конференции в Американском государственном департаменте в 1884 г., на которой 22 страны добивались определения единого нулевого меридиана, начальной точки долготы, размещенной в Гринвиче, Англия. Разочарованная, а по сути взбешенная проведением глобального нулевого меридиана через узловой центр Британской империи, французская делегация начала лоббировать перевод времени в десятичную систему, намереваясь поставить французский штамп рационального просвещения на новый мировой порядок часов и карт.

Глава 4 («Карты Пуанкаре») берет среднее концептуальное разрешение — пик французской кампании 1890 г. по рационализации времени, в которой Пуанкаре играл определяющую роль. Он был ответственным за оценку давно обсуждавшихся предложений периода Французской революции по переводу исчисления времени и деления окружности в десятичную систему. Пуанкаре и его межведомственная комиссия непосредственно разбирались с конкурирующими подходами, предлагавшими различные способы конвенционализации измерения времени. Это происходило как раз в тот период, когда Пуанкаре поступил на службу в качестве научного сотрудника в Парижское бюро долгот — института, ответственного за согласование часов по всему миру в целях создания наиболее точных карт. Здесь — в Европе, Африке, Азии и Америке, в мире точно синхронизированных времен и геодезических карт, — мы можем, наконец, в полной мере оценить философский тезис Пуанкаре 1898 г. о необходимости рассмотрения одновременности в качестве общепринятой конвенции. Если одновременность не может быть зафиксирована иначе как через согласованную процедуру синхронизации часов, то установить эту синхронизацию можно точно так же, как и в случае с картографированием долготы посредством обмена телеграфными сигналами. Этот ход — связывание современной картографии и метафизики времени — чрезвычайно важен. Абсолютное,

теологическое время Ньютона больше не требовалось и было вытеснено *процедурой*. На место божественного провидения пришел общедоступный инжиниринг времени.

В конвенционализации времени Пуанкаре в 1898 г. ничего непосредственно не говорится ни об электродинамике, ни о принципе относительности. Эта связь появится позднее, в декабре 1900 г., когда Пуанкаре пересмотрит раннюю работу нидерландского физика Хендрика Антона Лоренца, который еще в 1895 г. выдвигал теорию электрона, включавшую одну чрезвычайно прозорливую мысль. Рассматривая покоящуюся в эфире систему координат, в которой должны были успешно работать уравнения электрического и магнитного поля (уравнения Максвелла), Лоренц заговорил об «истинном времени», t_{true} . Предположим, что имеется некоторый объект, например металлический брусок, движущийся в этой покоящейся системе координат (путешествующий сквозь эфир), и что уравнения Максвелла детально описывают электрические и магнитные поля внутри и вокруг него. Как должны быть описаны физические процессы с точки зрения системы координат, движущейся *вместе с* металлическим бруском? Такое впечатление, будто физические процессы неожиданно стали гораздо более сложными, поскольку мы попытались принять во внимание тот факт, что эта система координат также двигалась сквозь эфир. Но Лоренц обнаружил, что можно упростить уравнения, сделав их такими же простыми, как уравнения для покоящейся системы координат, если переопределить поля и временную переменную. Переопределив время события как зависимое от того, *где* происходит данное событие, Лоренц назвал его t_{local} — «локальным временем» (Ortszeit). То же словосочетание использовалось в повседневной жизни для описания (зависимого от долготы) времени Лейдена, Амстердама или Джакарты. Ключевым было следующее: локальное время Лоренца было чистой математической фикцией, используемой для упрощения уравнения.

Свою статью о времени Пуанкаре впервые опубликовал в январе 1898 г. в одном философском журнале. Его цель заключалась в том, чтобы показать, что согласование часов посредством телеграфного обмена электрическими сигналами формировало основу для конвенционального определения одновременности. Это были технические и философские рассуждения, не имевшие ничего общего с физикой движущихся тел. В отличие от этого в своей второй работе (1900 г.) Пуанкаре значительно расширил понимание t_{local} Лоренца до физики всех реальных (а не только теоретических) движущихся систем координат. При этом Пуанкаре делал все возможное, чтобы не привлекать внимание к различию между «кажущимся» локальным временем и математическим локальным временем Лоренца. Тем не менее понятие трансформировалось: в руках Пуанкаре локальное время потеряло свой фиктивный статус и стало временем, которое движущиеся наблюдатели видели на своих часах, когда вносили поправку на то, что обмен сигналами будет сопротивляться эфирному ветру или распространяться в попутном ему направлении.

В интерпретации локального времени, которую Пуанкаре предложил в 1900 г., все три дисциплины — физика, философия и геодезия — пересеклись на согласовании часов посредством обмена электрическими сигналами. Реагируя на переосмысление Лоренцом своей концепции, в 1905–1906 гг. Пуанкаре сделал третий шаг: в 1904 г. Лоренц модифицировал свое локальное время, t_{local} для того чтобы сделать уравнения электродинамики, релевантные для фиктивно движущихся систем координат, еще более похожими на уравнения, описывающие «действительно» покоящиеся в эфире системы координат. Пуанкаре воспользовался результатами Лоренца, корректируя (в частности) определение локального времени для того, чтобы сделать абсолютно точным математическое соответствие между фиктивно подвижными системами координат и покоящимися. Но ключе-

вым пунктом Пуанкаре было не то, что он немного модифицировал теорию Лоренца. Важнее было то, что Пуанкаре продемонстрировал, что согласованные часы, движущиеся сквозь эфир, с точки зрения реальных наблюдателей, движущихся в той же самой системе координат, будут показывать именно новое локальное время Лоренца. Принцип относительности состоялся даже несмотря на то, что Пуанкаре продолжал противопоставлять «кажущееся время» «подлинному времени». К 1906 г. Пуанкаре установил координацию часов посредством обмена световыми сигналами в центре трех фундаментальных областей современного знания: техники, философии и физики.

Французский ученый-эрудит начал с геодезического времени, затем перешел к антиметафизическому, конвенциональному времени, а затем расчистил путь для физики локального времени и относительности. На всем протяжении его физических размышлений, но также на всем протяжении его философских, технических и политических раздумий, Пуанкаре был убежден, что рациональный интуитивный подход способствует все более глубокому постижению мира; он получал удовольствие от доведения проблемы до ее критического предела, а затем решения ее. С оптимизмом прогрессивного инженера он был всегда готов вновь и вновь перебирать винтики и шестеренки своих конструкций, при этом настаивая на том, что мир, построенный «нашими отцами», нужно почитать, сохранять и совершенствовать.

В главе 5 мы обратимся к «часам Эйнштейна». Не к всемирно известному, одержимому математикой Эйнштейну-провидцу 1933 или 1953 г., но к Эйнштейну-ремесленнику, настраивающему самодельные инструменты в своей квартире на улице Крамгассе, Эйнштейну, занятому чертежами машин и анализом патентов. Это был не Эйнштейн времен Берлина, внезапно прославившийся после Первой мировой войны, и не Эйнштейн времен Принстона, повзрослевший, отрешившийся от всего отшельник, а безоглядно увлечен-

ный молодой человек из Берна 1905 г. Несмотря на то что техническая инфраструктура Берна появилась позднее, когда Швейцария ввела в строй свои железнодорожные пути, телеграф и часовую сеть, синхронизированное время было важным общественным делом, а Берн был его центром. Из Берна электрическое время исходило на часовую промышленность региона Юры, на публичный циферблат городских часов, на железнодорожные пути и, конечно же, на патентование синхронизированных часов. Эйнштейн был в гуще всего этого.

Тем не менее путь Эйнштейна к согласованному времени разительно отличался от пути Пуанкаре. Видение Эйнштейна было менее мелиористским. Еретик и бунтарь, Эйнштейн тщательно изучал физику отцов не для того, чтобы чтить или улучшать ее, но чтобы однажды ниспровергнуть ее. Эйнштейн рассматривал согласование времени (а в действительности, и физику, и философию в общем) как неотъемлемую часть той же самой критической переоценки основополагающих допущений этих двух дисциплин. Он не двигался методично от одного аспекта согласования времени к другому. Большинство элементов его подхода к теории относительности были уже созданы до того, как он затронул проблему времени; например, к 1901 г. он уже отверг идею эфира, за которую так упорно цеплялся Пуанкаре. Приверженность Эйнштейна к критическому мышлению на границе физики и философии имела к тому времени долгую историю: в патентном бюро он и его молодые коллеги препарировали механизмы времени в течение трех лет. Таким образом, в мае 1905 г., когда Эйнштейн начал определять одновременность посредством электрокоординированных часов, не было повода, как это имело место в случае с Пуанкаре, для различения «кажущегося» и «подлинного» времени при сохранении вымышленной концепции эфира. Для Эйнштейна согласование часов было поворотом ключа, который, наконец, приведет в движение механизм теории,

выстраиваемой им в течение десяти лет. Не было эфира; были лишь фактические поля и частицы и только реальные показания времени на часах.

В главе 6 («Место времени») будет показано, как чрезвычайно близкие работы Эйнштейна и Пуанкаре могут оставаться все же далекими друг от друга. Именно по причине непростых отношений между их конкурирующими способами использования согласованного времени Эйнштейн и Пуанкаре не могут быть противопоставлены друг другу как два конкурирующих мировоззрения, прогрессивное — ретроградному, но они должны быть рассмотрены как два поразительно различных видения того, что сделало современную физику современной: оптимистический реформаторский подход выпускника Политехнической школы в сравнении с аутсайдерским бунтом против основ. Однако, несмотря на все их расхождения, обоим ученым открылось необыкновенное видение электрокоординированного времени, и в этом отношении оба стояли на пересечении двух великих движений. По одну сторону раскинулась огромная современная технологическая инфраструктура поездов, кораблей и телеграфов, которая объединялась под знаками часов и карт. По другую — возникал новый смысл миссии знания, который будет определять время посредством прагматизма и конвенциональности, а не посредством вечных истин и теологических санкций. Технологическое время, метафизическое время и философское время пересеклись в электрически синхронизированных часах Эйнштейна и Пуанкаре. Согласование времени расположилось на этом «перекрестке», на стыке знания и власти.

СЕРИЯ «СОЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ»
основана в 2009 г. Валерием Анашвили

В серии вышли: <https://id.hse.ru/books/series/17870538>

Научное издание

Питер Галисон
ЧАСЫ ЭЙНШТЕЙНА, КАРТЫ ПУАНКАРЕ:
ИМПЕРИИ ВРЕМЕНИ

Зав. книжной редакцией ЕЛЕНА БЕРЕЖНОВА
Редактор АНАСТАСИЯ АРХИПОВА
Верстка: СВЕТЛАНА РОДИОНОВА
Корректоры ТАТЬЯНА СМИРНОВА, ЕЛЕНА АНДРЕЕВА

Дизайн обложек серии: ABCdesign
Полина Лауфер
Дизайн блока серии: СЕРГЕЙ ЗИНОВЬЕВ

На обложке — Image of the 1902 film «A Voyage to the moon»
(File:Le Voyage dans la lune.jpg — Wikimedia Commons)

Все новости издательства — <http://id.hse.ru>

По вопросам закупки книг
обращайтесь в отдел реализации
Тел.: +7 495 772-95-90 доб. 15295, 15297
bookmarket@hse.ru

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»
101000, Москва, ул. Мясницкая, 20
Тел.: +7 495 772-95-90 доб. 15285

Подписано в печать 30.05.2022. Формат 84×108/32
Усл. печ. л. 23,9. Уч.-изд. л. 19,2. Печать струйная ролевая
Тираж 1000 экз. Изд. № 2267. Заказ №

Отпечатано в АО «Первая Образцовая типография»
Филиал «Чеховский Печатный Двор»
142300, Московская обл., г. Чехов, ул. Полиграфистов, д. 1
www.chpd.ru, e-mail: sales@chpd.ru, тел.: +7 499 270-73-59