

Питер Галисон
Часы Эйнштейна,
карты Пуанкаре:
империи времени



ПРОЕКТ СЕРИЙНЫХ МОНОГРАФИЙ
ПО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ
И ГУМАНИТАРНЫМ НАУКАМ

**СОЦИАЛЬНАЯ
ТЕОРИЯ**

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
Антон Фомин,
Александры Котловой
под научной редакцией
Антон Фомин

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 omnipresence 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 отправили 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 съеживающегося 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 выжидать, 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 полу-фантастической 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 калесидре 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 Вивiani, 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 конstellацией 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

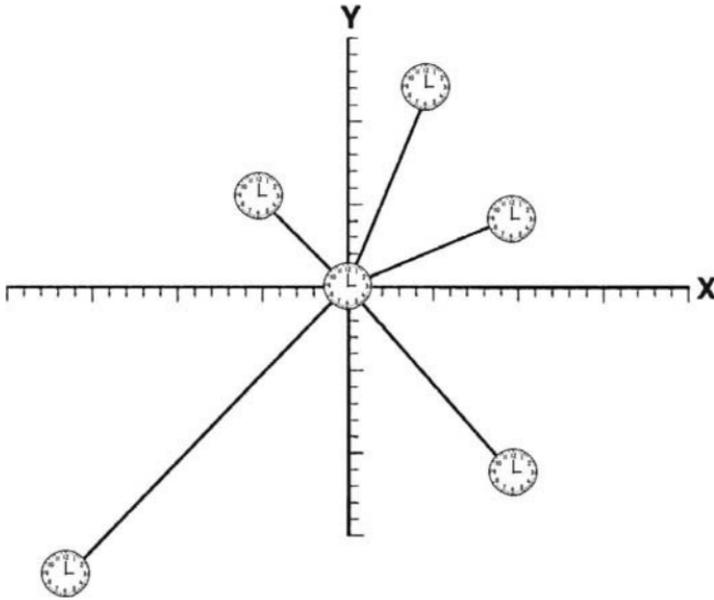


Рис. 1.1. Центральное согласование часов

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

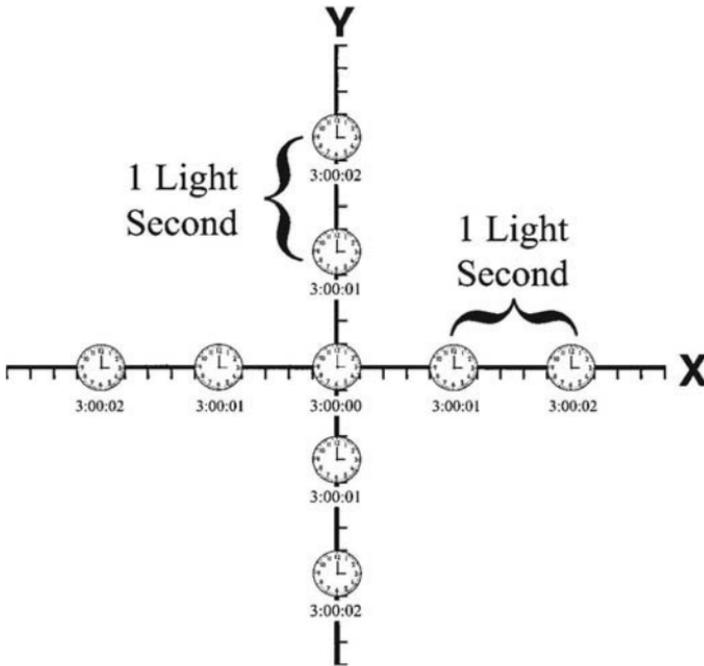


Рис. 1.2. Эйнштейновское согласование часов

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 — философом-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 набились 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 плавучих 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 отрывался 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.

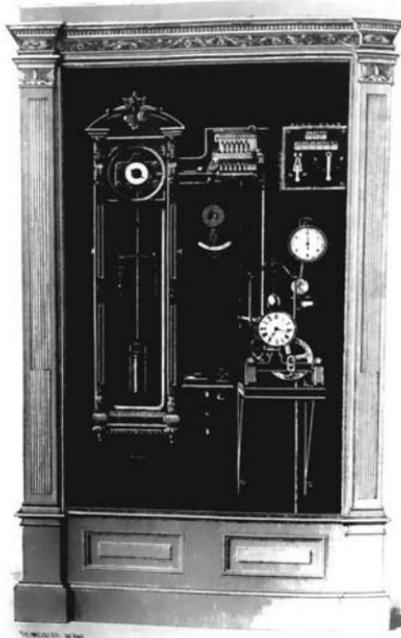


Рис. 1.4. Главные часы Невшателя

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.*

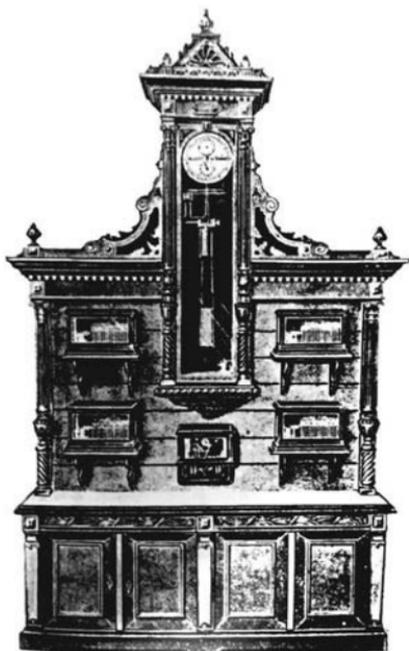


Рис. 1.5. Главные часы Берлина

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 коррективная была бы весьма незначительной на фоне ошибок наблюдения; с нашей точки зрения, строгое определение этой коррективной 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 лагунками 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.

Глава 2

Уголь, хаос, конвенция

БЛАГОДАРЯ оглушительному успеху сборника научно-философских статей 1902 г. «Наука и гипотеза» Пуанкаре обеспечил себе особое место в интеллектуальной жизни Франции, находясь на переднем краю математики, физики и философии. Помимо этого он был репортером важнейшей научной экспедиции и служил президентом Бюро долгот. Тем самым он воплощал в себе идеал успешного выпускника Политехнической школы, рано прославившегося в области математики, а затем перешедшего непосредственно к повседневной практике горной инженерии. Наша основная тема — переплетение абстрактного и конкретного — гораздо больше раскрывается здесь именно через Пуанкаре и его современников, нежели через ученых и инженеров былых времен. Не удивительно, что бывшие студенты Политехнической школы просили его выступить на одном из ежегодных собраний с докладом на тему «О роли политехников в научной работе XIX века». В своей лекции, подготовленной к 25 января 1903 г., Пуанкаре отдал должное всем знаменитым выпускникам своей альма-матер. «Я вижу среди своих предшественников, — говорил он однокашникам и коллегам, — главу нашего генералитета, многочисленных министров, ученых, инженеров, директора огромной компании, тех, кто огнем и мечом создавал нашу замор-

скую империю, и тех, кто организовывал ее, а также тех, кто три года назад собирал с миру по нитке эфемерное великолепие [Всеобщей выставки на] Марсовом поле». Каким образом, задавался вопросом Пуанкаре, одна и та же система образования могла произвести на свет такое разнообразие ученых, военнослужащих и предприимчивых инженеров?¹

В то время когда разделение труда давно уже пустило корни в науке, Пуанкаре во всеулышание задавался вопросом, что же такого сделала Политехническая школа для того, чтобы удержать вместе чрезвычайно разнородные специализации. Несомненно, утверждал он, благодаря экзаменам происходит отбор одареннейших студентов с разнообразными способностями. Также верно, что традиционная «аристократия» школы служит идеалом вдохновения («Те, кто сражаются за истину, подобны тем, кто сражаются за страну»). Но здесь должен быть еще и какой-то третий компонент, чтобы выработалось особое мировоззрение, пронизывающее и скрепляющее между собой такие разрозненные интересы. Возможно, дело было в том, что все «варились в одном соку». С одной стороны, химики, физики и минерологи, безусловно, извлекли пользу из высоких математических стандартов своей образовательной программы. С другой стороны, даже у чистых теоретиков среди политехнических математиков «...мы видим постоянную озабоченность практической применимостью» — не только у тех, кто сделал эту практическую применимость своей профессией, но также у выпускников чисто академического склада, включая одного из самых влиятельных математиков в истории Политехнической школы, Огюстена Луи Коши. Коши, несмотря на его общеизвестное отрицательное отношение к математикам, работающим в практических областях, был сильно увлечен механикой. Пуанкаре впоследствии ссылался на своего учителя, Альфреда Корню, который любил повторять, что механика была тем

¹ *Poincaré. Les Polytechniciens. 1910. P. 266–267.*

клеем, который скрепил воедино разнородные части души Политехнической школы. «Вот именно это, — заключил он, — и есть фабричный штамп, о котором я говорил. И наши физики, и наши математики — все немного механики!»²

Если политехники — и прежде всего Пуанкаре — закончили обучение с «фабричным штампом» механики, отпечатанным на их мировоззрении, то это уже достаточно существенно отличало их от ученых, подготовленных в университетах. Но для Пуанкаре это было еще не все. Университетские профессора беспокоились о единстве науки, а политехники — о соединении мысли и действия. В противовес меланхолическому сомнению в способностях науки, под чарами которого находились многие университетские исследователи, выпускников Политехнической школы, настаивал Пуанкаре, манило именно *действие*. Именно оно и связывало между собой абстрактное и конкретное, было *наиболее* сущностной чертой «корпорации». Наука изменилась; изменился и мир. Пуанкаре допускал возможность эволюции образования: «Политехническая школа должна трансформировать себя постепенно, как и все творения человеческой культуры, но эти трансформации не должны затрагивать то, что составляет душу этой школы: альянс теории и практики не должен быть разрушен; он не должен быть искалечен, ибо без него останется только пустое имя»³.

Когда в 1873 г. Пуанкаре вернулся в Политехническую школу, проблема соблюдения баланса чистого знания и его практического применения захватила Францию как никогда раньше. Всего за два года до этого Германия нанесла Франции унижающее поражение, получив при этом новые территории, и в эйфории объединения создавала научные институты и воздвигала монументы, прославляющие победу⁴. Франция — теперь уже без Эльзаса и Лотарингии —

² Ibid. P. 268, 272–273.

³ Ibid. P. 274–275, 278–279.

⁴ Cahan. An Institute for an Empire. 1989 (особенно гл. 1).

отчаянно билась над тем, чтобы понять причину своего катастрофического поражения. Под вопрос была поставлена техническая инфраструктура государства: отчет за отчетом обличал плачевное состояние железных дорог страны, а также, на более высоком уровне, ее общую неподготовленность к эпохе новых сражений. Но больше, чем какая-либо иная область технических знаний, критике подвергались именно институты технического образования, которым требовалась немедленная перестройка. Ни одно из этих учреждений не имело большего веса, чем Политехническая школа, Grande Ecole, в которую только что поступил Пуанкаре.

Политехническая школа, основанная в 1794 г., не имела аналогов ни в США, ни в Британии или Германии. Построенная для обучения элитных инженеров, способствующих реорганизации армии в соответствии с самыми современными требованиями и передовыми достижениями науки, Политехническая школа должна была стать научным институтом, где математики, физики и химики будут процветать под руководством прежде всего математиков. Ее студентов отбирали посредством конкурсных экзаменов (знаменитых *concours*). Политехническая школа произвела на свет сообщество выпускников, хорошо обученных и математически подкованных инженеров. После получения диплома многие поколения ее выпускников занимали самые высокие посты на разных уровнях государственной службы, осуществляя надзор в первую очередь за новым государством, а позднее, в XIX в., — за всей империей. Отчасти Оксфорд и Кембридж, отчасти Сандхерст? Наполовину Массачусетский технологический институт, наполовину Вест-Пойнт? Все эти сравнения одинаково неудачны. Выпускники Политехнической школы обладали гораздо более фундаментальной научной подготовкой по сравнению с их коллегами из британских университетов, пестуемых в классической образовательной парадигме; были гораздо более подкованными в математике, чем новоиспеченные американские инженеры, и гораздо

менее склонными к скрупулезности лабораторной работы, чем элитные немецкие студенты-физики. Политехническая школа была и остается уникальным институтом, обладавшим к 1870 г. легендарным статусом во Франции.

В первые годы после основания этой школы революционный инженер и математик Гаспар Монж использовал геометрию для успешного согласования конфликтующих потребностей прикладной инженерии и передовой математики. Проективная геометрия, верил он, тренировала ум, открывала научную истину, оформляла камень, древесину и фортификационные сооружения. Однако в течение первых десятилетий XIX в. программа Монжа начала сбывать. Математика, в значительной своей части движимая консервативным Коши, сознательно начала отказываться от идеи объединения чистого мышления и мирских забот. Теоретическая наука вознеслась, а прикладные науки отступили — тенденция, которая поддерживалась посредством создания новых, более специализированных инженерных школ⁵.

Когда Париж капитулировал перед Пруссией, французы не нашли недостатка в институтах, которые можно было бы обвинить в этом поражении. Пастер, присоединившийся к общепарижскому хору тех, кто усматривал в немецком триумфе провал французской науки, стал одним из рупоров общественного недовольства. В Политехнической школе обвинения звучали еще громче. Это был основной центр научной инженерии, а студенты носили униформу. Альфред

⁵ Путеводная звезда Монжа — начертательная геометрия — резко сдала в учебной важности со 153 часов (в 1800 г.) до 92 часов (в 1842 г.). Между тем математический анализ, детальное изучение математических функций, поднялся на вершину со вторых ролей. Ср.: *Belhoste, Dahan, Dalmedico, Picon*. La formation polytechnicienne. 1994. P. 20–21; *Shinn*. Savoir scientifique et pouvoir social. 1980. О проективной геометрии Монжа см.: *Daston*. Physicalist Tradition. 1986. Об общем преподавании физики см. статьи Уорвика (Warwick), упоминавшиеся выше, а также: *Olesko*. Physics as a Calling. 1991; *Kaiser D*. Making Theory: Producing Physics and Physicists in Postwar America (неопубликованная докторская диссертация). Harvard University, 2000.

Корню, бывший студент этой школы, который вернулся сюда как восходящая звезда физики, озвучил позицию школы после этого злополучного поражения, — тонкий баланс между высокой наукой и мирскими заботами. Он стал, так сказать, идеальным прототипом нового представителя Политехнической школы Третьей республики, легко переходящего от чисто теоретического к прикладному. Как позднее с восторгом отмечал Пуанкаре, работа Корню охватывала широкий спектр проблем оптики, принося новые инструменты и методы не только физикам, но также астрономам, метеорологам и даже часовщикам. Разработав и построив в Ницце необычайно точные астрономические часы с массивным маятником, Корню навещался туда каждый год для улучшения этого механизма. Кроме того, Корню создал детальную математическую теорию согласования часов посредством обмена электрическими сигналами⁶. Ни его объединение чисто теоретического и прикладного, ни его специфический интерес к электрической координации часов не прошли мимо Пуанкаре.

Лекционный курс Корню изобилует эффектными демонстрациями конкретных лабораторных феноменов. Хотя он и не обучал своих студентов самостоятельной лабораторной работе, эксперименты были для Корню жизненно важной частью науки — ее альфой и омегой. Корню был не одинок: он и его коллеги добивались того, чтобы молодой ученый, заканчивавший Политехническую школу в 1870-х годах, уносил с собой глубокое уважение к экспериментам (хотя и не слишком близкое знакомство с работой приборов, комплексными измерениями или анализом дан-

⁶ Пуанкаре о Корню: *Poincaré. Cornu*. 1910 (первоначально опубликовано в апреле 1902 г.), особенно р. 106, 120–121 (ср.: *Rollet L. Henri Poincaré. Des Mathématiques à la Philosophie. Étude du parcours intellectuel, social et politique d'un mathématicien au début du siècle* (неопубликованная докторская диссертация). University of Nancy 2, 1999. P. 409; *Cornu. La Synchronisation électromagnétique*. 1894.

ных). Вместо этого студенты учились выделять фундаментальные математические структуры, которые охватывали конкретные данные, как конечную точку научной работы. Они учились не принимать на веру отдельные гипотезы об атомизме или электрических полях. Об этом свидетельствует тот факт, что когда Политехническая школа набирала сотрудников на химический факультет, она стремилась прежде всего поддерживать баланс между теми, кто верил в атомы, и теми, кто не верил в них⁷.

Именно в такой мир в 1873 г. вошел Пуанкаре. Не боящийся конкуренции, прозорливый, увлеченный, он зорко, как ястреб, следил за своими однокашниками, писал письма домой о своих соперниках, изредка комментируя студенческую дедовщину и размышляя над политическими махинациями иезуитов. Механика захватила все его внимание, и в этом первостепенно важном предмете его оценки росли стремительно в направлении 19 или 20 (из 20 возможных) баллов. С гордостью он писал домой, что нашел более простое доказательство, чем представил на занятии один из его профессоров-преподавателей. Он писал также о своем прогрессе как в черчении, так и в рисовании от руки. Посетив, к удивлению работников, вместе с группой студентов Политехнической школы местный завод по производству хрустала, Пуанкаре писал о своем восхищении профессиональной сноровкой рабочих и технологией печей Siemens⁸. Еще будучи студентом, Пуанкаре хорошо осознавал «фабричный штамп» Политехнической школы. Между тем, судя по за-

⁷ Пикон (Picon) противопоставляет это отстраненно-уважительное отношение к экспериментам точке зрения Терри Шина, который описывает учебную программу как открыто враждебную к экспериментам (см.: *Belhoste, Dahan, Dalmedico, Picon. La formation polytechnicienne. 1994. P. 170–171; Shinn. Progress and Paradoxes. 1989*).

⁸ См.: Пуанкаре — своей матери, е.г., C76/A74, C97/A131, C112/A150, C1 14/A152, C1 16/A162, в: *Correspondance de Henri Poincaré* (неизд. Archives—Centre d'Études et de Recherche Henri Poincaré, 2001). Все письма относятся к 1873/1874 учебному году.

писке, адресованной матери, преподавание тогда отнюдь не привлекало его:

Мы словно в огромной машине, и должны следовать каждому ее движению из-за опасения остаться за бортом; мы должны делать то, что 20 поколений X [студентов Политехнической школы] делали до нас и что $2n + 1$ поколения новобранцев будут делать после нас. Здесь ты используешь только две способности своего интеллекта: память и ораторское искусство; понимание курса есть нечто, чего каждый может добиться после некоторых трудов, и именно поэтому каждый может заставить меня зубрить, если хочет... Поэтому-то я и обречен на этот выбор: отказаться от собственной работы или сохранить свое место; поскольку эта дилемма продлится всего два года, выбор, который я сделал, не подлежит сомнению; потому что преимущества, которые я извлеку из своего положения, просто несоизмеримы; но его нужно тщательно оберегать и *this is the question*⁹.

Смерть Корню Пуанкаре воспринял как личную утрату: он говорил о том, как сильно будет не хватать Корню как друга, советника, учителя-наставника. Последующая карьера Пуанкаре во многом повторила карьеру Корню. Оба были звездными студентами Политехнической школы, оба посещали Горную школу Парижа, оба получили приглашение вернуться в Политехническую школу в качестве преподавателей, оба служили государству на инженерно-административных должностях. Уроки, запечатленные в их душах, были основательны. Пуанкаре, Корню и их современники-политехники всю жизнь придерживались принципа необходимости соединения абстрактного и конкретного знания. Об их образовании свидетельствовала их дальнейшая карьера: оба служили в Бюро долгот и вместе со своими собратьями-политехниками занимались мириадами технически прогрессивных проектов, от журнала по электротехнике, который

⁹ C79/A92, в: Correspondance de Henri Poincaré (неизд. Archives—Centre d'Etudes et de Recherche Henri Poincaré, 2001).

они помогали издавать, до научных комиссий, в которых они состояли.

Конечно, отношения между наукой и техникой не были раз и навсегда застывшей конфигурацией ни для Политехнической школы, ни для любого другого научного центра. Эти отношения гораздо больше походят на огромное, мерно вздымающееся волны море: подчас теоретическая наука захлестывает и накрывает собой прикладную; в другой момент торжествующая военная и промышленная техника взмывает вверх над утверждениями чистого разума. На короткий момент, после болезненного поражения 1871 г., Корню и его союзники утихомирили это море, превратив его в гладкую поверхность приблизительно эквивалентных утверждений, по крайней мере, в Политехнической школе. Внутри этой «огромной машины», где техника и математическая физика циркулировали с равной скоростью, Пуанкаре стал Пуанкаре.

УГОЛЬ

Перед тем как обратиться к часам, стоит сначала уделить внимание двум обстоятельствам в самом начале профессиональной карьеры Пуанкаре, потому что они расскажут нам многое о том, кем был Пуанкаре, как он мыслил и каково было его место в турбулентном потоке науки и техники. В качестве условного обозначения мы можем назвать эти два эпизода сюжетами об угле и хаосе: в течение первого десятилетия своей работы — с конца 1870-х годов до приблизительно 1890 г. — Пуанкаре боролся не только с новой чрезвычайно неустойчивой механикой Солнечной системы, но также с грязным и опасным миром горной промышленности Франции конца XIX в. (рис. 2.1).

Получив высшее образование в 1875 г., Пуанкаре, следуя традиции, перешел с двумя другими лучшими выпускниками своего курса в Горную школу Парижа. Именно там все трое — Пуанкаре, Бонфуа (Bonnefoy) и Птидидье (Petit-

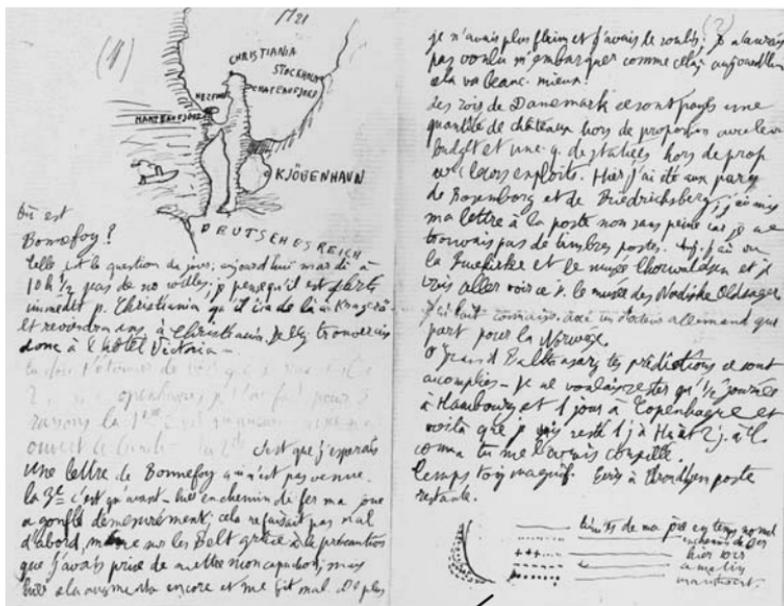


Рис. 2.1. Кривая счастья Пуанкаре (с детализацией)

Это письмо, написанное Пуанкаре матери летом 1879 г., содержит нарисованную от руки карту его геологических путешествий и геометрическую кривую, показывающую «границы его радости» в «обычное время», «вчера», «во время учебы» и «прямо сейчас».

Источник: Архив Анри Пуанкаре, M021.

didier) — в октябре того же года приступили к учебе¹⁰. Научный руководитель Пуанкаре, математик Оссиан Бонне, пытался снизить нагрузку для Пуанкаре, имея в виду его

¹⁰ Roy, Dugas. Henri Poincaré. 1954. P. 8.

математическую работу, но Горная школа Парижа не хотела ничего об этом слышать. Таким образом, Пуанкаре вынужден был дописывать свою научную работу по математике, параллельно изучая входы и выходы вентиляционных шахт. В 1877 г. геологические полевые работы привели его в Австрию и Венгрию.

Культурный кругозор Пуанкаре также расширялся. Его обожаемая младшая сестра Алина познакомила его с философом Эмилем Бутру, за которого она впоследствии вышла замуж. Бутру и Пуанкаре немедленно начали обсуждать философию.

Получив высшее образование в Гейдельберге еще до Франко-прусской войны, Бутру сделал своим философским кредо типично немецкое устремление того времени объединить гуманитарные и естественные науки. Очень работоспособный, пылкий, религиозный Бутру доказывал (следуя [нео]кантианству, впитанному в Гейдельберге), что большинство [открытий] в науке связаны скорее с разумом, нежели с тем, что «снаружи». Через Бутру Пуанкаре познакомился с другими философами, включая интересующегося философией математика Жюля Таннери. Хотя они и не разделяли религиозности Бутру (Таннери был яростным светским республиканцем), тем не менее, все без исключения были заняты поисками среднего пути между наукой как простым наблюдением и наукой как мысленным экспериментом. Пуанкаре, судя по всему, нашел этот подход привлекательным. В течение многих лет он также доказывал, что наука нуждается в некотором смещении индукции и дедукции. Как однажды, примерно в 1877 г., Пуанкаре выразился в своем письме к Алине, наблюдение и индукция должны рассматриваться с «осторожностью». И добавил: «...ты скажешь, индукция может дать нам только знание того же рода, что и сами наблюдения; наблюдения же не могут научить нас ничему относительно субстанции <...> они могут только показать нам сам феномен; и даже не феномен сам по себе;

но только ощущения, которые он производит в нас». Опыт, твердил Пуанкаре своей сестре, никогда не может быть достаточным для обоснования всеобщности знания. «Что тут поделывать; будем брать то, что принадлежит нам, что же до остального, мы должны смиренно признать, что оно останется для нас навсегда непрочтенным письмом»¹¹.

Еще один коллега Пуанкаре по Политехнической школе, наполовину философ, наполовину ученый Огюст Калинон, придерживался похожей, весьма осторожной позиции относительно знания, которое «не принадлежит нам». В 1885 г. Калинон опубликовал трактат об основаниях механики и геометрии. По всей видимости, когда он и Пуанкаре встретились в начале августа 1886 г., они неплохо понимали друг друга. Калинон передал Пуанкаре экземпляр своей недавно опубликованной книги «Критическое исследование механики», которая начиналась с прямого предостережения относительно абсолютизации пространства и времени:

Многие авторы, как в математике, так и в философии, принимают понятие абсолютного движения в качестве первопринципа (*idée première*). Это мнение неоднократно оспаривалось; <...> стоит отметить, что с точки зрения рациональной механики это понятие не имеет смысла; движение точки, рассмотренное обособленно, является исключительно метафизической конструкцией, поскольку, даже допуская, что можно представить себе подобное движение, невозможно подтвердить его и определить его геометрические условия, например форму его траектории¹².

¹¹ См.: *Nye. Boutroux Circle*. 1979. Цитата из: Archives—Centre d'Etudes et de Recherche Henri Poincaré microfilm 3, n.d. (вероятно, 1877 г.), см.: *Rollet. Henri Poincaré, Des Mathématiques à la Philosophie. Étude du parcours intellectuel, social et politique d'un mathématicien au début du siècle* (неопубликованная докторская диссертация), University of Nancy 2, 1999. P. 78–79, ср. также p. 104. О границах научной дискуссии см.: *Anderton. The Limits of Science: A Social, Political and Moral Agenda for Epistemology* (неопубликованная докторская диссертация). Harvard University, 1993.

¹² *Calinon. Étude Critique*. 1885. P. 87.

По причине недостижимости абсолюта Калинон считал возможным говорить только об относительном движении. Аналогичным образом, полагал он, одновременность также должна быть чем-то интерсубъективным: два находящиеся в движении удаленных друг от друга небесных тела будут названы одновременными только в том случае, если кто-то будет наблюдать их «в одно и то же время». Для Калинона человеческая регистрация событий была настолько важна, что он хотел даже учесть то время, которое требуется мозгу для обработки восприятий: «Таким образом, сама идея времени является неотъемлемо присущей тому способу, посредством которого функционирует наш мозг, и не имеет смысла за пределами разума, устроенного схожим образом»¹³. Без сомнения, речь идет об одной из разновидностей кантианства, но кантианства гораздо более психологического (или психофизиологического) по сравнению с тем, которое доминировало на немецкоязычной сцене того времени. По-видимому, Пуанкаре сразу же написал ответное письмо, пройдясь в нем по каждому пункту. Хотя это письмо утрачено, ответ Калинона, тем не менее, сохранился. Из него становится ясно, что самый первый комментарий Пуанкаре касался понятия «в то же самое время». Похоже, Пуанкаре согласился с тем, что «...только посредством наших ощущений мы судим об одновременности или последовательности»¹⁴.

Философские спекуляции Пуанкаре о границах научно-го знания, ограниченной силе наблюдения и активной роли, которую должен играть разум в построении науки, были темами, которые оставались с ним до конца жизни. Но ни одно из этих метафизических размышлений не прервало ни его математической работы (он подготовил свою мате-

¹³ Ibid. P. 88–89; письмо Калинона Пуанкаре, 15 августа 1886 г., в: *Correspondance de Henri Poincaré* (неизд. Archives—Centre d'Etudes et de Recherche Henri Poincaré, 2001).

¹⁴ Калинон — Пуанкаре, 15 августа 1886 г., в: *Correspondance de Henri Poincaré* (неизд. Archives—Centre d'Etudes et de Recherche Henri Poincaré, 2001).

матическую диссертацию к 1878 г.), ни его работы в горнодобывающей промышленности. В марте 1879 г. Пуанкаре получил степень «ординарного инженера» в Горной школе Парижа. А уже 3 апреля он переехал в Везуль, где буквально на следующий день начались его инспекции, проводившиеся интенсивно в течение последующих нескольких месяцев. 4 июня 1879 г. он сообщил, что Сен-Шарль только что исчерпал свои запасы: «...жилы бедны и нерегулярны». 25 сентября на шахте Сент-Полин он сосредоточился на аэрации, ликвидации источников газа и воды — как раз на одной из тех инженерных задач, которым придавала особое значение Горная школа Парижа. Месяц спустя, 27 октября, Пуанкаре прибыл на шахты Сен-Жозефа для контроля плавильных работ. Его последняя горнопромышленная инспекция состоялась 29 ноября 1879 г.

Но одна остановка на этом маршруте — в Маньи — была далеко не рутинной. 31 августа 1879 г. в 6 часов вечера 22 человека спустились в начале смены в угольную шахту. Около 3:45 утра в шахте раздался взрыв, мгновенно поразивший лампы шахтеров. Двое шахтеров в клетки были контужены, двое были отброшены в отстойник (который, к счастью, был накрыт досками на глубине около пяти футов). Все четверо уцелевших выбрались на поверхность. Прораб шахтеров Жюф, который в тот момент был неподалеку, немедленно повел рабочих обратно в шахту. По дороге они обнаружили кучу тлеющей одежды и затушили ее, стремясь предотвратить возгорание деревянных защитных конструкций, угля или — что хуже всего — повторения катастрофического взрыва газа. Идя на стоны, они обнаружили 16-летнего Эжена Жанруа, который умер от ран на следующий день. Все остальные шахтеры, которых обнаружила группа в ходе поисков, были мертвы. Некоторые из них скончались от ужасных ожогов.

Несмотря на риск повторного взрыва, Пуанкаре вошел в шахту почти сразу же после взрыва, в разгар спасательной

операции. Работа новоиспеченного горного инженера состояла в том, чтобы разобраться, что послужило причиной катастрофы. Разыскивая первую роковую искру, он прежде всего обратился к лампам. Разработанные Гемфри Дэви в 1815 г., эти «безопасные лампы» окружали пламя плотно сотканными сетками, которые пропускали свет и воздух, но предотвращали его распространение вовне. Дырявая лампа в наполненной метаном шахте являлась бомбой замедленного действия. Лампы с номерами 414 и 217 принадлежали Виктору Феликсу и Эмилю Дусэ; они так и не были найдены. Лампа № 18 была существенно повреждена в результате обвала — ее сетка и стекло не были найдены, стержни погнуты и сломаны, а верхушка полностью отделена от основы. Его внимание, писал Пуанкаре в своем отчете по результатам расследования, особенно привлекла лампа № 476, у которой отсутствовало стекло и было два сквозных прокола. Первый прокол, длинный и широкий, по всей видимости, возник в результате внутреннего давления. Второй, прямоугольной формы, напротив, был, очевидно, вызван внешним механическим воздействием; в действительности, по словам рабочих, отверстие было точной копией пробоины, оставляемой стандартной шахтерской киркомотыгой. Данная лампа числилась за Огюстом Пото, 33-летним шахтером. Однако она была найдена не рядом с его телом. Вместо этого, констатировал Пуанкаре, лампа № 476 по-прежнему висела на деревянном нагеле в нескольких дюймах от земли в непосредственной близости от трупа рабочего Эмиля Перроза. Пуанкаре и спасатели обнаружили лампу самого Перроза целой и невредимой в другом месте.

На протяжении всего отчета Пуанкаре перемежал фактический материал личными замечаниями, которые еще не были выхолощены многолетней работой по расследованию несчастных случаев. Он рекомендовал премировать прораба за проявленную им храбрость и закончил медицинский раздел скорбным выражением надежды на то, что шахтеры по-

гибли мгновенно, будучи избавленными от долгих мучений. В заключение Пуанкаре перечислил имена не только жертв, но также 9 женщин и 35 маленьких детей, оставшихся без своих кормильцев: «Даже щедрые усилия компании будут, возможно, недостаточными для облегчения такого огромного горя»¹⁵.

Исследуя причины инцидента, выдвигая гипотезы и контргипотезы, рассматривая их одну за другой и сопоставляя с фактами, Пуанкаре переходит на аналитический язык. Он отмечает, например, такой известный факт, что шахтеры, располагающиеся на пути взрывной волны, распространяющейся против течения воздушного потока, как правило, получают ожоги, те же, кто находится позади источника взрыва по течению воздуха — задыхаются. В катастрофе в Маньи все погибшие получили ожоги, поэтому логично предположить, что взрыв произошел в том районе, где находился наиболее отдаленный шахтер — Дусэ. Обвалы вроде бы подкрепляли это заключение и подсказывали, что взрыв газа произошел где-то в «полумесяце» (рис. 2.2). Однако этому, казалось бы, правдоподобному представлению противоречила другая гипотеза, которая «...также хорошо сочеталась с фактами». В частности, Пуанкаре рассматривал возможность взрыва рядом с деревянным нагелем, непосредственно прилегающим к тому месту, где находилась лампа № 476:

Таким образом, мы стоим на распутье двух одинаково правдоподобных гипотез: взрыв произошел в районе «полумесяца», и взрыв произошел в верхней части подъемной клетки. Без лампы Дусэ нельзя полностью подтвердить то, что именно она вызвала первичное возгорание газа. Но разнообразные соображения подкрепляют догадку о том, что первичная авария имела место в рабочем пространстве Перроза¹⁶.

¹⁵ Roy, Dugas. Henri Poincaré. 1954. P. 20.

¹⁶ Ibid. P. 18.

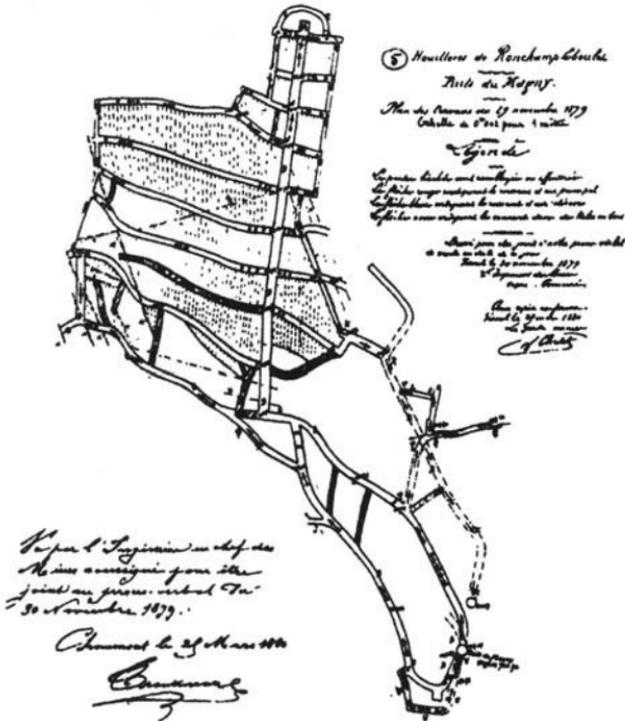


Рис. 2.2. Карта взрыва Маньи

Пуанкаре нарисовал эту карту для того, чтобы проследить поток воздуха через шахту Маньи во время своей службы в качестве горного инженера по безопасности. На основании проведенного им расследования он заключил, что фатальный взрыв 31 августа 1879 г. произошел вовсе не в районе «полумесяца», расположенного в верхней части карты, но был вызван неумышленным шахтерским проколом «надежной» лампы Дэви.

Источник: Roy, Douglas. Henri Poincaré. 1954. P. 13.

Поскольку Перроз был грузчиком угля и, следовательно, не имел кирки, Пуанкаре заключил, что, должно быть, именно Пото случайно продырявил лампу своей киркой, а затем ненароком поменялся лампами с Перрозом. В какой-то момент после этого обмена проколотая лампа № 476 воспламенила атмосферный метан, вызвав возгорание, и спровоцирова-

ла вторичный взрыв в точке, где не до конца сгоревший газ столкнулся с основным потоком воздуха.

Шаг за шагом Пуанкаре продвигался в своем расследовании, один за другим элиминируя другие возможные источники газа: одни источники были вне потока воздуха, другие жилы угля были слишком стары, чтобы стать источником газа. В качестве дополнительного аргумента он приводил мысль о том, что газ из *любого* удаленного источника поднимался бы в направлении поверхности земли и не затрагивал бы низковисящую лампу № 476. Всякое же медленное выделение газа могло бы привести к удушению Перроза, который, согласно заключению медиков, умер стоя. Нет, заключил Пуанкаре, газ, должно быть, начал поступать неожиданно, вероятно, из вентиляционного отверстия для природного газа неподалеку от лампы № 476. Когда же газ достиг проколотой лампы, шахтеры были обречены¹⁷.

Пуанкаре работал над расследованием несколько месяцев. Он вернулся в шахту 29 ноября 1879 г. для того, чтобы понаблюдать за механизмом аэрации, провести несколько тестов по измерению потока воздуха и определить относительное давление воздуха в разных частях шахты. 1 декабря 1879 г. он предоставил свой отчет в Везуль. В тот же день Министерство народного просвещения сообщило ему, что он назначен младшим преподавателем на факультет естественных наук в Кане. Но ни математика, ни какие-либо иные его увлечения никогда полностью не отвлекали Пуанкаре от его интереса к горнодобывающей промышленности. В конце 1879 г. он еще продолжал надеяться на возможность совмещения карьеры горного инженера с преподаванием математики. Фактически он никогда не покидал Горную школу Парижа: получив звание главного инженера в 1893 г., Пуанкаре стал генеральным инспектором 16 июня 1910 г. Незадолго до смерти, в 1912 г., он опубликовал статью, озаглавленную

¹⁷ Roy, Dugas. Henri Poincaré. 1954. P. 17–18.

«Les Mines», в книге, которую он и несколько его коллег выпустили для того, чтобы произвести синтез культурологии, науки и техники. Вступительному слову Пуанкаре предшествует небольшая картинка лампы Дэви без комментариев. Для него, однако, — красноречивый символ все еще тлеющей шахты Маньи 35-летней давности. «Одной искры, — писал Пуанкаре, — было достаточно для воспламенения...; что ж, я отказываюсь описывать последующий ужас»¹⁸.

ХАОС

Делая наброски и работая над улучшением механизма шахтовых светильников, подъемников и вентиляторов, Пуанкаре параллельно трудился и над математическими проблемами, которые были в то же время и физическими. Эти проблемы сходились в том, что стало называться знаменитой проблемой небесной механики — проблемой трех тел. Ее достаточно легко сформулировать. Для тела, находящегося в движении, справедлив ньютоновский закон, что оно будет сохранять свое движение. Движение двух тел, притягивающихся друг к другу посредством гравитации, также разрешимо. Когда Ньютон и его последователи выдвинули упрощающее предположение, что планеты притягивались только Солнцем (а не друг другом), для них было уже пустяковой задачей вычисление точной траектории движения этих тел вокруг солнца. Но для системы из трех и более взаимно притягивающихся объектов, таких как Солнце, Луна и Земля, ситуация выглядела гораздо сложнее. Для определения траекторий их движения должны были быть решены 18 взаимосвязанных уравнений. Если пространство измеряется тремя осями x , y и z , тогда полное описание движения небесных тел потребует описания всех координат по осям x , y и z в каждый момент времени для каждого из трех небесных тел (это девять

¹⁸ Ibid. P. 23; о Кане см.: *Gray, Walter. Henri Poincaré. 1997. P. 1.*

уравнений), вместе с импульсом каждого из них в каждом направлении (другие девять). Если выбрать правильные координаты, эти 18 уравнений могут быть сведены к 12.

Многие математики середины XIX в. видели в качестве основной тенденции развития своей дисциплины оттачивание все более строгих формулировок: четкие определения, строгие доказательства, разработанные для устранения малейшей тени сомнения. Такая страсть к герметичным логическим доказательствам не входила в учебный план Политехнической школы и поэтому не стала и главной заботой Пуанкаре. Он не искал более эффективные методы решения уравнений, хотя в астрономии подобные исследования могли бы увеличить точность предсказаний места обнаружения той или иной планеты. Картография эфемерид (так называлось сопоставление координат астрономических объектов) была важным делом для корабельной навигации. Вычисления такого рода, важные как с теоретико-научной, так и с практической точки зрения, были соблазнительными для выпускников Политехнической школы, таких как Пуанкаре. Но идти проторенным путем он уже не мог: ему удалось показать, что обычные методы аппроксимации для нахождения эфемерид давали совершенно неправильные прогнозы местонахождения планет. Не будучи поклонником строгости как ориентира чистой математики, Пуанкаре, убежденный в бесперспективности применяемой астрономами традиционной мертвой хватки [death grip] численных методов, нуждался в совершенно ином, новаторском подходе.

Пуанкаре проложил новый путь к небесной механике через диаграммы: он сосредоточился на том, что он называл *качественными* аспектами дифференциальных уравнений. Дифференциальное уравнение задает, каким образом система вещей — точек, планет или молекул воды — изменяется от одного момента до бесконечно более позднего другого момента. Само по себе это не очень полезно при прогнозировании: знание о том, где планета окажется в следующее

мгновение, не поможет судовому навигатору. Для полезных долгосрочных прогнозов астроном должен суммировать множество бесконечно малых изменений, чтобы вычислить, например, где будет находиться Марс в следующем июне. Для многих механиков решение подобных задач означало исчисление (интегрирование) и представление окончательного результата в простой, узнаваемой форме. Но это не было целью Пуанкаре.

Приблизительно с того самого момента, как Пуанкаре покинул горнорудную шахту, он нацелился на создание своего собственного способа решения дифференциальных уравнений. Вместо того чтобы отслеживать движение одной капли воды от начала до конца, он хотел охарактеризовать схему течения сразу *всех* капель, составляющих поток воды. После составления общей схемы потока он намеревался определить свойства системы в целом. Например, сколько образовалось вихрей — шесть, два, ни одного? Такой подход не привел бы ни к элегантной формуле для определения скорости каждой конкретной капли в разных местах потока, ни к новой числовой схеме для аппроксимации положения Марса 12 апреля следующего года. Вместо этого Пуанкаре искал *картину*, которая могла бы уловить «физиогномию» уравнения и физической системы, которую оно описывало. При каких условиях астероид или планета улетят в космос? Будут приближаться к Солнцу? Конечно, подобные исследования были абстрактными, математическими; но они были в то же время и очень конкретными. Пуанкаре хотел прежде всего понять кривые и их качественное поведение. Детали формул, числовые прогнозы и наивысшая степень строгости могли быть додуманы и доработаны позднее¹⁹.

¹⁹ Об интересе Пуанкаре к кривым см.: Gray. Poincaré, 1992; Gilain. La théorie qualitative de Poincaré. 1991; Goroff. Introduction // Poincaré. New Methods. 1993. P. 19. Две замечательные статьи о Пуанкаре и хаосе: Gray. Poincaré in the Archives. 1997; и (более специальная) Andersson. Poincaré's Discovery of Homoclinic Points. 1994.

Делая ставку на полноту визуально-геометрического подхода, а не на холодную точность алгебры, Пуанкаре теперь с гораздо большей изощренностью возвращался к математическим амбициям Политехнической школы значительно более раннего периода. Великие абстрактные формулы Эйлера, Лапласа или Лагранжа были не для него. В частности, Лагранж так сильно сомневался в геометрии, что поклялся, что его великая работа по аналитической механике будет основана исключительно на алгебре и никогда не будет опираться на геометрические конструкции. Ни одна механическая аналогия и ни один график не запятнают страниц его сочинения.

В отличие от него Пуанкаре работал именно в геометрическом русле, и механические аналогии были всегда под рукой. Уже в 1881 г., сосредоточившись на дифференциальных уравнениях, которые были связаны с проблемой трех тел, он подчеркнул свои качественные, интуитивные амбиции:

Разве нельзя поставить вопрос, будет ли одно из этих тел всегда оставаться в некотором участке неба или оно сможет удалиться в бесконечность? Или вопрос о том, будет ли расстояние между двумя из этих тел неограниченно убывать, или, напротив, это расстояние всегда заключено в определенных пределах? Разве нельзя поставить тысячу вопросов такого рода, и все эти вопросы будут разрешены, как только мы сумеем *качественно* построить траектории этих трех тел²⁰.

Здесь, в смежной области геометрически-визуализированного и физического, находились проблемы, к которым Пуанкаре возвращался раз за разом, подобно тому, как он возвращался на протяжении всей своей научной карьеры

²⁰ Goroff. Introduction // Poincaré. *New Methods*. 1993. P. 19; Poincaré. *Mémoire sur les courbes*. 1881. P. 376–377. [Рус. изд.: Пуанкаре А. О кривых, определяемых дифференциальными уравнениями / пер. с фр. Е. Леонтович, А. Майер. М.; Л.: ОГИЗ, Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1947. С. 13.]

к вопросам о дифференциальных уравнениях в математике и проблеме трех тел в физике. Как он выразился в 1885 г. (относительно одной из своих важнейших работ по математике), нельзя, «...читая <...> работы прошлых лет, не поражаться сходству различных вопросов, которые в них рассматриваются, с великой астрономической проблемой стабильности Солнечной системы»²¹. Механика, машины всегда где-то неподалеку. Это было фабричным штампом.

Пуанкаре так успешно продвигался вперед со своей качественной программой для понимания характера дифференциальных уравнений, что привлек внимание математиков с мировым именем. Когда в середине 1885 г. журнал *Nature* опубликовал анонс математического конкурса в честь шестидесятилетия со дня рождения Оскара II, короля Швеции, Пуанкаре был главным претендентом на победу. Густаву Миттаг-Леффлеру, знаменитому математику и издателю *Acta Mathematica*, было поручено формирование конкурсной комиссии. Первым он пригласил Шарля Эрмита, одного из учителей Пуанкаре в Политехнической школе, а затем учителя самого Эрмита, грозного немецкого математика Карла Вейерштрасса, чья математическая жизнь уже долгое время протекала в безжалостной логической строгости. (Миттаг-Леффлер состоял в дружеских отношениях с Пуанкаре.) Заявки принимались до 1 июня 1888 г.: первый же вопрос касался проблемы трех тел²².

В промежутке между публикацией анонса и объявлением дедлайна Французская академия наук избрала Пуанкаре в свои ряды. Это был знак признания. Это означало, что по состоянию на 31 января 1887 г., в возрасте 32 лет, он стал членом французской научной элиты. Членство в академии означало, что он мог привлекаться (а зачастую и был привлечен) к широкому кругу административных функций, от

²¹ Poincaré. Sur les courbes définies par les équations différentielles. 1885. P. 90; цит. по: Barrow-Green. Poincaré. 1997. P. 34.

²² Barrow-Green. Poincaré. 1997. P. 51–59.

Бюро долгот до межведомственных комиссий, охватывающих различные правовые, военные и научные области. Легко приспособившись к этой новой социальной роли, Пуанкаре начал писать для более широкой аудитории. Из почти 100 научно-популярных текстов, написанных им для газет, журналов и научных обзоров, можно пересчитать по пальцам одной руки работы, созданные им до момента избрания в Академию наук.

На протяжении всей его карьеры визуальные, интуитивные методы служили Пуанкаре путеводной звездой. Он использовал неевклидову геометрию как способ решения проблем в самом начале своей работы. Опираясь на визуальные (топологические) техники, отточенные в течение десятилетнего исследования дифференциальных уравнений, Пуанкаре вступил в конкурсное состязание под лозунгом на латинском языке «Ибо звезды не преступят отведенных им пределов». Этим изречением многое было сказано. Формально Пуанкаре стремился установить границы движения, вызванного взаимным притяжением планет, подтверждая стабильность Солнечной системы. За пределами же математики девиз Пуанкаре отражал его глубокую веру в фундаментальную стабильность мира вокруг него. Несмотря на примечательность достижений нескольких участников, занявших второе место, Пуанкаре выиграл соревнование за явным преимуществом, предлагая не только результаты, но также множество новых методов, которые поместили его достижения на вершину математики. С миром все было, или казалось, что было, в порядке.

После предоставления рукописи премированной статьи (возможно, размышляя о роли, которую сыграла его собственная качественная, визуально-ориентированная работа в демонстрации стабильности Солнечной системы) Пуанкаре посвятил себя изучению роли логики и интуиции в математических науках и педагогике. По его мнению, современные математики, просматривая старые математические

книги, видят упущения в их строгости. Множество старых понятий — точка, линия, поверхность, пространство — сегодня кажутся до абсурда расплывчатыми. Доказательства «наших отцов» выглядят хрустальными структурами, способными выстоять под тяжестью своего собственного веса. Пуанкаре признавал, что сегодняшние математики, в отличие от своих предков, знают, что существует множество причудливых функций, которые «...изо всех сил стремятся к тому, чтобы как можно меньше походить на правильные функции, имеющие некоторые прагматические цели». Эти новые функции могут быть непрерывными, но они построены таким причудливым образом, что нельзя определить их угловой коэффициент. Хуже того, сокрушался Пуанкаре, таких странных функций, по всей видимости, большинство. Простые законы кажутся не чем иным, как частными случаями. Было время, когда новые функции изобретались для служения конкретным целям; сегодня же мы, математики, изобретаем их для того, чтобы показать ошибочность рассуждений наших учителей. Если бы нам надлежало следовать строго логическому пути, мы бы с самого начала знакомили новичков, делающих первые шаги в математике, с этим «тератологическим музеем» для причудливых новых функций.

Но этот путь «уродств» был вовсе не тем путем, которым Пуанкаре советовал следовать своим читателям — студентам или состоявшимся математикам. В математическом образовании, утверждал он, не стоит принижать роль интуиции в перечне культивируемых интеллектуальных способностей. Какой бы важной ни была логика, именно при посредничестве интуиции «...математический мир остается в контакте с реальным миром; и хотя чистая математика могла бы обойтись без нее, всегда необходимо возвращаться к интуиции, чтобы преодолеть пропасть, которая отделяет символ от реальности». Практики *всегда* нуждаются в интуиции, а на каждого чистого геометра приходится сотни практиков, которые лазают по траншеям. Даже чистый математик все же

зависит от интуиции. Логика может дать доказательства и опровержения, но именно интуиция была ключом к созданию новых теорем, новых математик. Пуанкаре был прямолинеен: математик без интуиции подобен писателю, запертому в клетке, в которой нет ничего, кроме грамматики. Его мнение поэтому состояло в том, что методика обучения (он явно имел в виду Политехническую школу, где к тому времени преподавал) должна придавать особое значение интуиции и уходить прочь от этих формальных, неинтуитивных функций, которые служат только тому, чтобы порочить математическое наследие наших математических предков²³.

Этот призыв к математической интуиции появился в печати как раз в тот момент, когда должна была быть опубликована премированная работа Пуанкаре. Но в июле 1889 г. Эдвард Фрагмен (Edvard Phragmén), 26-летний шведский математик, работавший редактором в *Acta* у Миттаг-Леффлера, заметил несколько проблем в построении доказательства. Он передал свои соображения Миттаг-Леффлеру, который 16 июля радостно сообщил Пуанкаре, что за единственным исключением «...от них можно быстро избавиться»²⁴. Пуанкаре вскоре осознал, что упомянутое исключение не было устранимо так легко, как это казалось на первый взгляд; это была не типографская ошибка, не простой пробел, легко восполняемый несколькими дополнительными строками более выверенных математических рассуждений²⁵. С его работой было что-то коренным образом не так. Не только приз, но и его собственная, а также

²³ Poincaré. La Logique et l'intuition. 1889. P. 132.

²⁴ Миттаг-Леффлер — Пуанкаре, 16 июля 1889 г., письмо 89, в: La Correspondance entre Poincaré et Mittag-Leffler, 1999.

²⁵ «Я полагал, что *все* эти асимптотические кривые, отойдя от замкнутой кривой, представляющей собой периодическое решение, затем асимптотически приблизятся обратно к *той же* кривой» (Пуанкаре — Миттаг-Леффлеру, 1 декабря 1889 г., письмо 90, в: La Correspondance entre Poincaré et Mittag-Leffler, 1999).

журнальная и судебская репутация стояли на кону. Пуанкаре должен был выяснить, в чем дело.

В чем же была проблема? Как и в своих исследованиях дифференциальных уравнений, Пуанкаре рассматривал три тела: небольшой астероид, движущийся в орбитальной системе Юпитера и Солнца. Как могла бы выглядеть траектория движения этого астероида? Самое очевидное, что приходит на ум, — простое периодичное движение по кругу: астероид возвращался бы каждый раз в одно и то же место с одинаковой скоростью. Для того чтобы представить подобные повторяющиеся орбиты максимально простым способом, Пуанкаре выдвинул потрясающую идею: не нужно думать о самой траектории. Пуанкаре понял, что вместо этого он может рассмотреть ситуацию, когда астероид, раз за разом проходя по кругу, создавал бы своеобразный стробоскопический рисунок, который стал впоследствии известен как «отображение (карта) Пуанкаре». Строго говоря, этот рисунок показывал импульс и координаты астероида на каждом витке, но мы также можем уловить его идею, представив себе огромный лист бумаги, намного больше любой планеты, расположенный в пространстве перпендикулярно траектории движения астероида. Представьте, что каждый раз, когда астероид возвращается, он пробивает отверстие F в этом космических размеров листе бумаги. На простой периодической орбите астероид будет пробивать лист в одном и том же месте и проходить в ту же дырку снова и снова, целую вечность. Это отверстие называют фиксированной точкой. Другими словами, идея Пуанкаре заключалась в том, чтобы исследовать узоры, оставленные астероидом на проколоте двумерном листе, а не всю его траекторию движения в пространстве.

Если астероид начинал движение по своей орбите в других координатах и на другой скорости, он не обязательно двигался таким простым повторяющимся образом. Например, представим, что другой идентичный астероид пролетел сквозь лист рядом, но не через отверстие F . Одна из

возможностей заключается в том, что при движении по кругу, виток за витком, на листе появится последовательность отверстий, которая будет приближаться к F и, в пределе, достигнет ее. Представим кривую S , проведенную через последовательность этих отверстий. Эта кривая S называется *стабильной*, если астероид начинает движение где-нибудь на линии (т.е. если его проколы начинаются где-то на кривой), постепенно стремясь к орбите, которая проходит через отверстие F (см. карту 1 на рис. 2.3). И наоборот, кривая называется *нестабильной*, если астероид, прошедший когда-либо через F , начинает постепенно отдаляться от *основной орбиты* (см. карту 2 на рис. 2.3).

Главный тезис Пуанкаре в его премированной работе состоял в том, что если проколы астероида отдаляются от фиксированной точки F , то они будут в конце концов двигаться в сторону другой фиксированной точки. Подобный результат описывал бы упорядоченный, ограниченный мир, полностью соответствующий девизу Пуанкаре о звездах, окаймленных своими пределами. Подвигнутый Фрагменом к более тщательному исследованию своей идеи, Пуанкаре работал над этой проблемой в течение последних нескольких месяцев 1889 г., и его уверенность в планетарной стабильности Солнечной системы начала гаснуть. Тем временем премированная работа вышла из печати.

В воскресенье, 1 декабря 1889 г., Пуанкаре признался Миттаг-Леффлеру:

Я не буду скрывать от вас то огорчение, которое вызвало во мне обнаружение этого недочета. Во-первых, я не уверен, считаете ли вы все еще, что полученные результаты, т.е. существование периодических решений, асимптотические решения, [а также моя критика предыдущих методов], заслуживают той высокой награды, которую я получил от вас.

Во-вторых, потребуется множество переработок, и я не уверен, стоит ли приступать к печати моего текста; я уже телеграфировал Фрагмену. В любом случае, мне остается только

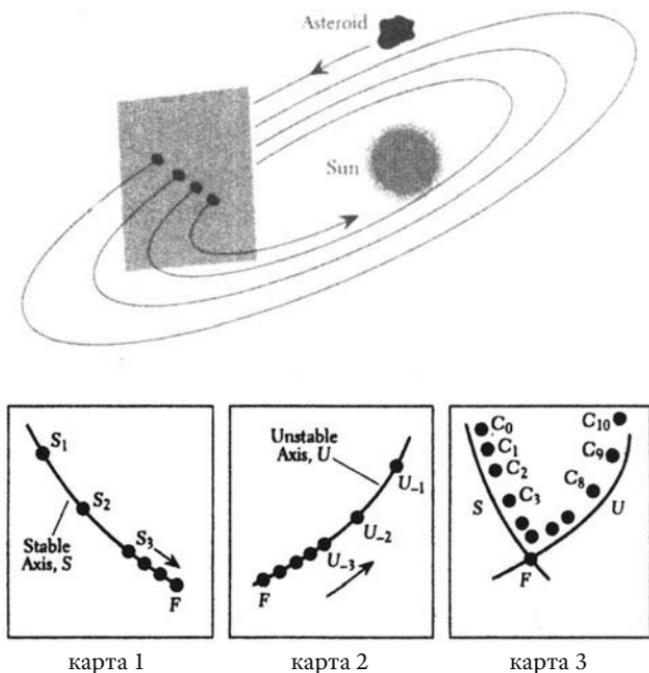


Рис. 2.3. Карта Пуанкаре

«Стробоскопические» диаграммы Пуанкаре, отслеживающие повторяющиеся проколы листа, так напоминали картографическую репрезентацию, что они стали повсеместно известны как «карты Пуанкаре», с характеристиками, которые обычно именуется «островами», «проливами» и «долинами». Первая карта изображает стабильную «кривую» S , по которой проколы последовательно сходятся по направлению к фиксированной точке F . Вторая карта — нестабильную кривую U с последовательными точками, отдаляющимися от F . А третья карта изображает пересечение обеих — стабильной и нестабильной — кривых в F . В этом случае прокол C_0 рядом со стабильной кривой S сопровождается последующими проколами, прогрессирующими по направлению к F (оставаясь при этом недалеко от S), а затем отдаляясь от F (оставаясь при этом поблизости от нестабильной кривой U).

признаться в своей озадаченности столь преданному другу, как вы. Я напишу вам подробнее, когда смогу понять ситуацию более ясно²⁶.

²⁶ Пуанкаре — Миттаг-Леффлеру, 1 декабря 1889 г., письмо 90, в: La Correspondance entre Poincaré et Mittag-Leffler, 1999.

Среда, 4 декабря: Миттаг-Леффлер в письме Пуанкаре признается, что с «чрезвычайным недоумением» узнал от Фрагмена, как Пуанкаре оценивает ситуацию с рукописью. «Я не сомневаюсь, что ваш труд в любом случае будет расценен большинством геометров в качестве гениальной работы и что он станет отправной точкой для всех будущих начинаний в небесной механике. Поэтому не думайте, что я сожалею о призе... Но вот что самое ужасное. Ваше письмо пришло слишком поздно, и текст уже вышел из печати». Напишите мне, пожалуйста, письмо, продолжал он, в котором объясните, что, основываясь на вашей переписке с Фрагменом, вы обнаружили, что предполагаемая стабильность не была в действительности доказана для всех случаев и что вы отправите мне исправленную рукопись. Миттаг-Леффлер добавил, что нужно замолвить словечко за Фрагмена — в университете открылась кафедра. «Да, мои враги, приобретенные в результате успеха *Acta*, устроят по этому поводу скандал, но я приму его со спокойным сердцем, поскольку нет ничего предосудительного в том, чтобы ошибиться вместе с вами. Я твердо убежден, что вы в конце концов разделаетесь с наиболее сложными нюансами этого необычайно трудного вопроса»²⁷.

На следующий день Миттаг-Леффлер начал действовать. Он сообщил Пуанкаре, что телеграфировал в Берлин и Париж свое требование о немедленном изъятии из распространения всех до единого экземпляров забракованного журнала. В Париже экземпляры получили только Шарль Эрмит и Камиль Жордан; Карл Вейерштрасс получил один экземпляр в Берлине. Жордану, например, Миттаг-Леффлер писал о том, что хотел сообщить об ошибке, закравшейся в текст, но вскоре обнаруженной. Он просил его передать свой экземпляр для исправления, чтобы получить обнов-

²⁷ Миттаг-Леффлер — Пуанкаре, с приложением, 4 декабря 1889 г., письмо 92, в: *La Correspondance entre Poincaré et Mittag-Leffler*, 1999.

ленное издание. «Пожалуйста, никому не говорите ни слова об этой достойной сожаления истории, — призывал он Эрмита, — я сообщу вам все подробности завтра». Отслеживая остальные экземпляры один за другим, Миттаг-Леффлер надеялся, что все они были своевременно изъяты. «Я очень рад, — признавался он Пуанкаре, — что г-н Кронекер [знаменитый немецкий математик и заклятый враг Вейерштрасса] не получил свой экземпляр». Но даже союзники Миттаг-Леффлера начали вскоре возмущаться этой кампанией. В ответе Вейерштрасса на приторно любезное письмо Миттаг-Леффлера проступало очевидное недовольство: «Признаюсь вам, помимо всего прочего, что отношусь к этому не так легко, как вы, Эрмит и сам Пуанкаре». Вейерштрасс недружелюбно заметил, что в его стране — Германии — считается общепринятым, что премированное сочинение должно быть напечатано в той форме, в которой оно оценивалось. Вейерштрасс добавил, что вопрос стабильности не был второстепенным для сочинения Пуанкаре; скорее, как указал Вейерштрасс в тексте, который должен был служить предисловием к работе Пуанкаре, это было центральным пунктом. Вейерштрасс требовал внести ясность: что именно в работе Пуанкаре осталось от всей позитивной программы?²⁸

Пуанкаре переписал статью. То, что получилось (или, скорее, то, что он придумал, для того чтобы восполнить пробел), лежало совершенно за пределами каких-либо возможных предположений. Хаос, а не стабильность, царствовал в этой новой Вселенной. Вот что произошло. Предположим, вслед за Пуанкаре, что стабильная и нестабильная кривые пересекаются в фиксированной точке F . (Это не так трудно себе представить. Рассмотрим седло: шарик, посланный по прямой от передней луки вниз в направлении ленчика будет колебаться взад и вперед, пока не расположится посередине

²⁸ Вейерштрасс — Миттаг-Леффлеру, 8 марта 1890 г., примечания к письму 92, в: *La Correspondance entre Poincaré et Mittag-Leffler*, 1999.

седла — стабильная точка. Но если шарик отклонится вправо или влево, то упадет и не вернется в обратном направлении — нестабильная точка.) Теперь предположим, что наш астероид начинает двигаться рядом, но не на самой стабильной кривой. Он постепенно будет двигаться по направлению к F , до тех пор пока эта точка не станет совсем близкой, и в этот момент он подпадет под влияние нестабильной кривой и начнет удаляться от F . Это показано на карте 3 рис. 2.3, как серия перфораций, $C_0, C_1, C_2, \dots, C_7, C_8 \dots$ До сих пор у Пуанкаре не было проблем²⁹.

Но предположим, что стабильная и нестабильная кривые пересекаются где-то еще, например, в точке H , которую Пуанкаре назвал *гомоклической* точкой. H тогда будет, по условию, *одновременно* и точкой на стабильной кривой S (приводящей последовательность проколов астероида к F), и точкой на нестабильной кривой U (так что астероид, движущийся неподалеку от точки F , будет сначала медленно, а затем все быстрее прокалывать свои последовательные отверстия от F на U через H). Теперь предположим, что астероид летит через H . Так как он должен оставаться на S , он прокладывает свой путь в каждом последующем прохождении через лист (H_1, H_2, H_3 , и т.д.) вдоль S по направлению к F . Но так как любая точка на нестабильной кривой всегда остается на U , так как H также находится на U , все отверстия, появившиеся после H , также должны находиться на U . Получается, что продленная кривая U должна содержать все последовавшие за H отверстия, как мы только что видели: H_1, H_2, H_3, \dots и т.д. Один из вариантов того, как это может произойти, представлен на рис. 2.4а.

Теперь рассмотрим другой астероид, C , неподалеку от H , но на U (рис. 2.4b). Поскольку H находится на S , C (ря-

²⁹ Подробнее о хаотических феноменах см.: *Ekeland. Mathematics. 1988; Diacu, Holmes. Celestial Encounters. 1996*, откуда взяты приведенные диаграммы; более специально: *Barrow-Green. Poincaré. 1997; Goroff. Introduction // Poincaré. New Methods. 1993*.

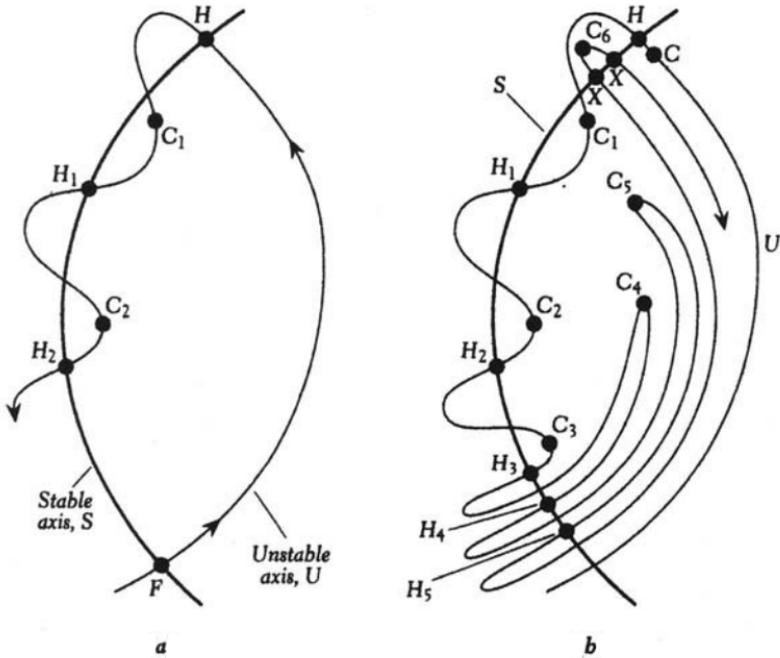


Рис. 2.4. Хаос на карте Пуанкаре

Когда стабильная и нестабильная кривые пересекаются, может возникнуть сложность. И именно эту возможность Пуанкаре оставил нерешенной в своей первой редакции премированной рукописи. Как было отмечено в тексте, это ведет к чрезвычайно сложному расширению нестабильной кривой, которая начинается в *a*, а затем более полно развивается в *b*. Даже сама диаграмма *a* есть только начало той сложности, которая последует по мере того, как будут учитываться новые точки пересечения *S* и *U* (точки, обозначенные «X»). Понятно, что Пуанкаре отчаялся когда-либо графически изобразить «решетчатость», которая должна была бы показать более точную траекторию.

дом с *S*) начнет двигаться к *F*. Это как раз то, что мы только что видели на рис 2.4*a*. В то же время, ввиду того что *S* начинает свое движение на *U*, его проколы (C_1, C_2, C_3 и т.д.) должны оставаться на *U*, если *U* будет продлена. Таким образом, серия отверстий C_1, C_2, C_3 движется к *F*. Но в конце концов, если отверстия, следующие за *C*, сначала приближаются к *F*, последующие *C* будут идти в обратном направлении на всем

протяжении нестабильной кривой U , как показано на рис. 2.3, карта 3. С того момента как U пересекает S в H , C , принадлежащие U , также в конечном счете будут пересекать S (здесь это проиллюстрировано посредством C_6). Кривая U после пересечения S в H_3 должна проделать обратный путь к C_4 для того, чтобы настичь ее, а затем кривая U должна еще раз приблизиться к F для того, чтобы пересечь S в H_4 . Заметим, что поскольку продолженная кривая U к и от C_6 пересекала кривую S (в двух точках, обозначенных «X»), мы имеем две *новые* гомоклинические точки, и карта становится теперь еще более сложной.

В результате всей этой сложности нестабильная кривая и, следовательно, любой астероид на или рядом с ней, будет блуждать по всей карте Пуанкаре, создавая движение такой необычной сложности, что сам Пуанкаре оказался не в состоянии изобразить его. Когда он в конце концов переработал свою премированную статью, чтобы включить ее в «Новые методы небесной механики», он изо всех сил бился над описанием получившихся фигур:

Если попытаться представить себе фигуру, образованную этими двумя кривыми и их бесчисленными пересечениями, каждое из которых соответствует двойко-асимптотическому решению, то эти пересечения образуют нечто вроде решетки, ткани, сети с бесконечно узкими петлями; ни одна из двух кривых никогда не должна пересечь сама себя, но она должна навиваться на самое себя очень сложным образом, чтобы пересечь бесконечно много раз все петли сети.

«Поражаешься сложности этой фигуры, которую я даже не пытаюсь изобразить, — добавил он. — Ничто не является более подходящим, чтобы дать нам представление о сложности задачи трех тел»³⁰.

³⁰ *Poincaré. New Methods.* 1993. Part 3. Section 397. P. 1059. [Рус. изд.: *Пуанкаре А. Новые методы небесной механики // Пуанкаре А. Избранные труды: в 3 т.* Т. II. М.: Наука, 1972. С. 339.]

Столетие спустя после публикации премированной работы с непростой историей исследование хаоса Пуанкаре было оценено как последний писк моды и прославлено как рассвет новой науки, революционный прорыв за границы простых предсказаний классической механики. Некоторые физики, философы и теоретики культуры конца XX в. провозгласили науки о сложности (как они стали называться) формой «постмодернистской физики», в то время как мощные компьютеры выдавали на-гора карты Пуанкаре, подробно иллюстрируя то, что их создатель отчаялся когда-либо увидеть на бумаге. Одни из этих карт раскрыли новые физические феномены; другие — украсили картинные галереи³¹. Но в 1890 г. Пуанкаре не предполагал никакой революции в естественных науках. Столкнувшись с потенциально вредоносным скандалом для престижного конкурса, он всего лишь восполнил пробел в своей аргументации и, исследуя новую динамику, обнаружил то, что никогда не искал и не желал найти, — трещину в стабильности Вселенной.

Будучи далек от размахивания революционным знаменем, Пуанкаре показал, что, хотя количество подобных хаотичных траекторий бесконечно, вероятность того, что астероид окажется в нестабильном режиме, ничтожна по сравнению с вероятностью того, что его орбита будет в стабильном режиме. После утраты абсолютной стабильности Пуанкаре вынужден был довольствоваться вероятностной: «Можно сказать, — писал он два года спустя после исправления своей работы, — что [нестабильные траектории], были исключением, а [стабильные] правилом». Вместо того чтобы декларировать крах стабильности, Пуанкаре подчеркивал силу новых качественных методов для исследования классической небесной динамики: «Подлинная цель небес-

³¹ О постмодернистской интерпретации хаоса см.: *Hayles*. *Chaos and Order*. 1991; *Wise, Brock*. *The Culture of Quantum Chaos*. 1998; о физике и связи физики хаоса с искусством см.: *Heller*. www.ericjhellergallery.com (дата обращения: 19 июня 2002 г.).

ной механики заключается не в расчете эфемерид, поскольку для этой цели мы могли бы удовлетвориться краткосрочным прогнозом, но в том, чтобы выяснить, достаточно ли закона Ньютона для объяснения всех феноменов»³². Для Пуанкаре истинное испытание физики Ньютона состояло в зондировании ее качественных возможностей: «С этой точки зрения [речь идет об установлении обоснованности закона Ньютона], скрытые отношения, о которых я только что говорил, могут использоваться точно так же, как и эксплицитные формулы»³³. На кону для Пуанкаре были основополагающие связи между вещами, а не формулы и координаты, которыми занимали себя астрономы, рассчитывая все более точные траектории.

КОНВЕНЦИЯ

Во внимании Пуанкаре к структурам, а не к отдельным вещам прослеживается поразительная аналогия с тем, как он использует неевклидову геометрию. Для многих современников Пуанкаре неевклидовы геометрии, изученные в течение XIX в., озаменовали собой определенный разрыв. Евклидова геометрия столетиями определяла стандарт правильного рассуждения: от истинных посылок к необходимым заключениям. Начиная с XVIII в. философы, опирающиеся (или, возможно, неправильно его толкующие) на Канта, определили евклидову геометрию как знание, встроенное в саму ткань сознания. Некоторые ученые и философы воспринимали неевклидову геометрию как радикальный сдвиг в самом определении знания, признак обнадеживающей современности, которая полностью порвала с интуицией;

³² *Poincaré*. Sur le problème des trois corps. 1890. P. 490; *Poincaré*. Preface to the French Edition. [1892] // *Poincaré*. New Methods. 1993. P. xxiv.

³³ *Poincaré*. Preface to the French Edition. [1892] // *Poincaré*. New Methods. 1993. P. xxiv.

другие же опасались ужасающей потери определенности. Пуанкаре придерживался намного более прагматичной позиции. С одной стороны, в 1891 г. он настаивал на том, что если аксиомы Евклида известны до всякого опыта, то мы, люди, просто не можем вообразить себе какие-либо иные. С другой стороны, аксиомы евклидовой геометрии не могут быть только лишь экспериментальными результатами. Если бы они были таковыми, мы бы постоянно пересматривали их. Поскольку нет абсолютно твердых тел, которые мы могли бы использовать в качестве образцов прямых линий, мы вскоре «обнаружили» бы, что это просто ложная геометрия: мы найдем, например, треугольники с углами, которые в сумме не дают *ровно* 180° . Пуанкаре настаивал на том, что наш выбор геометрии *опирается* на экспериментальные данные, но в конечном счете открыт для выбора, в зависимости от нашей потребности в простоте.

Одна из работ Пуанкаре более широкой направленности была посвящена вопросам простоты, удобства и гипотезам геометрии. Что такое гипотезы? В каком смысле они истинны? Для Пуанкаре геометрия была не более чем *группой*, т.е. набором объектов вместе с операцией, которая обладает определенными свойствами. Одно из свойств операции заключается в том, что она должна быть обратимой. Целые числа (... , -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, ...) имеют это свойство относительно сложения и вычитания; прибавление целого числа всегда может быть обращено посредством вычитания того же числа. Группа также должна иметь среди своих возможных действий тождество — операцию, которая оставляет данный объект без изменений; в данном случае это прибавление нуля. А объединение операций должно приводить к тому, чтобы элемент по-прежнему оставался в группе: прибавление 5 и прибавление 8 дает тот же эффект, что и прибавление 13. Мы узнаем, какие группы полезны для нас, соприкасаясь с миром, но, как постоянно утверждал Пуанкаре в своих философских работах, сама идея группы — это

инструмент, с которым мы рождаемся. Неудивительно, что одна из наиболее интересных групп для нас, людей, — движение твердых тел в пространстве. Пуанкаре утверждал, что мы выбираем классическую евклидову геометрию из многих других вариантов, потому что группа, лежащая в ее основе, соответствует группе движений твердого тела в пространстве — тому, как твердые тела движутся в нашем реальном мире. Можно ли было выбрать что-то другое? Конечно, говорит Пуанкаре: мы просто выбираем наиболее удобную геометрию. Означает ли это, что все остальные геометрии ложны? Вовсе нет. Больше нельзя (согласно Пуанкаре) отстаивать непреложную истинность картезианских координат (определяя координаты посредством обычных осей x и y) и объявлять полярные координаты (определяющие координаты посредством полярного радиуса и полярного угла) ложными. И снова Пуанкаре подчеркивает, что существует свободный выбор в репрезентации мира, выбор определяется не чем-то полностью внешним, но скорее простотой и удобством нашего знания. «Я не буду настаивать на дальнейших следствиях; поскольку цель этой работы заключается не в развитии тех истин, которые начинают становиться банальными»³⁴.

Пуанкаре был настолько привержен идее конвенционального выбора, что сравнивал выбор геометрии с выбором между французским и немецким: он утверждал, что можно выбрать тот или этот язык или диалект для выражения одних и тех же мыслей. Представим интеллектуальных муравьев, которые живут на поверхности седла и определяют прямые линии как кратчайшее расстояние между двумя точками. Муравей-математик говорит: «Сумма углов треугольника меньше, чем два прямых угла». Мы (из нашей человеческой перспективы) будем описывать ту же ситуацию в евклидовой геометрии абсолютно иначе, поскольку для

³⁴ *Poincaré. Sur les hypothèses fondamentales. 1887. P. 91.*

нас треугольники муравьев будут выглядеть как фигуры с кривыми сторонами. Представитель человеческой математики должен сказать: «Если криволинейный треугольник имеет своими сторонами дуги окружностей, которые будут ортогонально пересекать фундаментальную плоскость, сумма углов криволинейного треугольника будет меньше двух прямых углов». Оба утверждения схватывают одну ситуацию, но на разных языках. Таким образом, не существует никакого противоречия. Подобное соответствие показывает, что теоремы муравьино-седловой геометрии не менее последовательны, чем наша обычная геометрия; они могут быть даже полезны: седловая «...геометрия, восприимчивая к конкретной интерпретации, перестает быть бесполезным логическим упражнением и может стать прикладной». Это и есть кульминационный пункт: различные геометрии суть просто разные пути репрезентации отношений между вещами, которые мы используем в зависимости от удобства³⁵.

Через всю математику Пуанкаре, а также его философию и, как мы увидим позднее, его физику тянется эта продуктивная тема: найти групповую структуру того, что можно варьировать, и выбрать наиболее удобную репрезентацию. Тем не менее, принимая эти свободные решения, никогда нельзя терять из виду неподвижные точки, инварианты — те кирпичики мира, которые остались неизменными в результате нашего выбора.

Где же находился Пуанкаре в 1892 г.? Восходящая звезда французской математики, он сделал себе имя работой, которая предполагала доселе неслыханное использование неевклидовой геометрии, прославился благодаря своим успехам в области качественного подхода к дифференциальным уравнениям и изобретению революционно нового способа

³⁵ Poincaré. Non-Euclidean Geometries. [1891] // Poincaré. Science and Hypothesis. 1952. P. 41–43, 50.

решения проблемы трех тел. В философии, геометрии и динамике он начал разрабатывать концепцию знания, которая имела одновременно две цели. Посредством абстрагирования от единичных вещей он расчистил себе свободное пространство, для того чтобы добиться более удобной формулировки проблемы. Выбор системы координат не дан от природы, но совершен нами для нашего собственного удобства. Точно так же конкретные схемы аппроксимации должны были выбираться нами для конкретных целей; даже выбор конкретной геометрии не имел абсолютного значения. Точка зрения Пуанкаре: использовать евклидову геометрию, когда это практически обоснованно; когда же выгодно использовать неевклидову геометрию — используйте ее. В дифференциальных уравнениях или в физических системах, которые они представляли, всегда существовало множество возможностей выбора переменных. Например, в описании линий движения потока воды. Значимыми были лежащие в основе отношения, которые оставались неизменными даже после подобных изменений в описании: вихри в потоке воды, узлы, седловые точки или концевые точки спиралевидных геометрических линий. Точно так же длина линии остается фиксированной, когда мы вращаем координаты.

Эти два аспекта работы Пуанкаре — вариативность и фиксированность — возникли вместе и могут быть поняты только вместе. В течение многих лет он повторяет различными словами одно и то же: манипулируйте гибкими аспектами знания как инструментами; выберите такую форму, которая сделает проблему подручно-простой. Затем отсортируйте те отношения, которые сохраняются вне зависимости от выбора. Эти фиксированные отношения и поддерживают знание, которое остается неизменным. Вариативность и инвариантность вместе делают возможным научный прогресс.

В течение столетия ученые бились над тем, чтобы достичь истока конвенционализма Пуанкаре. Некоторые из них

не без основания подчеркивали роль геометрии. Как снова и снова повторял Пуанкаре, математические суждения могут быть сделаны как на языке неевклидовой, так и на языке евклидовой геометрии. Другие ученые тщательно анализировали влияние более ранних мыслителей, таких как Феликс Кляйн, величайший немецкий геометр, который увлеченно ратовал за разные типы геометрий. Третьи возвращались в поисках корня представлений Пуанкаре о свободном выборе геометрий к Софусу Ли. В конце концов, Пуанкаре недвусмысленно называл Ли своим математическим предшественником. Ли совершенно четко придерживался произвольности многих выборов, совершаемых математиком. Например, Ли говорил, что Декарт определяет переменные x и y по точке на плоскости. Но (согласно Ли) Декарт мог, «точно так же» выбрать для определения x и y линии и развивать геометрию, исходя из этих предпосылок. Более того, Декарт определял x и y в соответствии с конкретной системой координат — x и y относятся к их расстояниям от осей x и y . Здесь также присутствует свободный выбор: «Прогресс, совершенный геометрией в XIX веке, — писал Ли, — сделанся возможным во многом благодаря тому, что этот двойной произвол <...> был ясно осмыслен». Ли утверждал, что математический прогресс следует из признания того, что всегда существовало много путей репрезентации математических понятий. Выбор определенной репрезентации математики, выбор той или иной геометрии, утверждал Ли, есть вопрос «преимущества и удобства». Именно это было, как убедительно аргументировал один ученый, «...одной из причин приверженности Пуанкаре такому взгляду на геометрию, согласно которому наш выбор геометрии — это открытый выбор, основанный на удобстве»³⁶. Без сомнения, истоки идеи Пуанкаре о свободном выборе геометрии можно проследить вплоть до немецкого эрудита Германа Гельмгольца, который

³⁶ *Giedymin. Science and Convention. 1982. P. 21–23.*

изо всех сил пытался отделить фактическое значение от геометрических определений, всегда подчеркивая центральную роль мобильных твердых объектов в фиксации наших понятий пространства. Возможно также, что идеи Пуанкаре о математическом конвенционализме восходят ко множеству геометрий Бернхарда Римана или, если на то пошло, к более ранней работе учителя Пуанкаре Шарля Эрмита³⁷.

Культивирование этого чувства свободного выбора было своего рода педагогическим *конвенционализмом*, заложенным в откровенно агностическом обучающем стиле Политехнической школы. Воздержание от абсолютной приверженности к какой-либо теории было известной чертой курсов Альфреда Корню, которые посещал Пуанкаре в качестве студента. Каждая альтернативная теория имеет преимущества и недостатки; все они были ограничены экспериментальной применимостью. Для Пуанкаре инвариантами физики (которые обеспечивали объективное знание) были фиксированные отношения между экспериментами, отношения, которые выдерживали постоянно изменяющийся поток теорий. Напомним, что тот же свободный выбор между теориями присутствовал в концепции найма профессорско-преподавательских кадров в Политехнической школе — одни представительные ученые ратовали за атомизм, другие — против. Подобное воздержание от абсолютной приверженности той или иной теории характеризовало собственные курсы Пуанкаре. Так, например, читая лекции по электричеству и оптике в 1888, 1890 и 1899 гг., он давал каждой крупной теории свое место под солнцем, вынося ее достоинства и недостатки на суд студентам. Здесь также прослеживается ризоматический «корень» конвенционализма.

³⁷ О Римане: *Gruenbaum*. Carnaps Views. 1963; *Gruenbaum*. Geometry and Chronometry. 1968. О Гельмгольце как источнике для Пуанкаре: *Heinzmann G.* Foundations of Geometry // Science in Context. 2001. Vol. 14. P. 457–470. Подробнее о математическом конвенционализме Пуанкаре см.: *Gray, Walter*. Introduction // Gray, Walter. Henri Poincaré. 1997. P. 20.

Наконец, дискутируя с философским кружком своего шурина (Эмиля Бутру), Пуанкаре обнаружил конвенционализм в философском регистре. Эта свободная принадлежность к философам и философски настроенным ученым открывала Пуанкаре на ранних стадиях более рефлексивный взгляд на математическую науку. Грубый эмпиризм был оставлен в стороне как крайне недостаточная концепция для объяснения общности и границ научного знания. Чистый идеализм (редуцирующий реальность к жизни сознания) не мог объяснить согласование идей с миром. Опираясь на ренессанс кантовской философии в Германии, Бутру и его кружок отвергали обе крайности идеализма и эмпиризма. Рассматривая естественные и гуманитарные науки как неразрывно связанные между собой, эти философы видели в обеих определяющую роль духа и в то же время испытывали глубокое подозрение к чистой метафизике. Познакомившись с работами Огюста Калинона по философским основаниям физики, Пуанкаре проследовал этим срединным философским путем прямо к проблеме одновременности.

Геометрия, топология, педагогика, философия — каждый из этих способов анализа мира Пуанкаре сообщает нам что-то о том, каким образом научный «свободный выбор» обретал для него смысл. Интересно, что около 1890 г. Пуанкаре начал регулярно называть «свободный выбор» новым именем, настаивая (как это было уже в 1887 г.), что геометрические аксиомы не являются ни экспериментальными фактами, ни (как рассматривали их некоторые кантианцы) априорно присутствующими в нашем сознании принципами. В лапидарном выразительном тезисе, опубликованном в 1891 г., он предложил новую формулировку своего взгляда на геометрические аксиомы: *«Они суть конвенции»*.

Если теперь мы обратимся к вопросу, является ли евклидова геометрия истинной, то найдем, что он не имеет смысла. Это было бы все равно, что спрашивать, какая система истинна — метрическая или же система со старинными мерами, или какие

координаты вернее — декартовы или же полярные. Никакая геометрия не может быть более истинна, чем другая; та или иная геометрия может быть только *более удобной*. И вот, евклидова геометрия есть и всегда будет наиболее удобной³⁸.

Здесь статус аксиом геометрии был явно уподоблен статусу языковых выражений, которые могут быть выбраны абсолютно свободно, а также (в этой цитате) свободе математика или физика в выборе системы координат. Новый элемент состоит в том, что Пуанкаре описывает выбор евклидовых и неевклидовых аксиом не только как выбор между группами, но и как выбор между условной системой метров и килограммов и условной системой футов и фунтов.

Для того чтобы оценить этот аспект использования «конвенции» Пуанкаре, мы должны осознать, что его обращение к весам и мерам содержит след целого мира конвенций. В то же время, как мы увидим, интерес Пуанкаре к метрам и секундам не может считаться внешним «влиянием», которое определило его научную и философскую работу, подобно тому как потайной магнит перегруширует железные опилки, расположенные над ним. «Причины» и «влияния» являются слишком слабыми и внешними терминами для постижения радикального участия Пуанкаре в практике установления планетарных конвенций.

Мир десятичного, конвенционализированного времени и пространства был для Пуанкаре всем чем угодно, но не абстракцией. Он достиг известности (и внес свой вклад) на парижской, в действительности общемировой арене электрических проводов, совещаний и международных договоров. Это был, в конце концов, идеальный политехник, который чувствовал себя одинаково уверенно как в глубинах

³⁸ *Poincaré. Non-Euclidean Geometries. [1891] // Poincaré. Science and Hypothesis. [1902]. 1952. P. 50. [Рус. изд.: Пуанкаре А. Наука и гипотеза // Пуанкаре А. О науке / пер. с фр. под ред. Л.С. Понтрягина. М.: Наука, 1990. С. 49.]*

угольных шахт, так и в дискуссиях об отдаленной астрономической стабильности. Но для того чтобы сделать видимым механизм часов, стержней и проводов, — прежде всего для того чтобы понять, как в конце XIX в. возникло конвенциональное понимание одновременности, — необходима более широкая перспектива. Нам нужно двигаться назад и вперед, внутрь и вовне, между деталями его работ в области философии, математики и физики — и крупномасштабной социальной и технологической конвенционализацией времени и пространства, в которой Пуанкаре также принимал участие.

Внутрь — к точности качания маятника главных часов, *вовне* — к подводным телеграфным проводам, пересекающим океаны. *Внутрь* — следовать за мелочами повседневной деятельности планировщиков расписаний поездов, ювелиров и астрономов; затем назад *вовне* — к законодательной перекалибровке национальных и общемировых часовых поясов. В таком режиме исследования в исторической перспективе высвечиваются самые разные сферы: технологическая, научная и философская. Между 1870 и 1910 гг. конвенция пространства и времени блистала критической опалесценцией.

Глава 3

Электрическая карта мира

СТАНДАРТЫ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ

ПАРИЖ, Hôtel des Affaires étrangères, 20 мая 1875 г., 14:00. Заверенные полномочными представителями, 17 имен сильных мира сего будут вписаны в договор, на страницах которого слепящим великолепием титулов будут сиять: «Его Величество Император Германии», «Его Величество Император Австро-Венгрии», «Его Превосходительство Президент Соединенных Штатов Америки», «Его Превосходительство Президент Французской республики», «Его Величество Император Всероссийский»... Речь идет о торжественной церемонии подписания Метрической конвенции. После многолетних переговоров высокие договаривающиеся стороны закончили работу над созданием Международного бюро мер и весов. Новые прототипы метра и килограмма, получившие международное признание, отныне были призваны заменить множество конкурирующих национальных мер, установить соотношение между новыми мерами и всеми остальными, а также сравнить получившиеся результаты со стандартами, используемыми для картографирования земли.

В этой конвенции дипломатия встретилась с наукой. В 1869 г. герцог Луи Деказ, министр иностранных дел Фран-

ции, разослал странам приглашения на дипломатическую конференцию по вопросам мер и весов. Эти приглашения были адресованы, конечно, в первую очередь политикам, но также виднейшим ученым, например немецкому астроному Вильгельму Фёрстеру, который был директором Немецкого бюро мер и весов, а также руководителем Берлинской обсерватории. К марту 1875 г. Деказ решил деликатно оставить научные вопросы, в которых собравшиеся проявляли только «относительную компетентность», в стороне, для того чтобы сфокусироваться на «вопросах политического и конвенционального порядка (*ordre conventionnel*)», в которых они имели «абсолютную компетентность»: их решения призваны были сформировать основу для согласования международного права. Конвенции, затрагивающие как научные, так и юридические вопросы, заключались и до этого. Так, например, в 1865 г. была заключена Международная телеграфная конвенция. Конвенции имели целью разрешить разнообразные коллизии между странами в торговле, почтовом сообщении и колонизации. Теперь же в жизненно важной области метрической системы, даже более важной, чем соглашение о телеграфе, делегаты заключили «международный договор», — важный для ученых, промышленников, а также политиков, — правовой документ, который должен был управлять всем, начиная от безупречной точности физической лаборатории и заканчивая дымом заводских труб¹.

Если Деказ выступал от имени дипломатии, Жан-Батист Андре Дюма, химик-органик, а с 1868 г. постоянный секретарь Французской академии наук, высказывался от имени французского научного сообщества. Как глава специальной (научной) комиссии по метру, Дюма был ответственным

¹ См.: Due Louis Decazes // Documents diplomatiques. 1875. P. 36. Прекрасное введение в духовную и техническую историю стандартизации: Precision / Wise (ed.). 1995; а также: Schaffer, Wise, Gooday et al. О первоначальной задаче фиксации метра см.: Alder. Measure. 2002.

за выработку рекомендаций, с которыми теперь приходилось считаться его коллегам. Отчасти резюмируя, отчасти лоббируя, Дюма убеждал своих коллег в том, чтобы разместить в Париже постоянно действующее бюро, наделенное полномочиями устанавливать, поддерживать и распространять международные стандарты. Прежде всего Дюма хотел утвердить метр в качестве универсального стандарта для промышленности и науки во Франции и во всем мире. По его мнению, любому, кто побывал на Великой выставке промышленных работ всех народов в Лондоне в 1851 г., должен был бы немедленно броситься в глаза тот «хаос», который царил в соотношении национальных измерительных систем. Самобытные системы мер и весов каждой отдельной страны делали невозможным перевод из одной в другую без утомительных подсчетов. В то же время каждая последующая выставка демонстрировала, что доступность метрической системы постепенно росла. Повсеместно люди стремились отказаться от несогласованных размерностей и разрушить интеллектуальные барьеры между народами. Дюма, как и многие видные французские ученые, полагал, что призыв к международным стандартам должен быть услышан всеми «просвещенными людьми». Приняв метрическую систему в физических и химических лабораториях, ученые тут же начали широко практиковать ее. Заводы, строительные компании, телеграфы и железные дороги также взяли ее на вооружение. Теперь, призывал Дюма, и государственная власть должна поддержать рациональный метр.

На взгляд Дюма, вся «соль» была в децимализации. Речь шла о десятичном характере метрической системы как для чистой, так и для прикладной науки. Двенадцать дюймов в футе, три фута в ярде — подобная неразбериха не может прийтись по вкусу ни водопроводчику, ни физику. «Что же касается геодезического происхождения метрической системы», которую Французская революция ставит себе в заслугу, то в настоящее время оно, по словам Дюма, «не пред-

ставляет абсолютно никакого интереса для торговли, промышленности и даже науки». После принятия этой системы в 1799 г. метр должен был рассматриваться в точности как одна десятимиллионная четверти окружности земли. Дюма заверил своих слушателей, что современные сторонники метрической системы не предъявляют подобного требования. Собравшиеся хорошо знали, что размер Земли не мог быть измерен с точностью, необходимой для международного стандарта. С точки зрения Дюма, метрическую систему следует принять главным образом потому, что она позволяет делить длины на понятные группы десятков. Именно это требовалось и кабинетным ученым, и прагматичным ремесленникам. Для того чтобы распространить новую рациональную систему, нужен центр. Он должен быть «нейтральным, десятичным, международным». *Ça va sans dire* [излишне говорить], что находится он должен в Париже².

Дюма напомнил присутствующим, что метрические стандарты стали международными именно потому, что такими их создала революционная Франция. Давным-давно древние иудеи поместили свои измерительные прототипы в Храме. Римляне хранили свои стандарты в Капитолии, а христиане доверили их Церкви (вот почему стандарты Карла Великого сохранились в своей первозданности). В течение 80 лет архивы выполняли ту же функцию во Франции, сохраняя стандартные меры с революционных времен. Но теперь, когда высокие договаривающиеся стороны решили сделать метр подлинно международным стандартом, они посчитали революционный метр недостаточно убедительным и непреложным, чтобы служить прототипом мировых мер.

Подписание Метрической конвенции положило начало, но отнюдь не конец процессу распространения метра. Бюрократы и ученые лоббировали этот процесс, запугивая и уговаривая свои страны, добиваясь претворения планов

² *Dumas // Documents diplomatiques. 1875. P. 121–130 (особенно p. 126–127).*

в жизнь. Этому способствовали величайшие экспериментаторы Европы и Соединенных Штатов: Арман Физо, измеривший «увлечение» эфира водой, американский физик Альберт Майкельсон, который изобрел интерферометр, инструмент, способный измерять длину в пределах доли длины волны видимого света. В течение 14 лет французские инженеры и британские металлурги всюду трудились над изготовлением абсолютно жесткого и прочного платиноиридиевого сплава.

В то время как британская фирма чеканила эти тяжелые рафинированные стержни в метровые бруски с негибким поперечным сечением в виде буквы «X», французы сосредоточились на производстве огромного «универсального компаратора» (рис. 3.1), благодаря которому можно было бы воспроизвести посредством строгой процедуры стандартную длину на другом бруске с точностью до двух десятых миллиметра. Это была кропотливая, напряженная работа. Когда британские металлурги доставляли свои драгоценные бруски французам, технический оператор Консерватории искусств и ремесел Парижа должен был устанавливать каждый новый брусок вместе с прототипом метра в скобы компаратора. Глядя в микроскоп, оператор выравнивал метровую метку по стандарту. Затем он нажимал на рычаг, запуская процесс удаления лишнего материала при помощи алмазного диска. Нанесение делений было также непростым делом. Два микроскопа устанавливались на расстоянии десяти сантиметров друг от друга. Затем операторы отмечали эту длину. Сдвигая брусок, они наносили на него следующую метку и т.д. Для того чтобы подготовить 30 стандартных брусков, которые международные делегации возьмут с собой, операторы повторили эту операцию 13 тыс. раз. Малейшая неточность означала начало всего процесса заново — с повторной полировки заготовки³.

³ *Guillaume*. Travaux du Bureau International des Poids et Mesures. 1890.

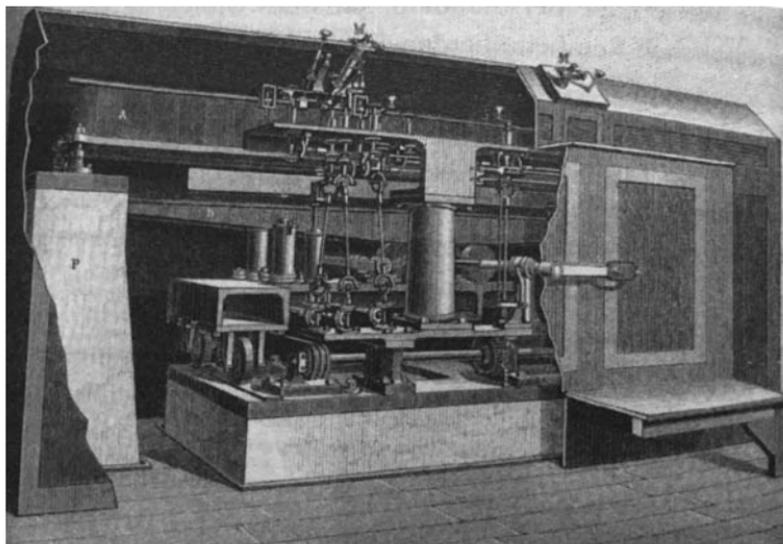


Рис. 3.1. Универсальный компаратор

Эта машина служила для того, чтобы выверять точную длину платино-иридиевых копий стандартного метра, М. Для инженеров, физиков, политиков и философов — особенно во Франции — международный успех стандартизированной единицы длины служил прообразом, как они надеялись, децимализации и стандартизации времени.

Источник: *Guillaume*. Travaux du Bureau International des Poids et Mesures. 1890. P. 21.

Наконец, в субботу, 28 сентября 1889 г., два года спустя после того как Пуанкаре был избран во Французскую академию наук, 18 представителей договаривающихся сторон собрались в Бретейском павильоне для окончательного утверждения метра в правах. Председатель конференции подсчитал голоса — единогласно, — а затем произнес: «Этот прототип метра будет отныне и впредь представлять при температуре таяния льда метрическую единицу длины», а «...этот прототип [килограмм] будет рассматриваться с этого момента как единица массы». Все стандарты были выставлены на всеобщее обозрение в конференц-зале: метры, помещенные в защитный тубус, килограммы, накрытые

тройной стеклянной полусферой. По регламенту каждый делегат церемониально брал билет из урны. Номер билета назначал его стране тот или иной метровый брусок, за что он впоследствии расписывался.

Неожиданно в эту тщательно спланированную церемонию вкралась заминка. Самый важный аспект — помещение метра в подземное хранилище. Доступ в хранилище был возможен только посредством трех ключей. Один из тех ключей находился в руках директора Французского архива, не присутствовавшего на собрании. Председатель предложил обратиться за инструкциями к министру торговли Франции, но делегаты энергично возражали. Швейцарский астроном Адольф Хирш настаивал на том, что конференция носит международный, а не внутрифранцузский характер, поэтому она не будет обращаться к ординарному французскому министру. Не может быть и речи: Хирш и его коллеги настаивали на том, что разговор с Францией может быть продолжен только через ее министра иностранных дел. Очевидно, дипломатия все-таки произвела на свет недостающий ключ.

В тот же день, точно в 13:30, комиссия, назначенная для передачи на хранение международных прототипов, собралась на цокольном этаже Бретейского павильона. Там делегаты удостоверились, что международный прототип **М** заключен в футляр, высланный изнутри бархатом, в свою очередь вложенный в плотно закрученный латунный тубус, который будет помещен в запертое хранилище. Вместе с **М** хранители подготовили двух «свидетелей» для захоронения (метровые бруски, не делегаты!). Эти металлические наблюдатели должны были вечно свидетельствовать, самым своим физическим состоянием, обо всем, что может случиться с **М**. К подобному церемониальному «погребению» делегаты съезда подготовили и килограмм, **К**, провозгласив его универсальным стандартом массы. Он тоже навеки упокоился в подземном железном хранилище

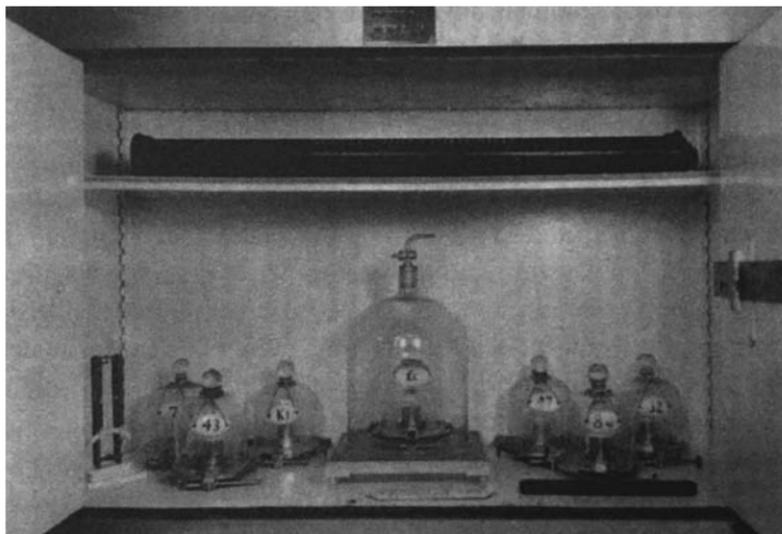


Рис. 3.2. Захоронение метра

Во время торжественной церемонии «вступления в силу» стандартов метра и килограмма в Бретейском павильоне (под Парижем) в 1889 г. наиболее тщательно изготовленные физические объекты были спрятаны от посторонних глаз — отныне они будут функционировать в публичном пространстве внешнего мира в качестве наиболее универсальных измерительных стандартов. Здесь, в своем трижды запертом подземном склепе, **М** находится в защитном металлическом футляре на верхней полке, в то время как **К** «восседает» в центре на нижней полке в окружении шести «свидетелей».

Источник: Le Bureau International des Poids et Mesures: 1875–1975. P. 39.

в компании своих «свидетелей» (рис. 3.2). Двумя ключами на виду у всех делегатов директор Международного бюро мер и весов закрыл футляр, запер внутреннюю дверь подвала третьим ключом и закрыл на засов внешнюю дверь четвертым и пятым ключами. В финале этих торжественных событий председатель конференции передал эти три последних ключа по отдельности в запечатанных конвертах: один — директору Международного бюро, другой — руководителю охраны Национального архива, а последний — президенту Международного комитета. С этих пор,

для того чтобы войти в святая святых, были необходимы все три ключа⁴.

Это был примечательный момент. **М**, наиболее точно отчеканенный и измеренный объект в истории, наиболее индивидуализированный артефакт, когда-либо изготовленный человеком, стал, благодаря своему захоронению, одновременно наиболее универсальной вещью. Этот объект находился одновременно во Франции и не во Франции — религиозно благоухающий и кричаще рациональный, абсолютно материальный и полностью абстрактный. В эпоху, когда «семья, страна, церковь» превратились в «семью, страну, науку», **К** и **М** служили лучшими эмблемами Третьей республики: погребенные в уникальности и воскресшие в универсальности. Символический резонанс метра не ускользнул ни от кого. Уже в 1876 г. Республика отчеканила роскошную детализированную медаль в честь нового стандарта, для прославления ученых, трудившихся над его созданием, а также самого прототипа, учрежденного в жерминале третьего года⁵. В 1889 г. по случаю вступления в юридическую силу международных стандартов французские газеты вспоминали с «патриотическим удовлетворением», как вскоре после «катастрофы 1870 года» зарубежные ученые, даже те, кто раньше оспаривал французскую точность, теперь признали ее триумф⁶.

⁴ Ср.: *Poincaré. Rapport // Comptes rendus des séances de la première conférence générale des poids et mesures. 1897.* После захоронения **М** метрологическая практика постепенно приняла на вооружение другую процедуру, согласно которой расстояние определялось через длину световой волны, что заменяло уникальный метровый брусок определенной длины волны цезия. О сотрудничестве метрологов и спектроскопистов, астрофизиков и оптических физиков рассказывается в двух прекрасных работах: *Bigg. Behind the Lines. Spectroscopic Enterprises in Early Twentieth Century Europe. Part II* (неопубликованная докторская диссертация). University of Cambridge, 2002; *Staley. Traveling Light. 2002.*

⁵ *Le Nouvel étalon du mètre. 1876.*

⁶ *Le Temps. 28 September 1889. No. 1.*

Не успели еще на Метрической конвенции просохнуть чернила, как делегаты уже начали планировать новые стандарты по образцу М. Научно-технические конвенции не только способствовали приобретению символического капитала страной или странами, которые внедряли их, но также порождали реальные выгоды для торговых экспортеров и сглаживали национальную конфронтацию. Конвенции были также реакцией на неожиданное противостояние промышленных товаров на международных выставках, коммерческий «хаос», о котором говорил Дюма. Но конвенции также служили связующим звеном между железнодорожными путями и расписаниями, и когда поезда врезались друг в друга, часто это объяснялось отсутствием таких конвенций. На протяжении большей части начала XIX в. региональные (даже национальные) системы коммуникации, производства и обмена могли достаточно свободно развиваться в условиях относительной обособленности друг от друга. В последней трети XIX в. все эти системы натолкнулись на великое множество границ в колониях, на рынках и выставках. Напряженность была такой, что конвенции были разработаны именно для разрядки ситуации. Они были «заплатами» для тех участков, где встречались друг с другом телеграфные, электрические и железнодорожные сети.

Правительства разрабатывали конвенции для того, чтобы навигаторы, прокладывающие маршруты на границе колониальных доминионов, перестали лихорадочно перебирать несовместимые карты. Они вводили конвенции для того, чтобы облегчить движение генераторов, зубчатых передаточных механизмов и паровых двигателей. Урегулирование конфронтаций требовало введения трудно завоеванных инструментов примирения, и их число росло: конвенции войны, конвенции мира, конвенции электроэнергии, конвенции температуры, мер и весов. Конвенции, как мы увидим дальше, времени.

В годы после избрания Пуанкаре (в январе 1887 г.) во Французскую академию наук накал дебатов относительно

новых стандартов достиг своего апогея. Академики проявляли интерес к прототипам метра вплоть до их металлургического состава. Их завороченность метром привела к появлению идей дальнейших конвенций. Например, один выдающийся французский астроном предложил Академии документ, в котором метр служил моделью для децимализации денег. Когда, как раз после утверждения метра в правах, один критик написал в Академию письмо, чтобы оспорить соответствие новых брусков старым архивным стандартам, берлинский астроном Фёрстер категорично заявил: «После того как основа метрической системы была материально определена посредством международного прототипа, Международный комитет мер и весов считает неприемлемым подвергать ее неопределенной и непрерывной коррекции»⁷. Отныне господствовал только М.

Продавливаемое французами на каждом шагу (отчасти из принципа, отчасти в качестве контрмер по отношению к растущей силе Британской империи), понятие *конвенции* расширилось, конденсируя в едином слове сразу три значения. *Конвенция* отсылала к революционному Конвенту второго года, который ввел десятичную систему пространства и времени; *конвенция* означала международный договор, дипломатический инструмент, с помощью которого во второй половине XIX в. французы, более чем любая другая нация, выдвинулись на первый план на мировой арене. В более общем смысле *конвенция* есть мера, или отношение, зафиксированное общим консенсусом. Речь, таким образом, шла о конвенции, закрепленной в конвенции, в традициях Конвента. Когда руки в перчатках опускали отполированный стандартный метр М в парижское хранилище, французам в буквальном смысле слова принадлежали ключи от уни-

⁷ См.: Comptes rendus de Académie des Sciences: *Violle*. Sur l'alliage du kilogramme. 1889; *Larce*. Sur l'extension du système métrique. 1889; *Bosscha*. Etudes relatives à la comparaison du mètre international. 1891; *Foerster*. Remarques sur le prototype. 1891. P. 414.

версальной системы мер и весов. Дипломатия и наука, национализм и интернационализм, конкретность и универсальность пересеклись в светской святости этого хранилища.

Но если Франция смогла запереть пространство и массу под сводами защищенного цокольного этажа Бретейского павильона, время оказалось значительно менее податливым. В начале 1880-х годов один французский обозреватель посетовал, что часы ведут себя чрезвычайно своенравно: у каждого из них своя собственная «индивидуальность», дискредитирующая любую попытку их упорядочивания посредством внесения поправок на температуру. Не то чтобы французские астрономы и физики не пытались. По всей Европе округа, города, регионы и страны бились над тем, чтобы стандартизировать и унифицировать свои часы. В Париже и Вене в конце 1870-х годов промышленные паровые механизмы вкачивали в сеть подземных труб сжатый воздух, чтобы тем самым модулировать давление, необходимое для пневматической координации времени по всему городу. Клиенты могли бродить по пневматическим салонам в поисках наиболее предпочтительной для них версии викторианской точности (рис. 3.3, 3.4).

Поначалу 15-секундная задержка, связанная с передачей импульса по улицам Парижа, казалась ничтожной. Тем не менее 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 по сравнению друг с другом и с обсерваторией) стала ощутимой.

Астрономы понимали проблему так же хорошо, как и мостостроительные, и железнодорожные инженеры. Вскоре к этому пониманию приобщилась широкая общественность. Поначалу инженеры пытались не обращать внимания на несоответствие: «...этот маленький диссонанс, неоспоримый в теории, имел небольшое практическое значение, поскольку мы все же имеем дело только с часами, отобра-

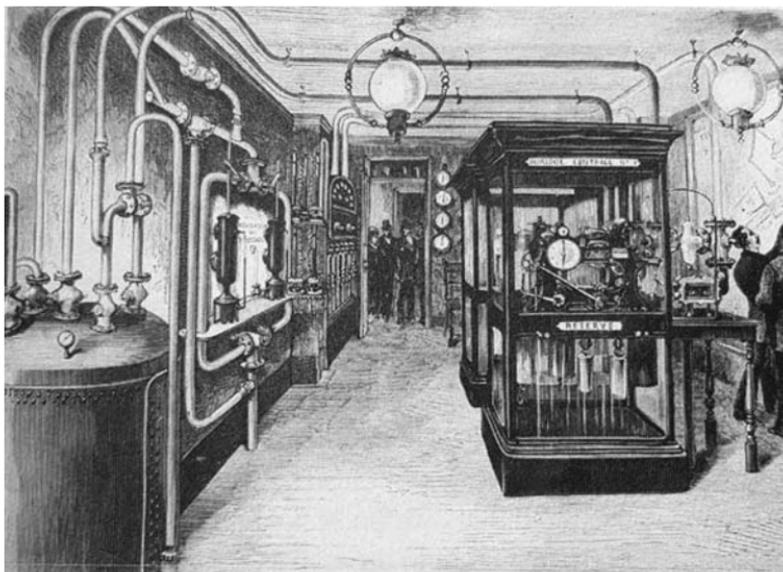


Рис. 3.3. Пневматическая унификация времени:
контрольная комната (ок. 1880 г.)

Из контрольной комнаты на Rue du Télégraphe в Париже линии труб «доставляли» время на городские улицы для синхронизации часов в каждом квартале мегаполиса.

Источник: Compagnie Générale des Horloges Pneumatiques. Archives de la Ville de Paris, VONC 20.

жающими минуты, где минутные стрелки идут шагом, не имеющим дальнейшего деления». Специалисты часовых комнат поспешили заверить, что они скорректируют время обсерватории на 15 секунд, необходимых импульсу для прохождения по сети трубопроводов. А точнее, они установили на каждые пневматические часы замедляющие противовесы (в зависимости от удаления от центра). Таким образом, успокоили они своих клиентов, «расхождение практически полностью исправлено»⁸.

⁸ Extrait du Rapport du Chef du Service Technique. Ponts et Chaussées. 5 March 1881. Archives de la Ville de Paris, VONC 219.

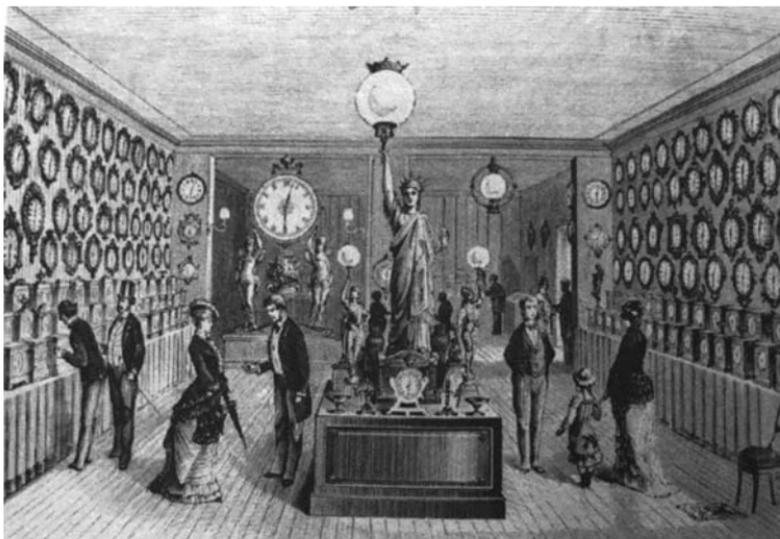


Рис. 3.4. Пневматическая унификация времени: демонстрационный салон (ок. 1880 г.)

Здесь клиенты — как юридические, так и физические лица — могли приобрести часы, которые регистрировали бы тщательно просчитанные потоки воздуха, получаемые через сеть парижских пневматических труб.

Источник: Compagnie Générale des Horloges Pneumatiques. Archives de la Ville de Paris, VONC 20.

Здесь бросаются в глаза два удивительных обстоятельства. Во-первых, осведомленность о времени стала высокой. До XIX в. часы обычно не имели даже минутных стрелок⁹. Теперь 15-секундное расхождение могло заставить инженеров модифицировать общественные часы. Во-вторых, время передачи: даже волна давления, движущаяся со скоростью звука, казалась профессионалам и простым людям проблемой, требующей решения. Но если широкая общественность конца XIX в. хотела отрегулировать счет секунд, астрономы давно уже привыкли к гораздо большей точности. Урбэн Ле-

⁹ Dohrn-van Rossum. History of the Hour. 1996. P. 272.

верье, директор Парижской обсерватории и сооткрыватель планеты Нептун, давно уже хотел произвести электрическую унификацию времени. Синхронизация часов пневматическими средствами была смехотворно неточной в контексте астрономической работы конца XIX в. В 1875 г., без всякого сомнения, под впечатлением от роли обсерватории в процессе унификации системы мер и весов, Леверье предложил стандартизацию и унификацию парижского времени посредством электричества, по образцу того, как астрономы уже согласовали различные помещения своей собственной обсерватории. Физики Корню и Физо вместе с другими астрономами единогласно одобрили идею. Это был идеальный политехнический проект. Леверье, не теряя времени, начал добиваться от департамента Сена поддержки. Он и его коллеги-астрономы настаивали на том, что их целью было распространить внутренний порядок обсерватории на весь город: «Я предлагаю Парижу придать общественным часам синхронный ход и гораздо большую точность, чем та, которой мы привычно довольствовались до сих пор <...>. Если Париж согласится <...> это даст новый благотворный толчок искусству производства часовых механизмов, которым издавна славятся французские ремесленники»¹⁰.

Париж согласился, оперативно создав блистательную комиссию для управления часами. Одним из ее членов стал Густав Треска. Именно он контролировал производство стандартных метровых брусков и эталонов массы, которые будут помещены в хранилище в Бретейском павильоне. Эдмон Беккерель, крупный французский физик (он был отцом Анри Беккереля, снискавшего славу в области радиоактивности), также вошел в состав комиссии. Членом комиссии стал и известный архитектор Эжен Виолле-ле-Дюк — оче-

¹⁰ Conseil de l'Observatoire de Paris, Présidence de M. Le Verrier. 1875; Леверье — г-ну префекту (январь 1875 г.). Оба документа в: Archives de la Ville de Paris. VONC 219.

видно, по причине своих знаменитых успешных реставрационных проектов (согласование больших церковных часов представляло огромную архитектурную и структурную проблему). Председателем комиссии стал Шарль Вольф, астроном из Парижской обсерватории. Он изобрел большую часть обсерваторской электрической системы согласования времени. Астрономы и их союзники справились с нелегким заданием и вскоре имели на руках опытный образец.

К тому времени как комиссия отчиталась перед городом в январе 1879 г., Леверье умер. Но его план продолжал жить. Дюжина синхронизированных часов, присоединенных посредством телеграфного кабеля к материнским часам в обсерватории, тикали в Париже. Построенные в точном соответствии с моделью координации точности часов в обсерватории, каждые из этих подчиненных часов имели свой механизм, заставляющий их идти на 15 секунд быстрее каждые 24 часа. Контрольный импульс из обсерватории управлял электромагнитом во всех общественных часах, который замедлял маятник, подтягивая ход удаленных часов к ходу материнских часов, создавая тем самым требующуюся синхронность. Каждые подчиненные часы электрически излучали время на другие общественные часы на ратушах, значимых городских площадях и церквях. Отныне, как провозглашалось в отчете, общественность будет иметь 40 общественных часов, показывающих правильное время с точностью до минуты — на самом деле, сразу после запуска установочного сигнала, до *секунды*. Тем не менее существовали пространственные и правовые ограничения, мимо которых телеграфная система времени обсерватории не могла пройти:

Мы не включили в список часов, подлежащих регулированию, часы, принадлежащие железной дороге. Дело не в том, что мы неправильно поняли огромный общественный интерес к согласованию этих часов с городскими часами. Однако <...> комиссии показалось, что было бы неблагоприятно вовлекать

город <...> в такое сложное дело с большими рисками, где ответственность города в случае аварии, связанной с регулированием часов, могла бы быть истолкована неблагоприятным образом. Можно, тем не менее, не сомневаться в том, что когда железнодорожные компании увидят, что все городские часы указывают одинаковое время и что они идут абсолютно синхронно, они начнут спонтанно устанавливать свои часы в соответствии со временем обсерватории. В этот день унификация времени в Париже станет унификацией времени во всей Франции¹¹.

Это была поистине вдохновляющая картина недалекого будущего: обсерватория будет, так сказать, раздвигать свои стены до тех пор, пока система Леверье не охватит весь Париж полностью. Повсюду будут возникать многочисленные копии часов из центра точности, пока у каждого ювелира, каждого гражданина не окажется прямо под рукой точнейшее астрономическое время. Этому примеру последуют поезда и, наконец, вся Франция. Благодаря этой цепочке символических отражений в темпоральном зале зеркал астрономически установленный маятник Леверье установит время всех остальных часов в стране.

Тем не менее эта система часов так никогда и не заработала. Лед в коллекторной системе очень быстро повредил провода в разных местах: передача тока от материнских к периферийным часам была прервана. Вскоре общественные часы по всему Парижу показывали каждые свое собственное время. В замешательстве и гневной комиссии набросилась на главного инженера, вызвав лавину взаимных обвинений по поводу патентов и очевидной неспособности общественных часов показывать правильное время. С целью убедить членов комиссии использовать его последние изобретения, главный инженер обрушился с жесткой критикой на часы,

¹¹ Projet d'Unification de l'heure dans Paris. Rapport de la Commission des horloges (22 января 1879 г.). Archives de la Ville de Paris. VONC 219.

которые были точными только при получении установочного сигнала: «В отношении циферблата в любой момент наблюдатель должен иметь абсолютную *уверенность* в том, что часы верны вплоть до нескольких секунд, а не до *пяти минут*»¹².

В 1882 и 1883 гг. власти регистрировали сообщения, что часы одного округа за другим не получали надлежащего электрического сообщения с обсерваторией. К весне 1883 г. ни одни общественные часы, привязанные к вторичным регуляторам, не получали никакого тока вообще¹³. Французские авторы проекта признали, что их страна потерпела неудачу в установлении унифицированного времени между городами. Что было особенно обидно, именно Лондону, родине двенадцатидюймового фута, суждено было подготовить почву для стандартизации времени¹⁴.

Французскому научному истеблишменту, создавшему славный рациональный метр, было очень неприятно осознавать, что синхронизированное время выскользнуло у французов из рук. В 1889 г. директор обсерватории обратился к городским властям с предложением остановить этот темпоральный хаос: «Совет обсерватории неоднократно был обеспокоен тем, каким образом функционирует распространение времени в Париже. Результаты, полученные до сих пор, были настолько неудовлетворительны, что, учитывая многочисленные протесты, директор обсерватории просит исключить любое упоминание “обсерваторного времени”»¹⁵.

¹² Tresca. Sur le réglage électrique de Theure. 1880; Ingénieur en Chef, Adjoint aux Travaux de Paris. Quelques Observations en Réponse au Rapport du 25 Novembre 1880. Archives de la Ville de Paris. VONC 3184. 6.

¹³ См., например: G. Collin to M. Williot, 23 September 1882; G. Collin to M. Chrétien, 10 April 1883; оба документа в: Archives de la Ville de Paris, VONC 219.

¹⁴ Breguet. L'unification de Fheure. 1880; о согласовании времени в Париже см. также: *Aubin*. Fading Star.

¹⁵ M. Faye to M. le Directeur, Direction des Travaux de Paris, 16 January 1889. Archives de la Ville de Paris. VONC 219.

На Всемирной выставке 1900 г. иностранцы могут стать свидетелями столь плачевного положения дел. Неужели муниципалитет и обсерватория не в состоянии создать систему, «более достойную такого города, как Париж»? В подобных обстоятельствах становилось все более очевидно, что железные дороги были весьма далеки от того, чтобы «спонтанно» начать копировать систему «обсерватория — город», как хотелось бы Лаверье.

ВРЕМЕНА, ПОЕЗДА И ТЕЛЕГРАФЫ

Не то чтобы французские железнодорожники не хотели установления согласованного времени. Они, как и весь остальной Париж, были зачарованы близящимся безоговорочным триумфом парижского стандарта метра в канун его канонизации в 1889 г. В 1888 г. *Revue générale des chemins de fer* открыл у себя дискуссию о времени непосредственной ссылкой на необычайный успех метрической реформы:

Метрическая система — одно из наиболее знаменитых творений французского гения — уже завоевала полмира, и ее полный триумф уже никем не ставится под сомнение. Ее авторы ввели также новый календарь, но они не позаботились о фиксации начала или середины дня <...> о вопросах, которые, кажется, уже решены движением Солнца. Чтобы посеять идею выбора более или менее произвольного времени в одной местности, которое будет распространено на другие, что приведет к созданию нормальных или общенациональных часов, потребовалась быстрота железнодорожного и телеграфного сообщения. Это породило неразбериху того же рода, что и множественность старых национальных систем мер и весов¹⁶.

Во Франции, как и во многих других странах, каждая железнодорожная компания использовала время основного обслуживаемого города. Постепенно, по мере того как же-

¹⁶ Nordling. L'Unification. 1888. P. 193.

железнодорожные линии, тянущиеся из Парижа, уходили все глубже во внутренние районы страны, они изгоняли локальные времена до тех пор, пока в 1888 г. Париж не установил общегосударственное железнодорожное время. Циферблаты на фасаде вокзала и залах ожидания показывали точное парижское время, а часы на платформе отставали от часов, расположенных снаружи, на три или иногда на пять минут, для того чтобы дать путешествующей публике определенный временной люфт. Таким образом, пассажиры в период ожидания на железнодорожных станциях вне Парижа — в Бресте или Ницце, например, — находились сразу в трех временах: локальном времени города, парижском времени (в зале ожидания) и смещенном времени на перроне. (Время поезда шло с опережением вокзальных часов Бреста на 27 минут и отставало от хода часов на вокзале в Ницце на 20 минут.) *Revue générale des chemins de fer* проанализировал временные схемы других стран, изучая каждое отдельное решение проблемы времени. Россия унифицировала время в январе 1888 г. Швеция установила свои часы на один час позже гринвичского времени. Германия не могла выбрать между многочисленными временами, ориентированными на земли.

«Нигде больше вопрос о времени не стоял так остро, как в огромной железнодорожной сети Соединенных Штатов и в английских владениях в Северной Америке». Основываясь на решении Североамериканской железной дороги в апреле 1883 г. синхронизировать все имеющиеся в их распоряжении часы по часовым поясам, американцы и канадцы выбрали Гринвич как нулевое время, выкраивая огромные продольные полосы от «Межколониального времени» на востоке до «Тихоокеанского времени» на западе. «Добавим, — подводил итог французский железнодорожный журнал, — что [американские] графики и цветные карты, предлагаемые для общественного пользования, кажутся нам, благодаря своей простоте и дизайнерской эстетике, замет-

но превосходящими те, которые мы обычно видим в странах Старого Света». Согласно *Revue générale des chemins de fer*, когда в октябре 1884 г. международные научные делегаты собрались в Вашингтоне, округ Колумбия, именно железнодорожники смогли напомнить им, что «любое изменение было бы бесполезным и несвоевременным». Теперь ставки были ясны: могла ли Франция — мог ли мир — принять «обобщенную американскую систему»? Для французского железнодорожного *Revue générale des chemins de fer* это был вопрос, который не следовало бы оставлять исключительно в руках географов, геодезистов и астрономов¹⁷. Имея в виду спесивых парижских астрономов, автор писал: «Только после того как железные дороги и телеграфы осуществят реформу [времени], можно надеяться на то, что их пример будет заразителен и для других администраций и муниципалитетов. И только тогда, как и в Северной Америке, реформа сможет быть полноценной и продемонстрирует свои преимущества»¹⁸.

Когда дело дошло до реформы времени, французские железнодорожники, телеграфисты и астрономы смотрели на Британию и Соединенные Штаты со смешанными чувствами восхищения и тревоги. Америка выделялась своим промышленным распределением времени, Британия — своей всемирно доминирующей сетью подводных кабелей. Когда в 1893 г. Анри Пуанкаре пришел в Бюро долгот, он вступил в мир, достаточно отличный от огромного коммерческого и научного предприятия, управляемого Британией и Америкой. Часы шли с потрясающей точностью в обсерватории и с ужасной неточностью на улицах Парижа. Французы, особенно политехники, сожалели об этом городском провале, но были горды своей принципиальностью, математическим, философским подходом к стандартизации. Они

¹⁷ Nordling. L'Unification. 1888. P. 198, 200–202.

¹⁸ Ibid. P. 211.

привели «просвещенческий» метр к триумфальной победе и стремились распространить заявленную ими универсальную рациональность на хаотичные владения времени.

По ту сторону Атлантики североамериканская реформа времени не могла похвастаться лидером такого научного калибра, как Леверье. Американскую историю согласования времени просто невозможно, несмотря на многие попытки, свести к работе конкретного человека, промышленного предприятия или ученого. Движение к синхронизации было здесь всегда в состоянии критической опалесценции: с десятками городских советов, руководителями железнодорожных сетей, телеграфистами, научно-техническими обществами, дипломатами, учеными и обсерваториями, которые соперничали между собой в плане утверждения тех или иных способов согласования часов. Работа была настолько гибридной, настолько изменчивой относительно своих предпочтений и координатных сеток, что астрономы продавали время как бизнесмены, а железнодорожники рассуждали об универсальном порядке природы.

Крупнейшие французские ученые были впечатлены не американской математической физикой, математикой или чистой астрономией, но, скорее, работой амбициозной Береговой и геодезической исследовательской службы. Команды картографов и исследователей были заняты нанесением границ, рек, гор и природных ресурсов на карту стремительно расширяющейся страны. Как и все их коллеги-картографы, американцы испытывали трудности со временем, потому что время было неотделимо от долготы.

Нахождение локального времени на деле было вопросом наблюдения за небом. Часы выставлялись в соответствии с моментом, когда Солнце проходило свою высшую точку. Для большей точности требовалось определение момента, когда некоторая звезда пересекала воображаемую линию, идущую вертикально вверх от северного горизонта. Если исследователи знали, сколько времени было в этот

момент в некоторой фиксированной точке отсчета — Вашингтоне, округ Колумбия, например, — они могли тогда просто рассчитать разницу во времени между этим местом и вашингтонским временем. Если два времени были одинаковыми, исследователи были где-то на той же долготе, что и Капитолий. Если исследователи обнаруживали, что их время отстает от вашингтонского на три часа, то в этом случае они находились на восьмой части пути вокруг земного шара к западу.

Проблема картографов состояла поэтому всегда в том же самом вопросе удаленной одновременности: какое время сейчас в Вашингтоне или Париже или Гринвиче? Поэтому исследователи, геодезисты и навигаторы носили с собой часы (хронометры), установленные на время их портов отправления. Все геодезисты должны были сверять локальное время с показаниями хронометра. Но определять точное время при неустойчивом движении каюты корабля или на спине мула всегда было непросто. Сопутствующие этому капризы температуры, влажности и механические изъязны делали обеспечение стабильного хода точного хронометра одной из наиболее трудных машинных проблем всех времен. У Джона Гаррисона, выдающегося часовщика XVIII в., на создание морского хронометра, позволяющего точно определять долготу, ушла вся жизнь¹⁹. Несмотря на свою одаренность, Гаррисон, тем не менее, не нашел удовлетворительного решения проблемы подвижного времени. Охота за надежными транспортабельными часами продолжалась на всем протяжении XIX и XX вв. Астрономы долго и упорно бились над тем, чтобы разработать точный способ, позволяющий рассматривать движение Луны на фоне неподвижных звезд в качестве гигантских часов, видимых повсеместно. Однако позиция Луны не поддавалась математическому описанию, и в поле, и на корабле было трудно определить,

¹⁹ *Sobel. Longitude. 1995; а также: Bennett. Mr. Harrison. 2002.*

где именно была Луна, за исключением тех редких моментов, когда она действительно проходила перед какой-либо звездой или планетой.

Самым желанным показателем для всех американских геодезистов было установление долготного различия между Новым и Старым Светом. Однако картографы просто не могли прийти к консенсусу. Одна отчаянная серия попыток — среди многих других — была предпринята в августе 1849 г. Семь трансатлантических судов, на каждом из которых имелось по 12 точных хронометров, вышли в море. Надежда заключалась в том, что реализованная таким образом транспортировка времени через Атлантику наконец-то покажет подлинное различие во времени и, следовательно, долготу. В 1851 г. на борту пяти зафрахтованных парусников из Ливерпуля и двух — из Кембриджа и Массачусетса были размещены 37 хронометров. После транспортировки 93 хронометров через океан астрономы оптимистично заявили, что могут определить различие во времени между одним и другим берегом с точностью до одной двадцатой секунды²⁰.

Такая хваленая точность вскоре начала сбивать. Несмотря на присутствие на судах бдительных надзирателей, призванных строго отслеживать регулярность тиканья груза, измеренное различие времени от Соединенных Штатов до Англии непостижимым образом отличалось от того, которое было определено в обратном направлении — от Англии до Соединенных Штатов. Что-то в открытом море сбивало с толку часы. Астрономы подозревали, что виновницей, вероятно, была температура, — низкие температуры вдали от берега замедляли работу часовых механизмов. Это означало, что если такие летаргические часы отплывают в 13:00 из

²⁰ G.P. Bond to A.D. Bache, Supt USCS. 28 February 1854. См.: Chronometric Expedition, letters, reports, miscellany. Box 1: Reports. Harvard University Archives, Harvard College Observatory, Cambridge, MA.

Кембриджа (Массачусетс), по прибытии в Европу они покажут кембриджское время с отставанием по отношению к реальному времени в Кембридже, что приведет к тому, что британские картографы, полагающиеся на показания этих часов, прибывших в Англию, расположат Кембридж (Массачусетс) западнее его фактического местоположения. И наоборот, отстающие часы, установленные в Ливерпуле, введут американцев в заблуждение, показывая ливерпульское время с отставанием, и, таким образом, картографы Нового Света нанесут Ливерпуль на свои карты западнее и, следовательно, *ближе* к берегам Северной Америки. Тестирования, вычисления и интерполяции мало чем помогли. Укомплектовывание кораблей большим количеством персонала, лучшими температурными компенсаторами и все более совершенными часовыми механизмами только плодило все более противоречивые данные. Не решив задачу по определению наиболее значимой величины — различия долгот между Северной Америкой и Европой, картографы почти отчаялись.

Столетиями картографы могли только мечтать о том, чтобы послать сигнал одновременности для определения долготы. Телеграф решил эту проблему. На огромных расстояниях электрический ток будет гнать сигнал по проводам так быстро, что прием и передача окажутся практически мгновенными. Все лето 1848 г. астрономы из Гарвардской обсерватории и береговые службы тестировали эту новую функцию телеграфа. Один человек нажимал на кнопку, а другой принимал сигнал на другом конце провода. Каждое удаленное нажатие оставляло отметку на бумаге, которая наматывалась на печатное устройство приемника. Однажды вечером картограф Сирс Уолкер задал вопрос: что, если им напрямую наблюдать (и передавать свои наблюдения) за звездами, проходящими через север? Его коллега Бонд ответил: почему бы не сделать регулятор хода часов по образцу телеграфной кнопки, тогда тиканье будет слышно по-

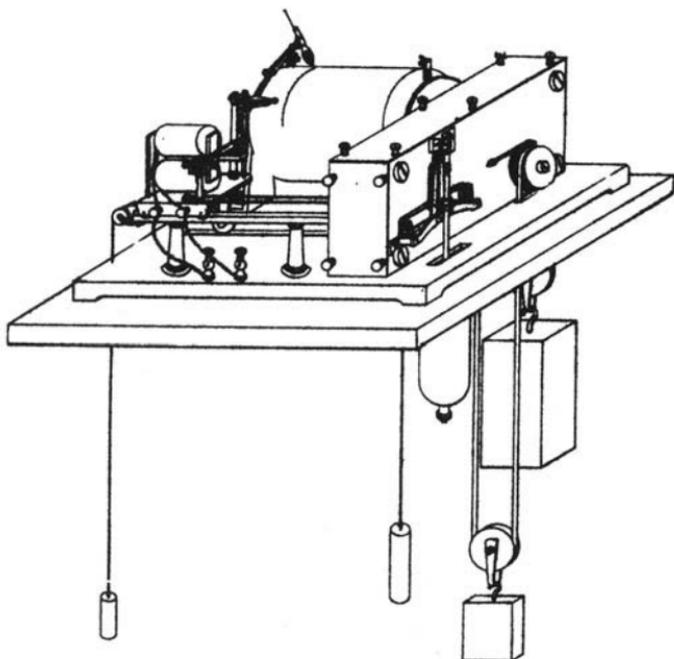


Рис. 3.5. Американский метод

Посредством регистрации прибытия телеграфных сигналов на мерно вращающемся барабане передача времени могла стать значительно более точной по сравнению с использовавшимися ранее акустическими средствами. Для передачи сигнала на большие расстояния (через Атлантический океан, например) использовался более утонченный метод, изобретенный лордом Кельвином: входящий сигнал электрического времени заставлял медленно крутиться прикрепленный к зеркалу магнит так, что отраженный световой луч постепенно смещался на листе бумаги.

Источник: *Green. Report on Telegraphic Determination. 1877 (opposite p. 23).*

Но о быстром распространении одновременности заботились не только астрономы и картографы. Поезда нуждались в стабильности расписаний. Поэтому к 1848–1849 гг. железные дороги начали заключать добровольные соглашения, для того чтобы посредством конвенций зафиксировать время, в соответствии с которым организовывалось железнодорожное сообщение. Для большей части Новой Анг-

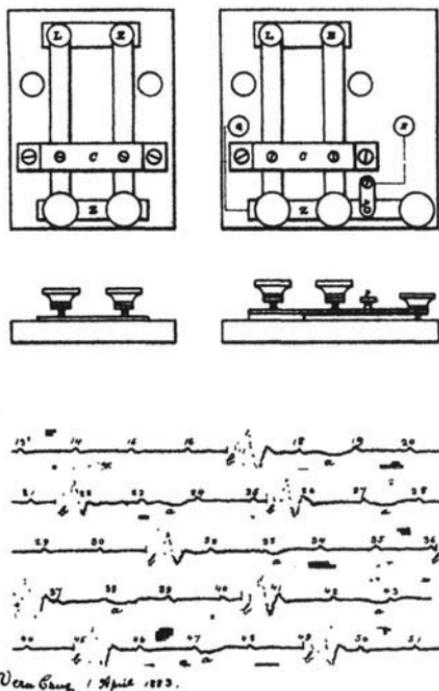


Рис. 3.6. Следы времени

Телеграфные кнопки и отметки дистанционно передаваемых временных сигналов, записанных с помощью «Американского метода» (1883 г.).

Источник: *Davis et al. Telegraphic Longitude in Mexico and Central America. 1885. Plate 1.*

лии это означало, что все поезда начиная с 5 ноября 1849 г. должны были принять «истинное время Бостона, указанное William Bond & Son, номер 26 по Конгресс-стрит»²³. Каждая железная дорога, еще не вошедшая в эту общую систему времени, вскоре была заинтересована принять ее. 12 августа 1853 г. два поезда на железнодорожной линии, тянущейся от Провиденса до Вустера, врезались друг в друга

²³ *Stephens. Partners in Time. 1987. P. 378.*

на слепом участке. Четырнадцать человек погибли, а газеты обвинили в трагедии машиниста с дрогнувшей рукой на дросселе и отстающими часами на боку. Другая катастрофа, произошедшая за несколько дней до этого, причиной которой также стали «плохие часы», спровоцировала огромное общественное давление на железнодорожников, понуждая их к тому, чтобы начать, наконец, согласовывать свои часы. Время, передаваемое по телеграфу, стало стандартной железнодорожной технологией²⁴.

Оказывая давление на обсерватории и одновременно сами находясь под их давлением, железнодорожные инспекторы, операторы телеграфа и часовщики ускорили электрическое согласование часов как в Англии, так и в Соединенных Штатах. К 1852 г. британские часы под руководством королевского астронома посылали электрические сигналы по телеграфным линиям как к общественным, так и к железнодорожным часам²⁵. Вскоре американцы сделали то же самое. Подводя итоги своим достижениям в работе со временем, директор Гарвардской университетской обсерватории хвастался в конце 1853 г.: «...удары наших часов можно мгновенно услышать на любой телеграфной станции в пределах нескольких сотен миль от обсерватории»²⁶. В 1860-х и 1870-х годах согласованное время проникло внутрь городов и распространилось по железнодорожным системам. Прославляемые в прессе, зримые на городских улицах, изучаемые в обсерваториях и лабораториях, синхронизированные часы были чем угодно, но не абстрактной наукой. Их капилляры на железнодорожных станциях, в городских кварталах и церквях свидетельствовали о том, что синхронизированное время ворвалось в жизнь людей так же, как

²⁴ *Stephens. Reliable Time.* 1989. P. 17; на с. 19 цит.: *Shaw. Railroad Accidents.* 1978. P. 31–33.

²⁵ *Bartky. Selling Time.* 2000. P. 64.

²⁶ *Report of the Director.* 1853. CLXXI.

электроэнергия, канализация или газопровод. Оно стало воздухом современной городской жизни. В отличие от других общественных благ, синхронизация времени зависела непосредственно от ученых. К концу 1870-х годов Гарвардская университетская обсерватория стала всего лишь одним из многих мест, транслирующих время, несмотря на то что в течение многих лет ее служба была одной из самых обширных. Питтсбург, Цинциннати, Гринвич, Париж или Берлин отличались друг от друга своими подходами и своими уникальными наработками²⁷.

МАРКЕТИНГ ВРЕМЕНИ

Вскоре после этих первых экспериментов с электрическим временем Гарвардская обсерватория арендовала телеграфную линию, для того чтобы распространить в Бостон время, которое ее сотрудники определили посредством астрономических наблюдений. В 1871 г. директор обсерватории начал взимать плату за услуги, надеясь установить часы, видимые на большом расстоянии, «...чтобы общественность могла узнать и научиться ценить метод передачи времени»²⁸. Доходность была хорошей: в 1875 г. обсерватория заработала 2400 долл. Этого хватило, чтобы нанять управляющего для своего бизнеса²⁹. В феврале 1877 г. директор Гарвардской обсерватории назначил управлять временем астронома Леонарда Уолдо, который переехал в Гарвард из Йеля, где занимался схожими вещами. К тому времени кембриджские

²⁷ Литература по отдельным обсерваториям просто огромна. Нет лучшего обзора их ролей в процессе согласования времени, чем в: *Bartky. Selling Time. 2000* (автор сосредоточивается на Америке).

²⁸ *Jones, Boyd. The First Four Directorships. 1971. P. 160*; примеры с *Boston & Providence Railroad, Boston & Lowell, Eastern Railroad Company, Boston and Maine Co., etc.* Harvard University Archives, Harvard College Observatory, Cambridge, MA. Observatory Time Service, 1877–1892. Box 1. Folder 7.

²⁹ *Historical Account. 1877. P. 22–23.*

инвестиции в инструменты, часы и телеграфные линии составили порядка 8000 долл. Теперь они нуждались в клиентах. Используя телеграф для передачи сигнала полудня, Уолдо планировал сбросить большой медный сигнальный шар с мачты одного из самых высоких зданий Бостона. Он рассчитывал, что такое зрелище впечатлит как «сухопутных крыс», так и «морских волков», и резко повысит авторитет обсерватории. Росту авторитета также поспособствует спрос со стороны железнодорожных компаний. Ювелиры и часовщики также рассматривались в качестве потенциальных клиентов, не говоря уже об отдельных гражданах, которые отчаянно нуждались (по крайней мере, по мнению Уолдо) в точном времени. Уолдо надеялся, что расширение клиентской базы убедит крупные предприятия в том, что время — это и впрямь деньги, или, во всяком случае, его стоило покупать. Провода множились, обвиняя всю обсерваторию, которая стремилась стать главными часами для всей Новой Англии³⁰.

Уолдо упорно повсюду трубил о своей идее. При поддержке Western Union он напечатал брошюру, которая рекламировала службу времени для сотен городов и городков Новой Англии. Его время, время Гарвардской обсерватории, основывалось на впечатляющих часах Фродшэма, корректируемых один раз в день в 10:00 с точностью до доли секунды. От этих главных часов время должно было бежать по магистральной цепи, связывающей обсерваторию, Бостонское пожарное управление и город Бостон, и дополняющим ее двум второстепенным цепям. В том маловероятном случае, если часы обсерватории собьются, Уолдо гарантировал своим жаждающим точного времени клиентам, что они получат резервный сигнал от часовщиков William Bond & Sons. На протяжении всего дня электрические импульсы посылались из обсерватории в двухсекундных интервалах, пропуская

³⁰ *Pickering*. Annual Report of the Director. 1877. P. 10–11.

в целях идентификации каждую 58-ю секунду минуты, а каждые пять минут — 34-ю и 60-ю секунды³¹.

Граждане, такие как владелец род-айлендской картонной компании Card Board Company, хотели знать время:

Не будете ли вы столь любезны сообщить мне, кембриджское или бостонское время доставляется в бостонский офис телеграфной службы W[estern] U[nion] из вашей обсерватории? То есть учитывается ли разница во времени между двумя этими городами до передачи сигналов <...>. В точности ли согласована секундная стрелка, которая отсчитывает секунды на циферблате в Бостоне, с секундной стрелкой стандартных часов в Кембридже? Верны ли сигналы, посылаемые посредством телеграфа непосредственно из вашей обсерватории в Провиденс? — Многие жители Провиденса и окрестностей, обладающие отменными часами, жаждут получить эту информацию³².

Требовало ли картонное производство сверхточного времени? Скорее, картонный магнат и другие подобные ему хотели знать точное время, поскольку этого требовали их «отменные часы»; более того, они рассматривали точную координацию своих часов как ценность, не исчерпывающуюся чистой прагматикой. Уолдо возлагал большие надежды на этот новомодный энтузиазм по поводу времени и намеревался его всячески пестовать и лелеять. Благодаря не только его собственным рекламным усилиям, беседам и переписке, но и, конечно же, все возрастающей роли железных дорог стала возникать та особая чувствительность ко времени, которая могла способствовать успеху Гарвард-

³¹ Доклад Леонарда Уолдо, ассистента профессора Эдварда С. Пикеринга, директора обсерватории при Гарвардском университете, 20 ноября 1877 г. *Waldo // Pickering. Annual Report. 1877. Appendix C. P. 28–36.*

³² George H. Clark, Proprietor, Rhode Island Card Board to Director of Cambridge Observatory, 16 May 1877. Harvard University Archives, Harvard College Observatory, Cambridge, MA. Correspondence re: Time Signals. Folder 2.

ской службы времени. Пять лет торговли временем сделали много для закрепления этого осознания. Уолдо высказался об этом так:

Постепенно общество как бы безотчетно усвоило представление о желанности стандартизированного времени. Точные хронометры, расположенные в разных местах, ежедневно сверялись с сигналами из обсерватории, и их выверенный таким образом ход рассматривался как скоординированный. Абоненты были настроены очень критично, когда обнаруживались ошибки в доли секунды.

Требовали ли движение поездов и калибровка пожарных колоколов точности, которая минимизировала бы погрешность в четыре десятых секунды до двух десятых? Конечно же, нет. Но теперь Уолдо и общественность обоюдно подталкивали друг друга к достижению еще большей точности. Он по-своему участвовал в создании современной чувствительности к времени, значительно превышающей практическую точность³³.

На своей фабрике времени Уолдо бился над тем, чтобы защитить свой регулятор часов от изменений климата. Он стремился систематизировать телеграфное сообщение и рассчитывал привлечь специального наблюдателя, который должен был ежедневно протоколировать мельчайшие ошибки в ходе часов. Для охраны университетских часов от изменений температуры астрономы использовали подвальную комнату, изолированную от воздействий внешней среды. «Часовая комната» в западном крыле обсерватории была полностью подготовлена 2 марта 1877 г. Это было помещение приблизительно 10 на 4,2 м шириной, 9,1 м высотой. Бесценные часы были защищены двойными стенами и сейфовой дверью. Дверь плотно закрывалась благодаря войлочным прокладкам. Внутри каждые из трех заветных

³³ *Waldo* // Pickering. Annual Report. 1877. Appendix C. P. 28–29.

часов стояли на мраморных плитах, покоящихся на кирпичных пилонах. Их циферблаты освещались оловянными отражателями так, чтобы их можно было рассмотреть через небольшое толстое стеклянное окошко (непосредственное присутствие человека в помещении представляло угрозу для точности). В обсерваториях по всему свету, от Берлина до Ливерпуля, от Москвы до Парижа, столь же одержимые астрономы выискивали ошибки в своих материнских часах³⁴.

Сверхточный отсчет времени был одним делом; маркетинг — другим. На границе бостонского региона продажи времени стоял Хартфорд — город, который колебался между собственным локальным временем и временем Нью-Йорка. Когда почетный житель этого города, Чарльз Теске, написал Уолдо в июле 1878 г. письмо, проявив личную заинтересованность в переходе своего города на время Гарвардской обсерватории, Уолдо принял это к сведению. Теске сообщил, что ему удалось убедить пожарный департамент Хартфорда и его подразделения — пожарные службы, чей полуденный колокол оповещал общественность об актуальном времени, занять его сторону. Мэру Хартфорда также понравилась идея покупки кембриджского времени для выставления полуденного и полуночного колокольного звона. Но примирение разнообразных интересов и расходящихся времен было нелегкой задачей. Теске жаловался Уолдо: «Легче мертвых пробудить, чем заинтересовать людей в этом деле, поскольку у нас здесь в Хартфорде все возможные показания времени, и каждый утверждает, что его время правильное». Теске полагал, что потребуются немалые усилия и значительная скидка на услуги обсерватории, чтобы убедить городской и муниципальный совет. Но на кону стояло нечто большее, чем деньги, — автономия. «Вы дадите нам кембриджское время? А хартфордское время дать можете? В чем точное

³⁴ Ibid. P. 33–34.

различие между Кембриджем и Хартфордом?» Несколько месяцев спустя он продолжал отбиваться от различных оппонентов³⁵.

Вычитывая свой доклад в ноябре 1878 г., Уолдо оставил открытым вопрос о том, в каком поясе будет находиться Хартфорд. Он знал, что город стоит на границе двух доминионов времени, выкроенных железнодорожными путями. «Именно у железной дороги мы должны искать поддержки при утверждении нашей схемы повсеместного распределения временных сигналов обсерватории, <...> поскольку действует общее правило, что железная дорога регулирует время городов на протяжении своих путей». Время поездов следовало за большими городскими центрами, и линия от Нью-Йорка располагала Хартфорд непосредственно во временном радиусе Нью-Йорка. А вот область от Нового Лондона и Провиденса вверх до Спрингфилда попадала в кембриджский часовой пояс. «Поэтому я думаю, что в течение следующих нескольких лет Хартфорд будет оставаться точкой, где прекращается распространение бостонского времени». Хотя на периферии могли оставаться спорные территории, достижение одновременности во всем регионе никогда не ставилось под вопрос: «...локальное время на всей территории Новой Англии не должно использоваться»³⁶.

Кембридж потерял Хартфорд. Даже отчаянная вербовка Теске президента Тринити-колледжа не смогла изменить решение городского совета. В конце концов пожарный департамент Хартфорда сдался и купил морской хронометр, для того чтобы отбивать полуденный сигнал. Удрученный Теске написал в обсерваторию, что, «...конечно, те, кто ни-

³⁵ Charles Teske to Leonard Waldo, 12 July, 8 August, 15 August, and 11 November 1878. Harvard University Archives, Harvard College Observatory, Cambridge, MA. Correspondence re: Time Signals. Folder 1.

³⁶ *Waldo*. Handwritten report to Director for year ending, 1 November 1878. Harvard University Archives, Harvard College Observatory, Cambridge, MA. Observatory Time Service, 1877–1892. Box 1. Folder 8.

чего не поняли в точности вашего временного сигнала, посчитали это достаточным». Не сумев убедить свой город, Теске предложил купить гарвардское время для собственного магазинчика (судя по всему, он торговал часами); он был полон решимости иметь «абсолютно правильный временной сигнал». Два года спустя Коннектикут официально установил свое время по меридиану города Нью-Йорка, используя электрические сигналы из Йельской обсерватории. Из колледжа время перекачивалось через Нью-Хейвен по железнодорожным путям различных железнодорожных компаний. Эти железнодорожные компании в свою очередь были по закону обязаны проводить электрическое время вдоль всех своих железнодорожных путей, оснащать вокзалы и полустанки согласованными часами и передавать время на все смежные пути.

Железнодорожные магнаты были недовольны. У них были свои собственные времена, и их возмущало любое вмешательство со стороны государства. Генеральный директор New York & New England Railroad Co. жаловался: «Стандартным временем этой железной дороги является бостонское время <...>. Но по нелепому закону штата Коннектикут мы обязаны использовать нью-йоркское время всякий раз, когда мы пересекаем границу штата <...>. Это пустая блажь и большое неудобство, которое, как мне кажется, никому не сулит какой-либо пользы»³⁷.

Масштаб задач менялся непрерывно. Сегодня Гарвардская обсерватория решает навигационную проблему. Зав-

³⁷ Charles Teske to Leonard Waldo, [illegible day] December 1878 and 15 April 1879. Harvard University Archives, Harvard College Observatory, Cambridge, MA. Correspondence re: Time Signals. Folder 1; Law of Connecticut, approved March 9, 1881. Statutes of Conn., 1881. Ch. XXI. Harvard University Archives, Harvard College Observatory, Cambridge, MA. Observatory Time Service, 1877–1892. Box 1. Folder 6; S.M. Seldon (Gen. Mgr. New York & New England RR Co.) to W.F. Allen, 23 March 1883. William F. Allen Papers, New York Public Library Archives, New York City, NY. Incoming Correspondence: Box 3. Book 1.

тра ее сотрудники занимаются шаром времени, примерзшим к высокой мачте в момент пуска с помощью дистанционного управления. А послезавтра — строят планы по связыванию проводами сотен городов по всей Новой Англии. Повсюду в Соединенных Штатах расширялись регионы согласования времени, и одновременно росли разногласия на границах этих областей. Ювелирный магазин здесь, железнодорожная линия там; иногда часть меридиана, регион или штат. К концу 1877 г. Дирборнская обсерватория (к югу от центра Чикаго) контролировала часы дюжины ювелиров, четыре главные железнодорожные компании, чьи пути проходили через Чикаго, и Торговую палату Чикаго. В то время как Уолдо в Гарварде фанатично стремился исправить ошибки в сотых долях секунды в своем регуляторе, Дирборнская обсерватория бодро объявила, что не предпринимает «...особых усилий, чтобы добиться *исключительной* точности в исчислении времени. Ход наших часов в целом удерживается в пределах половины секунды <...>. До тех пор пока транслируемое время находится в пределах секунды или около того, мы будем считать это вполне приемлемой точностью, достаточной для реализации практических нужд».

Дирборнская обсерватория была права. Железнодорожные операторы и пассажиры, конечно, не нуждались в часах, точность хода которых превышала бы возможности человеческой реакции. Но различия в культуре времени отражали нечто большее. Во-первых, Служба времени Гарвардской обсерватории основывалась на долготной определенности. Существовал широкий консенсус, не только в Соединенных Штатах, что картографирование должно быть как можно более точным. Геодезисты хотели точности до десятых, если не до сотых или тысячных секунды. Во-вторых, культивируемая Гарвардской обсерваторией мания точности получила отклик не только у астрономов, но и у высокопрофессиональных часовщиков и их придир-

чивых клиентов в Новой Англии. Культура точности в Бостоне тикала быстрее и громче, чем в Чикаго³⁸.

Но наибольший контраст был не между американскими обсерваториями, а между Соединенными Штатами (или Британией) и Францией. Невозможно представить себе, чтобы американский или британский астроном в 1879 г. отказался бы протянуть передающий время телеграфный провод через дверь железнодорожной станции, как невозможно, конечно, представить американского астронома, защищающего унификацию времени на том основании, что это завершило бы незаконченное дело эпохи Просвещения.

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

В колебании масштабов, которые маркировали каждый этап временной кампании, благодаря деятельности Американского метрологического общества, основанного в 1870-х годах Фредериком А.П. Бернардом, президентом Колумбийского университета, произошел мощный сдвиг к глобальному. Заручившись поддержкой знаменитых ученых, Бернارد призывал к космополитическому интернационализму, который должен был служить в первую очередь коммерческому обмену: «Разнообразие конвенциональных методов, применяемых разными странами для определения количества и ценности материальных вещей, во все времена являлось источником бесконечной путаницы для коммерческих операций и серьезным препятствием на пути разумной коммуникации между государствами». Метрологическая реформа на континенте казалась Бернардю знаком свыше, тем, что должно было преодолеть границы англоязычных стран. Устранение этих несостыковок было целью созданного им

³⁸ T.R. Welles to L. Waldo, 5 December 1877. Harvard University Archives, Harvard College Observatory, Cambridge, MA. Correspondence re: Time Signals. Folder 2.

общества. Во вторник 30 декабря 1873 г. группа утвердила положение, которое предусматривало «...приведение [мер, весов и денежных единиц] в отношения простой соизмеримости друг с другом». Метрологи хотели принять нулевой меридиан, единицы силы, давления, температуры, а также единицу силы тока, представив затем свои результаты перед Конгрессом, отдельными штатами, школьными советами и университетами. Короче говоря, это было лоббирование французского рационализма через призму коммерциализации и насаждение его в американском гражданском обществе от школьного класса до железнодорожного парка³⁹.

Кливленд Эббе, служивший метеорологом и астрономом при Сигнальном корпусе Соединенных Штатов, присоединился к процессу в результате разочарования в лоскутном времени. В 1874 г., когда он «рекрутировал» наблюдателей-любителей, чтобы изучать полярные сияния, его «бойцы» никак не могли договориться об общей временной базе, сбивая Эббе с толку, когда тот пытался объединить данные различных полевых наблюдений. Он обратился в Метрологическое общество за помощью и, по бюрократической логике, вскоре сделался председателем комитета по координации времени. Вместе с Бернардом и канадским коллегой Сэндфордом Флемингом Эббе стал наиболее известным лоббистом унификации времени, занимаясь подготовкой материала для Конгресса в 1882 г. и на международных съездах в Венеции (1881) и Риме (1883)⁴⁰.

В 1879 г. «команда времени» Метрологического общества Эббе утверждала, что подлинные локальные времена, в астрономическом смысле, давным-давно исчезли, а на смену им пришла неразбериха железнодорожных времен. Соответственно, Метрологическое общество настаивало на том, чтобы «...общественные институты, ювелиры, го-

³⁹ Proceedings of the American Metrological Society. 1878. No. 37.

⁴⁰ Bartky. Adoption of Standard Time. 1989. P. 34–39.

рода и городские власти <...> отрегулировали публичные часы, колокола и другие сигналы времени в соответствии со стандартами, принятыми на железных дорогах». Одно из предложений состояло в том, чтобы свести 75 меридианов к трем часовым поясам, соответствующим четырем, пяти и шести часам к западу от Гринвича. Подобная частичная унификация, по их мнению, будет носить позитивный характер. Между тем провозглашение *одного*-единственного временного стандарта для всей страны было бы все же намного лучше. Установленный в шести часах к западу от Гринвича, этот полностью *национальный* час будет называться «железнодорожным и телеграфным временем». Поскольку «...эти корпорации оказывают такое сильное влияние на нашу повседневную жизнь, мы убеждены в том, что если они однажды сделают тот шаг в сторону унификации, о котором они говорили в течение многих лет, этому последует и вся остальная общественность»⁴¹. Именно в тот момент, когда Леверье призывал французские железные дороги принять астрономическое время, американцы, такие как Бернард и Уолдо, стремились ориентировать гражданское времяисчисление на железнодорожное время.

Метрологическое общество решило лоббировать изменения, которые глубоко проникли бы в ткань повседневной жизни, как на уровне отдельных штатов, так и на федеральном уровне. Обсерватории в союзе с железнодорожными и телеграфными системами должны были бы поставлять время в любую точку континента. Метрологи настаивали на том, что железнодорожное и телеграфное время должно отображаться на согласованных часах на любых общественных зданиях, в любой региональной столице, в любой больнице, тюрьме, таможне, монетном дворе, спасательной станции, маяке, верфи, арсенале, почте и почтовом автомобиле. «Начиная с 4 июля 1880 года» они добивались введе-

⁴¹ Report of Committee on Standard Time. May 1879. P. 27.

ния *одного* стандартного узаконенного времени для любых нужд на всем протяжении Соединенных Штатов⁴². Для того чтобы выиграть это сражение, Метрологическое общество знало, что ему будет нужно завербовать железнодорожных и телеграфных чиновников, а также переманить на свою сторону астрономов, включая Уолдо и его коллег из других обсерваторий. Важной вербовочной целью был 33-летний секретарь Конвенции железнодорожников по общему времени (General Time Convention of Railroad Officials) и издатель «Железнодорожного справочника путешественника по Соединенным Штатам и Канаде» (Travelers' Official Railway Guide for the United States and Canada) Уильям Ф. Аллен.

Аллен — чиновник, стоявший за бесконечными списками поездов и графиков, невероятно ловко перетасовывал время. Именно Аллен составлял региональные расписания поездов. Он был тем железнодорожником, который нес основную ответственность за организацию множества железнодорожных сообщений, и занимал должность, которая предполагала создание путешественникам возможности спланировать пересадки на различных маршрутах. Он, по крайней мере, в июне 1879 г., долгое время уходил от прямого ответа, прежде чем все-таки высказаться в поддержку плана унификации⁴³. С одной стороны, он находился под давлением ученых с их амбициями континентального масштаба, которые хотели, чтобы вся страна находилась под властью единого согласованного времени. С другой стороны, он и железнодорожные компании должны были подготовиться к этому простых людей, которые привыкли работать

⁴² Report of Committee on Standard Time. May 1879. P. 27.

⁴³ W.F. Allen to C. Abbe, 13 June 1879. William F. Allen Papers. Outgoing Correspondence: Box 3. Book VII. N.Y.: New York Public Library Archives; две конвенции времени были объединены в 1866 г., превратившись в Американскую железнодорожную ассоциацию, позднее — в Ассоциацию американских железных дорог. См: *Bartky*. Invention of Railroad Time. 1983. P. 13.

по местному времени. Поэтому он пошел на компромисс, согласившись на статус-кво, предполагавший привязывание времени на протяжении железнодорожных путей к крупным городам, которые они обслуживали. В июне 1879 г. Эббе раскритиковал старомодную привычку Аллена определять полдень по приблизительному положению Солнца рядом с меридианом. «Преимущества единого времени сильно перевешивают неудобства первых недель введенного в действие изменения. Отменить старые времена — вот наш девиз»⁴⁴.

Реформаторы времени появлялись повсюду. Учитель по имени Чарльз Дауд безуспешно просил Аллена принять его зонную систему⁴⁵. Если Дауд был профаном в железнодорожном деле, то Сэндфорд Флеминг, наоборот, был большим специалистом — железнодорожником и организатором, продвигавшим различные проекты. Канадский инженер взялся за масштабные проекты с прицелом на империю. После того как он провел железнодорожные линии через прибрежные регионы, он выдвинул план по созданию Тихоокеанской железной дороги, принимал участие в разработке Дворца промышленности Торонто, поместил бобра на первую почтовую марку Канады, а позднее лоббировал прокладку транстихоокеанского кабеля. Флеминг предложил систему, которая покрывает весь мир. У него не было времени на прагматические задачи, которыми был озабочен городской совет, вместо этого он выступал с прогрессист-

⁴⁴ C. Abbe to W.F. Allen, 14 June 1879. William F. Allen Papers. Incoming Correspondence: Box 3. Book I. N.Y.: New York Public Library Archives.

⁴⁵ Чарльз Дауд имел в виду систему, похожую на ту, что была принята. Но когда в 1879 г. он предлагал Аллену подготовить статью, разъясняющую его идею «национального времени», для *Railway Guide*, Аллен отказал, сославшись на нехватку места. C.F. Dowd to W.F. Allen, 30 October 1879. William F. Allen Papers. Incoming Correspondence: Box 3. Book I. N.Y.: New York Public Library Archives; W.F. Allen to C.F. Dowd, 9 December 1879. William F. Allen Papers. Outgoing Correspondence: Book VII. N.Y.: New York Public Library Archives. Письма перепечатаны в: *Dowd*. Charles F. Dowd. 1930. P. IX.

ской, имперской бравадой с примесью уязвленного колониального самолюбия. В 1876 г. он начал писать статьи, в которых прославлялись новые железнодорожные и телеграфные технологии и высмеивались и разоблачались временные системы прошлого: «Мы до сих пор цепляемся <...> за систему хронометрии, унаследованную из далекой древности, несмотря на создаваемые ею трудности и неудобства повсюду в мире». Флеминг рисовал воображаемый портрет современного путешественника на корабле, идущем из Лондона в Индию. Стоит кораблю едва отойти от берегов Англии, как время мореплавателей тут же становится неправильным. Гринвичское время сменяется парижским, а затем временем Рима, Бриндизи, Александрии, и так время меняется каждый день, пока судно не зайдет в индийский порт. В Бомбее время самым безумным (на взгляд Флеминга) образом расщепляется на местное и железнодорожное, привязанное к Мадрасу. Такой головоломной путанице, доказывал Флеминг, должен быть положен конец⁴⁶.

Флеминг добивался единого, универсального соглашения о времени для всего земного шара в целом, с 24 часовыми поясами, отсчитанных от 0° долготы, называемого нулевым меридианом (рис. 3.7). Буква *A* будет обозначать линию 15°, *B* — линию 30° и т.д., вплоть до *X* (линию 345°). «Универсальное», «космополитическое», или «земное», время определялось посредством воображаемых часов, установленных в центре Земли, с их часовой стрелкой, указывающей перманентно на Солнце. Когда Земля поворачивалась таким образом, что линия меридиана *C* пересекала воображаемую линию часовой стрелки, обращенную к Солнцу, это означало, что *везде* было *C* часов. Когда *D* пересекала ту же самую воображаемую линию, *везде* было *D* часов. *Все* часы на свете показывали бы в таком случае одинаковое время, причем

⁴⁶ См.: *Fleming, Blaise*. Time Lord. 2000; *Creet*. Sandford Fleming. 1990; *Burpee*. Sandford Fleming. 1915; цит. по: *Fleming*. Terrestrial Time. 1876. P. 1.

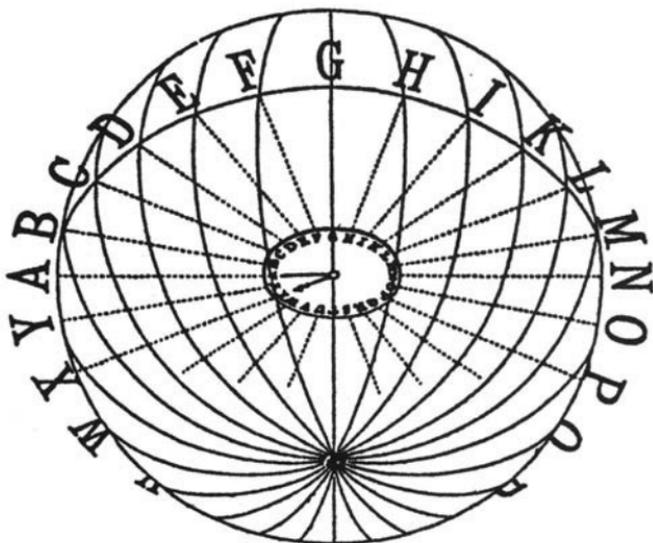


Рис. 3.7. Космополитическое время Флеминга

Начав свой путь с инженера, прокладывающего железнодорожные пути через Канаду, Сэндфорд Флеминг позиционировал себя как величайшего защитника системы электрического времени, которая привяжет весь мир к единому «космополитическому» часу. На этой диаграмме 1879 г. он представил мир как гигантские часы, в которых 24 буквы заменяют традиционное исчисление с помощью цифр 1, 2 или 3, отсчитывающих привычные часы. «С часов», как он надеялся, станет универсальным временем, когда воображаемая линия от центра Земли к Солнцу пройдет через линию долготы, условно обозначенную как «С».

Источник: *Fleming. Time Reckoning. 1879. P. 27.*

одновременно. Если Биг Бен возвещал, что сейчас С:30:27 (т.е. 30 минут 27 секунд после С часов), то же самое должны были показывать часы на Тайм Сквер или в Токио, «электрический телеграф гарантировал сохранение совершенной синхронности по всему миру». Этот масштаб унификации электрического времени подчинял себе даже континентальную Америку. Для того чтобы учесть местные особенности, Флеминг вынашивал идею новых часов. Согласно одной из версий, предполагалось, что циферблат будет вращаться так, что локальный полдень (например, F или Q, в зависи-

мости от местоположения) будет наверху. Другой вариант предполагал наличие двух циферблатов: один — для локального, другой — для земного времени⁴⁷.

По Флемингу, такое согласование времени было жизненно необходимо для больших стран: Канады, Соединенных Штатов и Бразилии; было полезно для европейских государств: Франции, Германии и Австрии; и, наконец, было явно выгодно России с ее пространствами в 180 градусов долготы. Но канадское видение Флеминга все еще было ориентировано на Лондон: «Еще большее значение это имеет для колониальной империи Великобритании с ее населенными пунктами и базами почти на каждом меридиане по всему земному шару и с обширными территориями в обоих полушариях, которые должны быть заселены цивилизованными обитателями». Железные дороги и телеграфные линии способствовали этой унификации. Около 400 тыс. миль телеграфных проводов теперь пролегало по морскому дну и по суше; 95 тыс. миль железнодорожных рельсов тянулись через Европу и Азию. Такие железнодорожники, как Флеминг, ожидали, что мир вскоре сможет похвастаться миллионом миль железнодорожных рельсов наряду с еще более значительной протяженностью электрических проводов.

Линии телеграфных и паровых коммуникаций опоясали Землю. Все страны вдруг стали соседями. Но что они обнаружат, когда люди разных рас, из различных стран встретятся лицом к лицу? Они обнаружат великое множество народов, измеряющих день по-разному, как если бы они едва вышли из стадии варварства и еще не научились считать до двенадцати. Они обнаружат, что стрелки различных часов указывают во всех мыслимых направлениях.

Хаотичное состояние, настаивал Флеминг, должно закончиться⁴⁸.

⁴⁷ *Fleming*. *Terrestrial Time*. 1876. P. 14–15.

⁴⁸ *Ibid.* P. 22, 31, 36–37.

Первой статье Флеминга «Земное время» не удалось получить того отклика, на который рассчитывал ее автор. В 1879 г. он повторил попытку, переработав свою первую статью в более доступных терминах, решительно подчеркивая необходимость введения универсального нулевого меридиана (в Гринвиче). Свалка истории уже переполнена неудачными претендентами на эту роль, отмечал он. Кабо-Верде (около 5° западнее Сенегала) был одним из таких предполагаемых нулевых меридианов. Герард Меркатор предлагал остров Корву Азорского архипелага, потому что стрелка магнитного компаса там указывала на север. Испанцы выбрали Кадис, русские — Пулково (близ Петербурга), итальянцы — Неаполь, британцы — мыс Лизард (Корнуолл), а бразильцы — Рио. Если провести нулевой меридиан через величайшее сооружение человечества, то он пройдет через пирамиду Хеопса — так по крайней мере утверждал Пьяцци Смит, мистически настроенный шотландский королевский астроном.

Когда, наконец, Флеминг закончил перечисление нулевых меридианов прошлых лет, он вернулся к Гринвичу, от которого отсчитывали свой курс примерно три четверти мирового судоходства. К счастью, заметил он, британский *антимеридиан* (линия, перемещенная от Гринвича на 180°) проходит через Берингов пролив, пересекая крошечную часть Камчатки, но все же простираясь от полюса до полюса в основном по воде. Установка начального меридиана в Беринговом проливе сохранит мировые (основанные на Гринвиче) линии долготы нетронутыми, что потребует лишь незначительной корректировки в маркировке этих линий. Резко критикуя французов, исходящих из предрассудков национального самосознания, за их приверженность Парижу, Флеминг провел «универсальную» линию через центральную обсерваторию Британской империи. Судоходство и империалистическая власть оказались сильнее исторических традиций, мистицизма, небесной механики и национализма

прочих народов⁴⁹. Предложение Флеминга звучало как музыка для ушей американских реформаторов времени. Эббе информировал его в марте 1880 г., что старается заручиться благосклонностью телеграфных и железнодорожных компаний; Бернард с гордостью публично продемонстрировал космополитическое время часов Флеминга⁵⁰.

Не все были настроены оптимистично в отношении этого нового универсализма. Бернард предупредил Флеминга, что Пьянци Смит продвигает противоположные идеи. В 1864 г. Смит решил, что пирамида Хеопса воплощает в себе мудрость священной еврейской метрологии, древнее знание, актуальное и по сей день, судя по тому, какое «волнение в нашем народе производит сейчас вопрос об изменении его наследственной метрологии и как могущественная политическая партия пытается заставить его предпринять радикальное ниспровержение этой системы, вместо того чтобы исправить, улучшить и реформировать ее». Там, где французские (и некоторые британские) метрические реформаторы видели прогресс, рациональность и универсализм, Смит видел поступки, «губительные для национальных интересов и взаимоотношений». Там, где британские единицы измерения поражали сторонников метрической системы своей нерациональностью, Смит любовно пестовал дюйм и локоть как последние звенья, связывающие нас с пирамидами, а через них с древним божественным светом⁵¹.

⁴⁹ *Fleming. Longitude*. 1879. P. 53–57; критику французской точки зрения см.: p. 63.

⁵⁰ Cleveland Abbe, U.S. Signal Office, to Sandford Fleming, 10 March 1880; Barnard to Fleming, 18 March, 6 April 1880, and 29 April 1881. Sandford Fleming Papers. All Barnard to Fleming letters. MG 29 B1. Vol. 3. File: Baring-Barnard. Ottawa, Ontario: National Archives of Canada. О демонстрации Бернардом часов Флеминга см.: *Proceedings of the American Metrological Society*. 1883.

⁵¹ Barnard to Fleming, 11 June 1881. Sandford Fleming Papers. MG 29 B1. Vol. 3. File: Baring-Barnard. Ottawa, Ontario: National Archives of Canada; *Smyth. Report to the Board of Visitors*. 1871. R12–R20 (см.: R19); относительно работ Смита в более общем ключе: *Barnard. The Metrology*. 1884. О Смита и его естественной теологической метрологии см.: *Schaffer. Metrology*. 1997.

Бернард нанес ответный удар. Учитывая баланс политических и культурных сил, североамериканские реформаторы считали, что могут себе позволить оставить без внимания демарш Смита. Но совсем не так просто было проигнорировать британского королевского астронома Джорджа Эйри. Поэтому, когда Эйри в июле 1881 г. раскритиковал Бернарда, того это, по-видимому, должно было сильно задеть за живое (Бернард немедленно отправил копию письма Флемингу). Эйри вежливо обратился к Бернарду, но не соизволил упомянуть имя Флеминга. «Мне кажется, — предостерегал Бернарда Эйри, — что вы должны сначала понять, исходя из соображений удобства и неудобства, чего именно *хочет большинство людей*; а затем решить, как именно обеспечить им то, что они хотят». Что бы ни нафантазировал «канадский писатель» о тяжелой участи путешественника, проблема перевода часов в ходе железнодорожного путешествия — вовсе не проблема, утверждал Эйри. Пусть пассажиры поезда из Нью-Йорка в Сан-Франциско установят свои часы на нью-йоркское время. На обратном пути пассажиры и железнодорожники могут просто перейти на время Сан-Франциско. Нет, практическая проблема состояла не в длине американских железнодорожных путей, а в районах, расположенных на пересечении часовых поясов. «Какое дело тем, кто живет в Ирландии или в Турции, до *Космополитического времени*: оно нужно морякам, чья профессия в том, чтобы вести корабли через различные долготы... И на этом его полезность заканчивается». К изумлению Бернарда и Флеминга, Эйри считал Гринвич не слишком подходящей точкой отсчета времени. Притязания на роль центра времени этой обсерватории, расположенной слишком далеко к востоку, почти у границ Англии, основывались только на ее авторитете. С точки зрения Эйри, время должно быть унифицировано только там, где унификация имела смысл, например на Британских островах. Но попытка повсеместно установить универсальное время была бесполезной бит-

вой за мнимую цель «незыблемых» линий времени. «Вряд ли это когда-нибудь будет реализовано»⁵².

В своем письме Флемингу Бернард постарался смягчить удар, назвав взгляды Эйри «предвзятыми» и припомнив ему прошлые заблуждения, в том числе его публичное ошибочное мнение в ожесточенном споре между французами и британцами за пальму первенства в открытии Нептуна. Бернард сообщил Флемингу, что ему удалось переубедить полковника военно-топографической службы Британии Кларка, который теперь будет поддерживать дело унификации времени. Тем не менее это был очень деликатный момент. Бернарду требовалось напрячь все свои политические способности, чтобы убедить участников переговоров о международном праве поддержать реформу времени. Бернарду пришлось уступить должность председателя комиссии по времени значительно более знаменитому Уильяму Томсону (лорду Кельвину), который, по мнению Бернарда, еще нуждался в «обучении». Хуже того, никто не потрудился уведомить Томсона, что он состоит в международной комиссии по времени, а тем более возглавляет ее. Пытаясь внушить энтузиазм Томсону, Бернард одновременно должен был приглушить неумеренный пыл Флеминга, в каждом письме умоляя своего северного союзника проявить сдержанность в полемике: «Я считаю неправильным демонстрировать неуверенность в преддверии битвы и пятиться перед лицом врага». Время чахло в комиссии⁵³.

Апостолы унифицированного времени столкнулись с трудностями и в Северной Америке. В то время как Бернард и Флеминг ратовали за унификацию международного времени с Гринвичем в качестве центра, Военно-морская обсерватория Соединенных Штатов стремилась к единому

⁵² Airy to Barnard, 12 July 1881. Sandford Fleming Papers. Vol. 3. Folder 19. Ottawa, Ontario: National Archives of Canada.

⁵³ Barnard to Fleming, 19 August, 3 September, and 8 September 1881. Sandford Fleming Papers. Vol. 3. Folder 19. О назначении Томсона: *Barnard. A Uniform System*. 1882.

национальному, а не мировому стандарту. У военно-морских астрономов вызывала презрительную усмешку идея о том, что в выигрыше от общемирового времени должны оказаться обычные люди, и они выступали против локальности временных зон. Вместо этого они хотели получить научное время европейского образца, закрепленное за (их) национальной обсерваторией, единое для всей страны. Контр-адмирал Джон Роджерс, директор обсерватории, готовясь к битве в июне 1881 г., устремлял взор вверх в поисках поддержки: «Солнце и есть национальные часы, а его положение определяет час подъема, приема пищи, работы и отдыха. Ни одни другие часы не могут заменить его, так как только оно рукоположено природой регулировать человеческую жизнь». Правда, он признавал, что железные дороги нуждаются в своем собственном времени и федеральное правительство могло бы предоставить мандат на составление расписаний с указанием вашингтонского времени. Но «...людей, которым нет дела до научного времени, в тысячу раз больше, чем тех, кого оно заботит, и к тому же, я не вижу убедительных причин, почему мы с населением в пятьдесят миллионов человек должны принять научное время государства [Англии] только с тридцатью миллионами. Нас больше, и наша страна крупнее, пусть они и принимают наше время. Я считаю, что ощущение единства нации слишком сильно в народных массах, чтобы философы могли сдать его в утиль». Ученые, заключал Роджерс, «...иногда переоценивают свое значение»⁵⁴.

Во все более и более телеграфно-временном мире начала 1880-х годов реформаторы времени агитировали за унификацию времени на основе контрарных установок. Бернард, Флеминг и их союзники настаивали на всеохватывающем «земном» времени; великие национальные обсерватории Франции, Британии и Соединенных Штатов защищали каждая свое собственное национальное время. Последнее

⁵⁴ John Rodgers to Hazen, 11 June 1881 // United States Naval Observatory. LS-M. Vol. 4.

слово было за железными дорогами и крупными городами. Многие зависело от выбранных ими конвенций. Будут ли города подстраиваться под время поездов, как это было в Британии и большей части Америки? И если да, с какими географическими границами одновременности? Или же поезда сохранят свое собственное время, как во Франции? Удобство и конвенция были лозунгами, но чьи главные часы будут устанавливать второстепенные, подчиненные часы? В конце 1882 г. Аллен поддержал компромиссное предложение: установить часовые пояса (с делением в один час) по всей североамериканской железнодорожной системе. Метрологическое общество одобрило инициативу Аллена, с энтузиазмом сообщив, что Конгресс решил рекомендовать президенту созвать международный съезд, на который Соединенные Штаты отправят трех делегатов. Нью-Йорк раздумывал над установкой своего шара времени по гринвичскому времени, почтовая служба США приняла общее время, а Бернард добивался расположения президента Честера А. Артура и склонял одновременно к реформе времени государственного секретаря Фредерика Т. Фрелингхайзена. Американское общество гражданских инженеров и Американская ассоциация поддержки науки одобрили эти инициативы⁵⁵. На железнодорожных путях схема унификации времени шла даже быстрее. Некоторые южане требовали систему, лучше приспособленную для их нужд; но их движение было вскоре подавлено⁵⁶. Когда Аллен и президенты железнодорожных компаний, менеджеры, пассажирские агенты и управляющие встретились на заседании Конвенции по общему времени 11 апреля 1883 г. в Сент-Луисе, штат Миссури, они, как казалось, склонялись к системе часовых поясов вдоль 75-го, 90-го и 105-го меридианов.

⁵⁵ Report of the Committee. December 1882.

⁵⁶ Col. H.S. Haines (Gen. Mgr., Charleston & Savannah Railway) to W.F. Allen, 12 March 1883. William F. Allen Papers. Incoming Correspondence: Box 3. Book I. P. 72. N.Y.: New York Public Library Archives.

Аллен сразу пошел в атаку: «...используемая система “лоскутного одеяла” с ее пятьюдесятью различными пересекающимися и накладывающимися друг на друга стандартами отвратительна и неудобна, и от нее нужно избавиться как можно скорее». Чтобы продемонстрировать, как можно устранить этот хаос, Аллен предъявил свой *pièce de résistance*: карту с тремя продольными часовыми поясами, каждый из которых был окрашен в свой собственный цвет, и ее конкурента — карту, представляющую собой разноцветную мозаику, отражающую существующее разделение времени (рис. 3.8). Желающие могли приобрести любую из них, хотя вторая (изображающая существующий хаос) не могла быть напечатана в большом количестве экземпляров (слишком сложно) и стоила в два раза дороже. «Одного-единственного взгляда на эту карту достаточно, я полагаю, для того чтобы убедить каждого в абсурдности настоящего положения дел». Как ясно дал понять Аллен, система часовых поясов может иметь свою нулевую линию где угодно. Правда, возникнет большой соблазн привязать ноль долготы к Вашингтону, округ Колумбия. Но такой местечковый патриотизм был бы, утверждал он, неприемлемым:

Все мы более или менее проникнуты чувством локального патриотизма, и всем бы нам хотелось, чтобы именно тот стандарт, в соответствии с которым движутся поезда на нашей конкретной железнодорожной ветке, стал долготным временем «Центра Вселенной». Но, друзья мои, какое право имеете вы требовать, чтобы этот уникальный меридиан принадлежал именно вашему городу? Городки Большой Тупик и Каменная Пустошь находятся на том же меридиане, и у них не меньше прав назвать этот меридиан своим именем, чем у вашего прекрасного города... Для повседневной жизни любой стандарт хорош, лишь бы все были согласны им пользоваться⁵⁷.

⁵⁷ Allen. Report on Standard Time. 1883. P. 2–6 // W.F. Allen Scrapbook. Widener Library Harvard University.



Рис. 3.8. Поезда, времена и часовые пояса

Унификация времени — проблема для реформаторов, астрономов и стандартизаторов — получила дополнительный толчок, когда составители железнодорожных расписаний взяли на себя заботу по зонированию времени во избежание пролиферации локальных времен. Эта железнодорожная карта изображает множество различных локальных времен до зональной реформы ноября 1883 г., а также разделительные линии, принятые железнодорожниками после этой даты.

Источник: *Corliss. The Day of Two Noons. 1952. P. 7.*

Время было условностью, результатом соглашения, таким же, как и любое другое соглашение, которое после своего утверждения объединяет города, пути, часовые пояса, страны или целый мир. Введение этой условности в мировую практику было столь же серьезным сдвигом, что и появившееся осознание регулируемого времени.

Как астрономы, так и железнодорожники рассматривали новые технологии транспорта и коммуникации как средство дисциплинирования времени, более эффективное, чем любая школа. Как однажды выразился Аллен, «...железно-

дорожные поезда — великие педагоги, которые преподают людям науку точного времени». Железнодорожные пути изменили восприятие времени по всей Европе и Северной Америке. Более того, для постоянно растущего населения железнодорожные расписания стали определять время и сделали осязаемой синхронность. В самом деле, без образцовых современных поездов и телеграфов темпоральная структура мира была бы для большинства людей абсолютно недоступной. «Рискну утверждать, — добавил Аллен, — что если бы этот город был отрезан от железнодорожного и телеграфного сообщения на целый месяц, и в первую же ночь все настенные и наручные часы были бы одновременно тайно переведены на полчаса вперед или назад, ни один человек из тысячи <...> не заметил бы, что произошли какие-то изменения»⁵⁸.

Подытоживая, Аллен рассказал своего рода притчу, которая иронично, но очень точно отражала текущее положение дел железнодорожников, поскольку, устанавливая параметры конвенционального времени, они вводили электрическое обеспечение одновременности по всей стране:

Одна небольшая религиозная организация однажды одобрила две резолюции в качестве декларации своей веры.

Первая:

Постановили: святые должны управлять землей.

Вторая:

Постановили: святыми являемся мы⁵⁹.

Как бы там ни было, некоторые железнодорожники видели в планировщиках расписаний кого угодно, но не святых. Эта оппозиция не была, как склонен был полагать Аллен, основана на реакционной приверженности свергнутому божественному полуденному Солнцу. Протестующие призна-

⁵⁸ *Allen. Report on Standard Time. 1883. P. 5.*

⁵⁹ *Ibid. P. 6.*

вали принципы железнодорожного и телеграфного определения одновременности. В конце концов, уже существовали эффективные часовые пояса, проложенные железными дорогами от Атлантики до Тихого океана. Железнодорожный путеводитель в сентябре 1883 г., например, показывал около 47 линий, функционировавших по нью-йоркскому времени, при этом 36 линий сверяли время по чикагским часам, тогда как часы Филадельфии управляли еще 33 линиями⁶⁰. Каждая железнодорожная линия приняла конвенционализм времени. Эта фундаментальная особенность времени конца XIX в. была так глубоко вбита в рельсы и впаяна в провода, что она оставалась одинаково близкой как противникам часовых поясов, так и их сторонникам. Чего же тогда требовали несогласные? Одна газетная статья, защищающая единое национальное время, была посвящена обсерваториям, где астрономы, отвечающие за отдаленные форпосты, разжились на региональном времени; локальная одновременность стала «...дойной коровой, от которой кормились эти звездочеты». Другая жалоба на единый стандарт времени пришла от издателя альманаха: унификация времени приведет к тому, что восход нельзя будет отличить от заката⁶¹. Большинство протестующих просто оспаривали разделительные линии конвенциональной одновременности, их антизонизм основывался на удобстве местных расписаний поездов, соответствующих региональному, национальному

⁶⁰ Данные о количестве писем и телеграмм от Аллена: *Allen*. History. 1884. P. 42; данные по количеству линий, идущих из разных городов: *Bartky*. Invention of Railroad Time. 1983. P. 20.

⁶¹ Анонимная газетная статья, цит. в письме Аллену от Наненмачера: F.C. Nunenmacher (Central Vermont Railroad), 23 November 1883. William F. Allen Papers. Incoming Correspondence: Box 5. Book IV. P. 158. New York Public Library Archives. New York City, NY; E. Richardson (for D.D. Jayne and Son, Publishers, Philadelphia) to W.F. Allen, 5 December 1883. William F. Allen Papers. Incoming Correspondence: Box 5. Book V. P. 48. New York Public Library Archives. New York City, NY.

или универсальному времени. Очень немногие апеллировали к «подлинному божественному времени»⁶².

Всего лишь за неделю до того как должна была открыться Конвенция по общему времени 11 октября 1883 г., Аллен сообщил директору непокорной массачусетской железной дороги, что за реформой времени стоят 70 тыс. миль рельсов. По мере увеличения количества миль его отношение к оппозиции становилось все менее предупредительным⁶³. Города также перешли на его сторону. В Бостоне поезда согласились перейти на стандартное время, если Гарвардская обсерватория и зависимые от нее учреждения также сделают это. Когда делегаты Съезда времени в чикагском «Гранд-отеле» получили судьбоносную телеграфную уступку от бостонцев, стало ясно, что реформа пройдет: «Город, железные дороги и обсерватория только и ждут положительного голосования Съезда, чтобы назначить дату для изменения всего общественного времени в Бостоне». Аплодисменты пронеслись по всему залу⁶⁴. Приветствуя неизбежное, Военно-морская обсерватория также согласилась с зонной системой, отложив в сторону свои национально-научные амбиции⁶⁵.

Когда пришло время для голосования, железнодорожные чиновники вели подсчет голосов не по числу делега-

⁶² См.: Telegram of Col. A.A Talmage (Gen. Transport. Mgr. of the Missouri Pacific Railway) // Allen. History. 1884. P. 42; S.W. Cummings (Central Vermont Railroad) to W.F. Allen, 26 November 1883. William F. Allen Papers. Incoming Correspondence: Box 5. Book V. P. 18. New York Public Library Archives. New York City, NY; George Crocker (Asst. Supt., Central Pacific R.R. San Francisco) to W.F. Allen, 8 October 1883. William F. Allen Papers. Incoming Correspondence: Box 4. Book II. P. 97. New York Public Library Archives. New York City, NY.

⁶³ John Adams (Gen. Supt., Fitchburg Railroad) to W.F. Allen, 2 October 1883. William F. Allen Papers. Incoming Correspondence: Box 4. Book II. P. 68. New York Public Library Archives, New York City, NY; W.F. Allen to John Adams, 4 October 1883. William F. Allen Papers. Incoming Correspondence: Box 3. Book VII. P. 299. New York Public Library Archives, New York City, NY.

⁶⁴ Proceedings of General Time Convention. 11 October 1883.

⁶⁵ Ibid.

тов и не по количеству компаний, голосующих за или против. Вместо этого речь шла о путевых милях. За реформу: 27 781 миль железнодорожных путей внутри конвенции плюс 51 260 миль, не включенных в конвенцию железнодорожных путей, давали в совокупности 79 041 железнодорожных миль, использующих основанные на Гринвиче часовые пояса. Против было чуть более 1714 миль. «Постановили: отныне мы обязуемся управлять поездами на наших железных дорогах по согласованным стандартам и ввести эту договоренность в действие, начиная со следующего расписания», 18 ноября 1883 г.⁶⁶ Аллен хотел, чтобы система разветвленных электрически координированных часов объединила все шары времени, железнодорожные и городские часы, привязав их к Гринвичу⁶⁷.

Как и надеялись персонифицированные 79 тыс. миль железных дорог, Нью-Йорк согласился с зональной одновременностью 19 октября 1883 г. Мэр Франклин Эдсон поставил свою положительную резолюцию на проекте. Эдсон направил рекомендацию в городской совет, приложив ее к вороху железнодорожных документов и институциональных одобрений. К концу года конвенциональность была на слуху как в Нью-Йорке, так и в Париже. Теперь американский политик (мэр Нью-Йорка) мог возвестить: «То, что зовется местным временем, есть только средство, которое хотя и отличается от астрономического времени, но хорошо подходит для удобства людей в любой местности, поскольку все согласны его использовать». Если большинству это выгодно, а разница незначительна, рассуждал мэр, почему бы не принять новый стандарт?⁶⁸ «Конвенциональное

⁶⁶ О США и Канаде: Proceedings of the Southern Railway Time Convention. 17 October 1883.

⁶⁷ Proceedings of the General Time Convention. 11 October 1883.

⁶⁸ Аллен — Эдсону с просьбой установить местное время Нью-Йорка по 75-му меридиану; с последующим обращением Эдсона к городскому совету, 24 октября 1883 г., см.: Standard Time / J.S. Allen (ed.). 1951. P. 17.

и произвольное время, — вторили ему депутаты городского совета, — должно быть задано таким образом, чтобы наиболее эффективно служить интересам людей, которых оно призвано направлять». С этими словами было принято решение о том, что в полдень 18 ноября 1883 г. не только железные дороги, но и все городские часы Нью-Йорка будут выставлены по 75 меридиану, проходящему в нескольких минутах к западу от мэрии⁶⁹.

Таким образом, реформа времени прошла через множество конкурирующих одновременностей к строго согласованной норме, высмотренной в телескоп, подтвержденной гудением железных рельсов и напоследок закрепленной на циферблате столичных часов. Бернард писал Флемингу 22 октября 1883 г., сообщая, что железные дороги окончательно успешно переняли время: «Это навсегда решает данный вопрос, по крайней мере, для этого полушария. В Европе в наши дни мы не можем надеяться на подобный результат. Париж, вероятно, никогда не согласится использовать гринвичское время, но нам нет до этого дела». Возможно, размышлял Бернард, триумф зонной одновременности Северной Америки «...подстегнет медлительные правительства принять меры в отношении предложенного на Вашингтонской конференции нулевого меридиана»⁷⁰.

ОВРЕМЕНЕНИЕ ПРОСТРАНСТВА

В Париже середины 1884 г. астрономическое время, однако, не относилось ни к поездкам, ни к городским часам. Парижская обсерватория изначально не была задумана как коммерческое предприятие. Распространяющая время астрономия, по крайней мере среди выпускников Политехнической школы и их сторонников (в отличие от многих

⁶⁹ 7 November 1883 // *Standard Time* / J.S. Allen (ed.). 1951. P. 18.

⁷⁰ Barnard to Fleming, 22 October 1883. Fleming Papers.

их британских коллег), не играла ни малейшей роли в создании естественной теологии, оправдывающей империю. И наоборот, для англо-американских сторонников метрической системы метр был привлекателен главным образом тем, что позволял упростить международную коммерцию. Для французских ученых, включая Пуанкаре, а также его учителей и коллег, преимущества торгового обмена были вполне очевидными. Но их гораздо больше интересовали вопросы десятичной системы, унификации и рационализации. Речь шла о давних просвещенческих идеалах, которые консолидировали устремления французов по восстановлению национального достоинства после «катастрофы» 1870 г., об идеалах по установлению светской, прогрессивной рациональности, которую они считали отличительной чертой модернизма Третьей республики.

На взгляд Пуанкаре, служба в Бюро долгот — одном из величайших центров просвещенной науки со времен Революции — сочетала в себе как прогрессивные, так и технические цели. К 1884 г. одной из главных задач Бюро стало картографирование Земли посредством поступающих из обсерваторий электрически скоординированных временных сигналов. В течение всего периода с середины 1860-х до 1890-х годов Франция, Британия и Соединенные Штаты соперничали друг с другом в установлении одновременности по разросшейся сети подводных телеграфных кабелей с целью зафиксировать долготы и переписать, таким образом, глобальную карту мира. Эта гонка за символическое овладение картой способствовала возникновению взрывоопасной атмосферы вокруг решающих дебатов относительно нулевого меридиана, намеченных на октябрь 1884 г. в Вашингтоне, округ Колумбия. При разработке электрической карты мира речь шла в то же время о чем-то большем. В 1898 г., когда Пуанкаре доказывал в «Измерении времени», что одновременность конвенциональна, он был уже более пяти лет «членом» (занимал один из руководящих постов)

Бюро, находясь в этой должности с 4 января 1893 г. до самой своей смерти в 1912 г. В сентябре 1899 г., спустя полтора года после того как он опубликовал «Измерение времени», Пуанкаре был избран президентом Бюро долгот; этот пост он занимал еще дважды — в 1909 и 1910 гг. Это было вовсе не зицпредседательство: Пуанкаре публиковал доклады, руководил комиссиями и контролировал операции по определению долготы в течение самых плодотворных лет своей карьеры.

Бюро долгот? Можно было бы подумать, что подобное бюрократическое учреждение не представляет особого интереса на фоне крупных достижений Пуанкаре в математической физике, его исследований в области неевклидовых геометрий и стабильности Солнечной системы или в контексте его смелых философских рассуждений, ставивших конвенцию на место абсолютной истины. Между тем те задачи, которые решало Бюро, являются определяющими для нашего сюжета. Это была огромная теоретическая машина, которая изменит наше представление о поворотном пункте в том, как Пуанкаре переосмыслил время.

7 апреля 1884 г. астроном Эвре Фай представил в Академии наук в Париже доклад лейтенанта Октава де Бернардье-ра, в котором поднимался один важный вопрос. Де Бернардьер был одним из первых флотских офицеров нового типа, не только прошедших подготовку для мореходной карьеры, но и воспитанных, так сказать, астрономами Монсури. Он настолько преуспел в своих астрономических исследованиях, что вскоре забыл про океаны и стал соавтором массивного 336-страничного доклада о долготном различии между Берлином и Парижем. Он сообщал Французской академии наук, что точность определения долготы существенно возросла за последние несколько лет, отчасти благодаря транспортировке точных часов, а отчасти благодаря астрономическим инструментам. В 1867 г., как только первый кабель протянулся через Атлантический океан, закрыв долготный

разрыв между Англией (Гринвичской обсерваторией) и Соединенными Штатами (Военно-морской обсерваторией в Вашингтоне), старые методы не устояли. На протяжении 1870-х и 1880-х годов вся работа по определению удаленных долгот стала опираться на новые технологии: подводные кабели пересекли все мировые океаны⁷¹.

В производстве кабеля особенно преуспели британские заводы. Толстый медный провод был изолирован промышленной гуттой — недавно разработанной смесью резины, гуттаперчи, смолы и воды. Затем производители наматывали джутовую пряжу, чтобы обеспечить амортизацию между покрытым гуттой кабелем и кольцом толстой железной проволоки для защиты медных жил от поломки. Множество джутов связывали эту железную проволоку воедино; вблизи опасных скалистых берегов требовались множественные многослойные переплетения, которые затем покрывались водонепроницаемой наружной обшивкой из малайской каучукоподобной гуттаперчи. Пароходы разносили эти секции длиной в милю по морям, где бортовые мастера связывали их друг с другом, растягивая, таким образом, на тысячи миль. Зачастую они вынуждены были тянуть их заново, когда те (довольно часто) ломались из-за айсбергов, вулканов, якорей или острых камней⁷².

Как хорошо знал де Бернардьер, французам на протяжении продолжительных океанических плаваний (в которых хронометры становились ненадежными) доставляли множество неудобств расхождения в картографировании. В 1866 г. Парижскому бюро долгот было поручено установить аванпосты по всему миру, и оно незамедлительно организовало шесть экспедиций в различные уголки планеты. Их задача

⁷¹ *Bernardières, de. Déterminations télégraphique. 1884. О Бернардьере: Dossier sur Octave, Marie, Gabriel, Joachim de Bemardières, November 1886. Archives of the Service historique de la marine, Vincennes, No. 2879.*

⁷² См.: www.porthcurno.org.uk/refLibrary/Construction.html (дата обращения 14 февраля 2002 г.).

состояла в том, чтобы, используя положение Луны на фоне неподвижных звезд, определить локальную долготу городов Северной и Южной Америки, Африки, Китая, Японии наряду с иными островами в других районах Тихого и Индийского океанов. Такое картографирование требовало огромных усилий, и французское правительство не скупилось ни на финансовые, ни на человеческие ресурсы. В принципе, идея была проста: если бы астрономы в двух частях света могли точно указать время, при котором Луна достигала своей высшей точки на небосводе, то эти наблюдения были бы одновременными. Навигатор будет определять по карте, в какое время это было у него дома, и сравнивать с местным временем. Эта разница оказывалась также долготным различием между двумя точками. Различие в шесть часов, например, составляло 90° долготы.

Однако пиковые точки Луны были заведомо трудноопределимы. Даже наиболее искусные астрономы оказались неспособны зафиксировать лунный зенит на фоне звезд без существенных ошибок. Это была огромная проблема. И вот почему. Полный оборот Земли вокруг своей оси один раз в день заставляет звезды также вращаться каждые 24 часа. Луна же движется гораздо медленнее на фоне звезд, полный оборот она осуществляет примерно раз в 30 дней. Таким образом, за то время как Луна пересекает заданный угол, звезды уже переместились в 30 раз дальше этого угла, тем самым умножая любую ошибку на 30. Корабельная навигация в отдаленных районах с допущением таких погрешностей погубила бы моряков⁷³.

По причине трудностей «охоты на Луну» астрономы-геодезисты, занятые определением долготы, переключились на другие, более податливые в плане измерения, небесные явления. На протяжении веков кормчие опирались на полные лунные затмения. Колумб, например, использовал

⁷³ *Green. Report on Telegraphic Determination. 1877. P. 9–10.*

одно из таких затмений для того, чтобы определить долготу во время своего трансатлантического путешествия. Когда американские картографы взялись за исчисление долготного различия между Вашингтоном и Гринвичем, наблюдение солнечных затмений казалось им перспективным. 18 июля 1860 г. Соединенные Штаты направили пароход в Лабрадор, надеясь сравнить результаты наблюдения одного и того же события, полученные дома и из Испании.

Еще одна давнишняя практика астрономов заключалась в том, чтобы наблюдать за движением Луны по ночному небу до тех пор, пока она не затмит какую-либо звезду. Этот момент затмения (затенения) мог бы также использоваться для установления одновременности между удаленными точками. Регистрировалось локальное время затмения, затем исследователи обращались к графику (или ждали сообщения по почте), для того чтобы определить, в какое время то же самое астрономическое явление наблюдалось в Гринвиче или Париже; после этого одно время вычитали из другого. Так, например, астрономы — как в Соединенных Штатах, так и в Европе, — наблюдали и измеряли с огромной тщательностью, как четыре звезды Плеяд сначала исчезали под покровом Луны, а затем снова проступали наружу. Затмение планеты Венеры произошло 24 апреля 1860 г.; астрономы толпились в ожидании этого события в обсерваториях Фредериктона, Нью-Брансуика и Ливерпуля. Нахождение долготы было важной частью работы французских, британских и американских астрономов, и они использовали все мыслимые методы, для того чтобы вычислить ее. Тем не менее стремление связать Соединенные Штаты с «точно определенными европейскими обсерваториями» оставалось тщетным. Каждая экспедиция давала новые результаты⁷⁴.

Картографирование сулило как символическое, так и практическое овладение пространством. В великом завоева-

⁷⁴ Report of the Superintendent of Coast Survey. 1861. P. 23.

нии Земли середины XIX в. фиксация позиций имела решающее значение для торговли, для военных кампаний, для прокладывания железнодорожных путей⁷⁵. Когда Соединенные Штаты погрузились в гражданскую войну, Береговая геодезическая служба (Coast Survey) стала стратегическим активом. Конгресс уже давно требовал, чтобы в интересах развития торговли и фортификации исследователи приступили к картографированию рек. Теперь же картографы надеялись выполнить эту миссию, тесно сотрудничая с адмиралами Союза в Северной Каролине и на реке Миссисипи. Сначала геодезисты, включая Джорджа Дина, приступили к сверке уже полученных данных для определения точного местоположения ключевых южных военных опорных пунктов, а также для вычисления разницы долгот между ними⁷⁶. Наблюдая, измеряя, вычисляя, геодезисты зафиксировали огневые позиции повстанцев вокруг Чарльстона и Саванны, в то время как маленькая группа топографов-разведчиков присоединилась к генералу Шерману на марше из Саванны в Голдсборо, штат Джорджия. Когда война закончилась, геодезисты начали строить планы на будущее, используя свои телеграфные наработки военного времени. У них были новые и более точные данные по каждому крупному городу от Кале, штат Мэн, на северо-восточном побережье Соединенных Штатов, до Нового Орлеана. Бенджамин Гулд (возглав-

⁷⁵ До Гражданской войны шла сплошная импровизация. Обсерватория Дадли в Олбани, Нью-Йорк, например, стремилась определить свое положение по отношению к Нью-Йорку, проводя провод от небольшого деревянного здания, построенного рядом с обсерваторией, к частной резиденции астронома Льюиса М. Резерфорда, на углу Второй авеню и 11-й улицы в Нью-Йорке. Ср.: B.A. Gould with observers George W. Dean with Edward Goodfellow, A.E. Winslow and A.T. Mosman. Appendix 18 // Report of the Superintendent of the Coast Survey. 1862. P. 221–223.

⁷⁶ Введение к: Report of the Superintendent of the Coast Survey. 1864; также см.: *Gould*. Appendix 18 // Report of the Superintendent of the Coast Survey. 1864. P. 154–156; Report of the Superintendent of the Coast Survey. 1866. P. 21–23.

лявший исследовательскую работу) и его команда устремили свои взоры на восток, для того чтобы восполнить оставшиеся пробелы между Нью-Йорком и Вашингтоном и тем самым создать всеобъемлющую электрически выверенную карту Соединенных Штатов к востоку от Миссисипи⁷⁷.

Геодезисты смотрели в океан. Они делали это с некоторым отчаянием, поскольку, несмотря на все приложенные до сих пор усилия, конвергенция долготного различия между Европой и Соединенными Штатами оставалась недостижимой. Они пересматривали зениты Луны, перепроверяли данные по затмениям звезд и планет и корпели над старыми хронометрическими результатами. Однако повторного анализа старых данных было просто недостаточно: «Расхождение результатов, которое можно было бы списать на индивидуальные ошибки, составляло более четырех секунд. Самые последние измерения и те, на которые особенно полагались, демонстрировали наибольшую несогласованность. Береговая служба не жалела физического труда, усилий и денег на свои хронометрические экспедиции, поскольку наиболее точное из возможных определений трансатлантической долготы было специально предписано законом». В конце концов между последними хронометрическими исследованиями и лучшими астрономическими исследованиями было констатировано затруднительное и непреодолимое временное различие в три с половиной секунды⁷⁸. Ни у кого не было ни малейшей догадки, какому результату верить.

Только подводные телеграфные кабели могли вывести ситуацию из тупика. Начиная с августа 1857 г. несколько экспедиций по очереди отправились в Северную Атлантику, для того чтобы проложить телеграфную линию. Кабели ломались снова и снова. В июне 1858 г. флот вновь вышел

⁷⁷ Report of the Superintendent of the Coast Survey. 1867. P. 1–8; также см.: *Gould*. Appendix 14 // Report of the Superintendent of the Coast Survey. 1867. P. 150–151.

⁷⁸ Report of the Superintendent of the Coast Survey. 1867. P. 60.

из Плимута (Англия) с огромным кабелем на борту. Первые три дня в море были спокойными, а затем целых девять дней шторм непрерывно терзал английские суда. Несмотря на значительные повреждения одного корабля (один матрос испугался так, что сошел с ума), прокладка кабеля продолжалась. 6 августа 1858 г. по проложенному кабелю, наконец, прошли первые сигналы. Затем случился обрыв кабеля. Позднее этот проект был приостановлен на время Гражданской войны. Отчалив с острова Валентия на юго-западе Ирландии в июле 1865 г., «Грэйт Истерн», гигантский корабль, в пять раз больше любого другого, начал тянуть кабель в сторону Ньюфаундленда. Спустя 1200 миль и кабель, и кабелеукладчик ушли на дно. Миссия была прервана⁷⁹. В 1866 г. другой экипаж отправился с целью проложить намного улучшенный кабель из крошечной рыбацкой деревушки в Хартс-Контент, Ньюфаундленд (на восточном берегу Тринити Бей, около 90 миль от Сент-Джонса), в Валентию. На этот раз все прошло гладко. Коммуникация началась 27 июля 1866 г.: геодезисты немедленно начали посылать временные сигналы. Гулд направил свою геодезическую команду маленькими группами для комплектования ветхих станций вверх по восточному побережью. Для инспектирования телеграфной линии от Кале до Ньюфаундленда экспедиция арендовала шхуну, прошедшую путь от острова Кейп-Бретон в Новой Шотландии до пункта назначения — Хартс-Контент, Ньюфаундленд. Каждую милю ретрансляторы (передававшие сигнал) нуждались в осмотре. Необходимо было тренировать десятки изолированных телеграфистов⁸⁰.

⁷⁹ См.: *Prescott*. History. Ch. XIV. 1866; *Finn*. Growing Pains at the Crossroads. 1976; Heart's Content Cable Station // Provincial Historic Site. www.lark.ieec.ca/library/hearts-content/historic/provsite.html (дата обращения 8 апреля 2002 г.).

⁸⁰ О ранней работе Гулда в Америке и процессе адаптации британской техники см.: *Bartky*. Selling Time. 2000. P. 61–72. О трансатлантической работе см.: Report of the Superintendent of the Coast Survey. 1869. P. 60–67.

12 сентября 1866 г. Гулд сам отправился из Ливерпуля в Лондон на британском почтовом пароходе «Азия», чтобы, во-первых, переговорить с сотрудниками британской кабельной компании, а во-вторых, чтобы доставить измерительные инструменты на ирландский берег. Пробираясь по ирландскому захолустью с такелажем на тележке, оснащенной пружинными амортизаторами, астрономы протащили свою неустойчивую поклажу 42 мили, а затем переправили этот груз из Килларни через проливы в Валентию. Ситуация на другом конце кабеля была обескураживающей. Британская компания отозвала у американцев разрешение связывать электрифицированные наземные линии с подводным кабелем, якобы опасаясь, что удар молнии повредит их хрупкую связь с Новым Светом. Это означало, что американцы должны были установить свою обсерваторию рядом со зданием телеграфной компании в Фойлхонмерумском заливе, «удаленном», как судачили работники, «...от любого приличного дома, за исключением непривлекательных крестьянских хижин». На этой пересеченной местности энтузиасты воздвигли свою импровизированную обсерваторию размером три на шесть метров, укрепленную шестью тяжелыми камнями, заглубленными в земле, защищенную от юго-западных ветров прилегающим к ней телеграфным домом, а от северо-западных ветров — возвышенностью. Большая комната служила им обсерваторией; маленькая, расположенная восточнее, стала их жильем. Лаборатория была проста: жесткое крепление для пассажного инструмента, укромные уголки для часов и хронографа; место для магнитного реле, которое передавало сигнал Гринвичу, датчик кода Морзе и стол для регистрации⁸¹.

Из того, что Гулд прозвал «на редкость неастрономическим небом» Валентии, лил дождь как из ведра. Облака позволяли лишь один-два блика солнца в полдень. Когда

⁸¹ Report of the Superintendent of the Coast Survey. 1869. P. 61.

солнце, наконец, показывалось, астрономы, будучи всегда начеку, определяли свой меридиан. В конце концов 14 октября 1866 г. в 15:00 американцы увидели через туман мелко несколько звезд и взяли пассажные показания. Местные жители сообщили, что за шесть недель до прибытия геодезистов в Валентии шел дождь каждый день без остановки. За семь недель, что исследовательская группа жила и работала в своей ирландской лачуге на берегу моря, они застали только четыре ясных дня и всего одну ясную ночь. «В целом все наши наблюдения были сделаны в промежутках между проливными дождями; и это было в порядке вещей, что сильные ливни прерывали процесс наблюдения за звездами». Караульным времени на другом конце линии в Ньюфаундленде приходилось еще хуже. Телеграфный геодезист Джордж Дин не увидел вообще ничего: не только проблеска солнца, но даже луны и звезд.

В этом богом забытом месте на краю Британии в ход шли передовые викторианские технологии: трансатлантический сигнал посылался батареей, состоящей из пистона с кусочком цинка и каплей окисленной воды. Когда боги погоды благоприятствовали, ирландская станция телеграфировала на языке Морзе «ГУЛД»; а Ньюфаундленд отзывался «ДИН» с последующими временными сигналами — полусекундными импульсами с пятисекундными интервалами. На обоих концах кабеля команды не отрывали глаз от своих инструментов. После пересечения Атлантики сигнал был слишком слаб для приема на барабанном рекордере, поэтому исследователи использовали зеркальный гальванометр — гораздо более чувствительное устройство, изобретенное британским физиком Уильямом Томсоном. Филигранно подвешенное зеркало с крошечным магнитом, наклеенным на его обратную сторону, отражало свет от керосиновой лампы. Рядом была катушка, подключенная к подводному кабелю. Когда сигнал тока бежал по кабелю, катушка становилась электромагнитной, медленно вращая маленький

магнит с прикрепленным к нему зеркалом, которое перемещало отраженный свет керосиновой лампы по установленному напротив листу белой бумаги. Даже слабейшие трансатлантические временные сигналы становились видимыми. Предвосхищая сигнал, наблюдатели фокусировали яркий свет своих керосиновых ламп на зеркало и с надеждой час за часом в холоде сырой ночи ждали, когда электрический ток, преодолев около 4320 миль океанического пространства, будет танцевать крошечным пятнышком отраженного света по сырому листу бумаги.

Мобильные астрономы четко следовали своим строгим процедурам, «с боем» добытым в долготных кампаниях, которые как Гулд, так и Дин организовывали в течение Гражданской войны. Команда Гулда получила свой первый сигнал 24 октября 1866 г.; в последующие недели Гулд и его телеграфисты провели еще четыре обмена в крошечных просветах благоприятной астрономической погоды. На другом конце океана, в Ньюфаундленде, попытки Дина ретранслировать сигнал в Бостон были менее успешны. Поскольку кабель тянулся на протяжении примерно 1100 миль — от Хартс-Контента до Кале, штат Мэн, — по чрезвычайно трудному рельефу, связь обрывалась «день за днем и неделя за неделей». Ничего не работало. Внезапно 11 декабря сильный мороз сковал неисправную наземную линию, идущую в Кале. Лед превосходно изолировал провод, и импульс выстрелил как луч света из Хартс-Контента в Кале. Незадолго до 1 января 1867 г. ньюфаундлендская команда прибыла в бостонскую гавань с багажом долготных различий между Гарвардской и Гринвичской обсерваториями⁸².

С трансатлантическим телеграфированием одновременно темп электрического картографирования только возрастал. Сразу же после удачного британо-американского сотрудничества французы протянули линию от Бреста через

⁸² Report of the Superintendent of the Coast Survey. 1869. P. 63, 65.

отдаленный от Ньюфаундленда Сен-Пьер до Даксбери, штат Массачусетс. Американский астроном-геодезист Дин и его мобильная команда снова подняли паруса, для того чтобы начать совместно с французскими военно-морскими силами согласование контроля времени. После того как линия Брест — Париж была запущена, сбылась давняя мечта геодезистов — получить серию треугольников, которые служили бы двойной проверке их долготных результатов. Например, сумма долготных различий от Бреста через Париж в Гринвич и обратно в Брест должна была быть (и была на самом деле) равна нулю:

$$\begin{aligned} (\text{Брест} - \text{Париж}) + (\text{Париж} - \text{Гринвич}) + (\text{Гринвич} - \text{Брест}) = \\ = 0^{83}. \end{aligned}$$

Французский лейтенант де Бернардьер был хорошо осведомлен о том, что его американские и британские коллеги находились на долготном марше. Весной 1873 г. по инициативе своего начальника капитан-лейтенант ВМС США Фрэнсис Грин начал посылать субокеанические временные сигналы для картирования Восточной Индии и Центральной Америки. Путешествуя по морям на колесном пароходе «The Fettysburg», команда Грина привела долготные координаты Панамы, Кубы, Ямайки, Пуэрто-Рико и многих других островов к необходимой точности⁸⁴. По его возвращении в 1877 г. власти снова отправили капитан-лейтенанта на задание: на этот раз для эксплуатации недавно проложенных телеграфных кабелей, пересекающих Атлантику, от Лондона через Лиссабон в Ресифи на северо-востоке Бразилии. Впервые американский военно-морской флот (со своей гидрографической задачей) мог курсировать на

⁸³ Report of the Superintendent of the Coast Survey. 1873. P. 16–18, Appendix 18 // Report of the Superintendent. 1877. P. 163–164. Треугольник см.: Ibid. P. 164.

⁸⁴ Green. Report on the Telegraphic Determination. 1877.

всем протяжении восточного побережья Южной Африки от Пары до Буэнос-Айреса. Моряки хвастались, что урегулируют крайне спорные места, такие как форт Виллеганьон (в заливе Рио-де-Жанейро), где предыдущие исследователи долготы сталкивались с удивительным 30-секундным временным несоответствием и восьмимильной неопределенностью того, где корабль должен достичь восточного берега Южной Америки.

С помощью французов, которые посылали свои парижские сигналы по проводам в Лиссабон, Португалия также присоединилась к основанной на Гринвиче схеме картографирования⁸⁵. В Порту-Гранде у бразильского побережья долготная команда встала на якорь, пережидая, пока утихнет «эпидемия (sick season)», прежде чем они осмелились высадиться в Пернамбуку: «Застрять в Порту-Гранде на две-три недели — что может быть скучнее, — ворчали американцы. — Остров Сент-Винсент — это просто куча золы»⁸⁶. Наконец королевский почтовый пароход доставил астрономов в Пернамбуку, и там они запустили свою машину: импульс, выстреливший из Гринвичской обсерватории, в мгновение ока достиг края земли, затем устремился по 828 милям подводного кабеля в аппаратную Восточной телеграфной компании рядом с маяком в Каркавелуше, после этого достиг Королевской обсерватории Лиссабона и из нее отправился через Атлантику к позициям Бразильского военноморского арсенала, где далее взобрался по изолированному кабелю вверх на арсенальные стены, затем по крыше офиса портового капитана, через эспланаду, балконы спустился вниз к одному из зеркальных гальванометров Томсона, где, наконец, начал раскачивать световой луч.

Тонко, слабо и ненадежно. И все же, когда этот электрический импульс, наконец, достиг Рио в июне 1878 г., он имел

⁸⁵ *Green, Davis, Norris. Telegraphic Determination of Longitudes. 1880.*

⁸⁶ *Ibid.* P. 8.

королевское значение. Бразильский император Педру II находился в Соединенных Штатах на протяжении всего 1876 г. После этого он начал большое путешествие по Европе, посетив Трою вместе с Генрихом Шлиманом, причастившись в Храме Гроба Господня в Иерусалиме и попировав в обществе дочери королевы Виктории и ее мужа в Вене. В Париже местная Академия наук ввела Педру в должность иностранного члена; Виктор Гюго принимал его на празднике литературы. В Лондоне он беседовал с королевой за ланчем в Виндзорском замке. После такой насыщенной публичной жизни и, видимо, столь же увлекательной личной Педру возвращался в Рио несколько неохотно. Однако ничто не могло удержать Его Величество, желающего стать свидетелем прибытия европейского времени, от посещения ветхой обсерватории капитан-лейтенанта Грина⁸⁷.

Сегодня слово «обсерватория» вызывает в нашем сознании романтический образ: блестящая полусфера, расположенная на скалистом пике горы; астроном, раздвигая люк на крыше, поворачивает на шарнирах свой огромный телескоп из латуни, чтобы наблюдать за небесами, окруженный ассистентами в белых халатах. Но совсем к другим образам отсылало это слово в сознании Грина и его команды, которые заходили в город (так, как это было, скажем, в Порту-Гранде), чтобы там обосноваться. Поиск места с хорошим обзором неба рядом с телеграфным офисом был, очевидно, ключевой задачей. После этого они выщарапывали на земле линию (северного) меридиана и строили кирпичный пирс. На нем они устанавливали небольшую плиту из мрамора, которую привозили с собой, а на вершине ее — свой драгоценный пассажный инструмент из латуни, с помощью которого они могли наблюдать, как звезды пересекают линию, маркирующую линию меридиана. Двум морским астрономам потребовалось бы около часа, для того чтобы собрать

⁸⁷ Ibid. P. 9.

портативную деревянную обсерваторию (12,5 на 12,5 м), накрываемую тентом в случае дождя (рис. 3.9). Внутри этой крошечной станции помещались часы, телеграфные ключи, а также записывающий барабан или гальванометр Томсона для отображения входящего сигнала. Когда наблюдателю был нужен телеграфист, комната становилась, мягко говоря, тесновата.

Позабавив Педру II электрокартографированием Рио, американский флот поплыл дальше. В начале 1883 г. Вашингтон приказал команде отправиться к западному побережью Южной Америки и присоединить местные кабели к телеграфной системе. Эта новая экспедиция следовала кабелям, идущим от Галвестона, штат Техас, через зараженный желтой лихорадкой Веракрус в юго-восточную Мексику. После того как Веракрус был нанесен на электрическую карту мира, они высадились на западном берегу Южной Америки, надеясь исследовать кабельное сообщение между Салина-Крус в юго-восточной Мексике и Вальпараисо, Чили. Команда столкнулась с карантинном в Новом Орлеане и Галвестоне, а по прибытии в Перу застала разгар чилийской хунты.

Благодаря оперативному вмешательству американского посла в Перу, мистера С.Л. Фелпса, адмирал оккупационной чилийской армии пообещал содействовать «подателям времени» (time bearers). Из Лимы команда направилась на юг. 13 октября 1883 г. была установлена связь Вальпараисо с Лимой, а в начале 1884 г. исследователи соорудили деревянную обсерваторию в Пайте, Перу. Капли дождя оросили высохший город впервые за семь лет: «...почва этой местности, обычно засушливая и пыльная, превратилась в отвратительную и зловонную грязь <...>. Весь город <...> оказался практически непригодным для жизни»⁸⁸. Кроме того, «...операции в Перу, — сообщали офицеры, — проходили в местах, которые были оккупированы восставшими войсками, так

⁸⁸ Davis, Norris, Laird. Telegraphic Determination of Longitudes. 1885. P. 10.



Рис. 3.9. Портативная обсерватория: Баия, Бразилия

Американские военно-морские офицеры определяют одновременность — и тем самым долготные различия, — для того чтобы более точно картографировать Америку. Геодезические экспедиции французских, британских и американских команд были отчасти научными, отчасти военными и отчасти исследовательскими. «Астрономические обсерватории», которые зачастую были просто переносные деревянные лачуги, располагали несколькими предметами телеграфного оборудования, несколькими магнитами, зеркалами и пассажными инструментами. Пребывание там было исполнено опасностей: многие геодезисты умерли от болезней и несчастных случаев, произошедших во время попыток привязать электрическую одновременность к берегам Америки, Азии и Африки.

Источник: *Green. Report on Telegraphic Determination. 1877* (фронтиспис).

что наблюдатели должны были бороться с проволочками, а в случае хунты в Арике — с безразличием и глупостью чиновников», не говоря уже о привычных сбоях из-за тумана и сломанных кабелей. Тем не менее 5 апреля 1884 г. американские офицеры отплыли в Нью-Йорк с южно-американскими долготами на руках⁸⁹.

В крошечных отдаленных обсерваториях американские, британские и французские «часовые времени» брали показания с небес и сопоставляли их с импульсами, полученными

⁸⁹ Ibid. P. 9.

по кабельному сообщению. Звезды давали каждой станции свое локальное время, а кабели нашептывали им время в других местах. Это была чертовски трудная работа, требующая точных расчетов, прочных проводов и организованной командной работы. Один из французских сотрудников де Бернардьера разместил свою станцию рядом с руинами города Чоррильоса, немного южнее Лимы. Другой ждал у своего телеграфа в обсерватории военно-морской школы в Буэнос-Айресе. Соединяя разнообразные провода, де Бернардьер начал пускать электрические сигналы из Вальпараисо в Панаму. На всем протяжении маршрута ретрансляторы старались удержать сигнал в движении без заминки: крошечный ток щекочет зеркало; отраженный свет мерцает. Как только оператор видел движение светового пятна, он возобновлял сигнал. Начиная с 18 января 1883 г., в то время как американцы были все еще заняты подготовкой ящиков в Вашингтоне для своей экспедиции по всему побережью Перу и Аргентины, французская команда воспользовалась тремя ясными астрономическими и электрическими вечерами. Сразу после этого подводный кабель в Панаму оборвался, разрывая связь между их крошечной обсерваторией и Парижем. Но у них уже были результаты: долгота флагштока на фондовом рынке в Вальпараисо располагалась на 4 часа 55 минут и 54,11 секунды раньше по отношению к лаборатории времени в Монсури в тысячах миль к востоку.

Вскоре после этого напряженного раунда соревнования и сотрудничества с американцами, 7 апреля 1884 г. де Бернардьер направил сообщение своим коллегам из Французской академии наук. В нем говорилось, что появились новые возможности для французских геодезических исследований: два великих океана были только что связаны через Южную Америку посредством телеграфных кабелей, тянувшихся на высоте в 12 тыс. футов через грозные Анды. Как утверждал де Бернардьер, Парижское бюро долгот должно теперь озаботиться созданием «...огромной геодезической сети, кото-

рая будет охватывать весь земной шар, точно фиксируя его форму и размеры»⁹⁰.

Французский флот поддержал этот план, мобилизовав офицеров, матросов и предоставив материальную базу. Де Бернардьер рассчитывал обосноваться в Сантьяго или неподалеку от Вальпараисо, остальные же должны были передавать время севернее в Лиме и Панаме и на другом конце континента — в Буэнос-Айресе. Всего несколькими месяцами ранее американская компания Central and South American Cable проложила свою подводную линию из Лимы в Панаму. В дополнение к уже созданной линии, тянущейся из Панамы через Большие Антильские острова, Северную Америку в Европу, де Бернардьер и его коллеги проложили кабельную связь до самого Парижа. Поскольку другие линии также шли из Вальпараисо через Буэнос-Айрес, острова Зеленого мыса и в конечном счете в Европу, все это вместе представляло собой огромную сеть, длиною около 20 тыс. миль, из покрытой слоем гуттаперчи меди, позволяющую двум маршрутам проверять друг друга.

Благодаря деятельности американской экспедиции Грина и французской де Бернардьера в итоге появился огромный, мирообъемлющий многоугольник одновременности с вершинами в Париже, Гринвиче, Вашингтоне, Панаме, Вальпараисо, Буэнос-Айресе, Рио-де-Жанейро и Лиссабоне (рис. 3.10). Как ни странно, просчитанный в двух разных направлениях, этот неправильный восьмиугольник был замкнут с погрешностью в 135 метров. Из этого многоугольника лучи выходили в сторону Азии, где американцы занимались определением контуров Индии, в то время как французы, в хрупких бамбуковых хижинах с несколькими телеграфными и астрономическими инструментами и концом кабеля в руках, начали свою электрическую точечную «бомбардировку» Хайфона⁹¹.

⁹⁰ *Bernardières, de. Déterminations télégraphiques. 1884.*

⁹¹ *La Porte. Détermination de la longitude. 1887.*



Рис. 3.10. Время, принесенное посредством кабеля, в Южной Америке

В своей борьбе против американцев один из главных французских исследователей долготы, де Бернардьер, стремился к тому, чтобы закончить создание основанной на электрическом времени картографической сети, привязанной к Парижской обсерватории. Своих коллег во Французской академии наук он настоятельно призывал к созданию многоугольника, набросанного здесь, — «...огромной геодезической сети, которая охватывала бы весь земной шар».

Источник: The Time Atlas. London: Office of The Time, 1986 (карта модифицирована).

Французская мировая сеть кабелей и временных сигналов тянулась на восток, запад, север и юг от Парижа. Хотя астрономы во многом определили ее характер, долготная техника, в свою очередь, изменила сами обсерватории. Возьмем, например, четвертый том *Annales du Bureau des Longitudes* за 1890 г., который начинается докладом об обсерватории Бордо. Все, что могло дать специальное исследование, прояснил автор доклада: обсерватория была построена не для разведывания новых феноменов, не для того, чтобы поместить человеческое существо в космический контекст. Нет, город Бордо, как и множество других, построил обсерваторию для того, чтобы установить корабельные хронометры, чтобы те могли определять свою долготу в открытом море⁹². Это означало, что первейшей задачей обсерватории было устанавливать свою собственную долготу, что она и пыталась сделать посредством обмена сигналами телеграфного времени с Парижем 19 ноября 1881 г., размещая себя в 11 минутах и 26,444 секунды западнее по отношению к столице Франции — плюс-минус восемь тысячных секунды.

Город за городом, страна за страной, Парижское бюро долгот расширяло свою сеть долготных фиксированных точек, сначала на национальном уровне, запустив телеграфные провода из Парижа в отдаленные города Франции, а затем по множеству подводных кабелей в отдаленных колониях. К 1880 г. 90 тыс. миль по большей части британского кабеля лежало на океаническом дне, сорокатонные машины связали между собой все кусочки обитаемой Земли, пересекая Японию, Новую Зеландию, Индию, Вест-Индию, Ост-Индию и Эгейские острова. Конкурируя за колонии, за новости, за судоходство, за престиж, ключевые игроки неизбежно сталкивались между собой на границах телеграфных сетей. Ибо через медные цепи протекало время, а время прочерчивало линии раздела карты мира в эпоху империй.

⁹² *Rayet, Salats. Détermination de la longitude. 1890. B2.*

По мере того как карты росли и объединялись, был достигнут консенсус в отношении необходимости всеобщего признания нулевого меридиана. Это исходная дуга установит столицу какой-то одной страны в символическом центре каждой глобальной карты. Любые часы и любое долготное измерение в мире будут отсылать к неподвижному центру пассажного инструмента какой-нибудь одной страны. Хотя борьба велась за символическое господство, а не за контроль над Землей, ни у кого не было иллюзий насчет ее значимости. Моментом истины для дипломатов и ученых должно было стать 1 октября 1884 г. — международная конференция в Вашингтоне в Дипломатическом холле Государственного департамента США.

БОРЬБА ЗА НЕЙТРАЛИТЕТ

За два года до этой встречи, в августе 1882 г., президент Честер А. Артур и американский Конгресс утвердили резолюцию, призывающую к проведению международной конференции в Вашингтоне с целью установления единого и общезначимого меридиана⁹³. В то время как американские политики пришли к консенсусу, группа делегатов-ученых собралась в октябре 1883 г. на Международной геодезической конференции в Риме. На одном из заседаний, начатых с празднования по случаю создания телеграфной сети для определения долготы, швейцарский астроном Адольф Хирш сообщил, что опорные точки покрыли, наконец, весь европейский континент. Но поскольку многие страны наносили на карты собственные столицы в качестве нулевой точки долготы, возникал новый вопрос: могли ли все эти опорные точки быть сведены к одному-единственному и единому нулевому меридиану? Отныне, заключил Хирш, пришло время для того, чтобы отбросить идеалы науки, изолированной от

⁹³ International Conference at Washington. 1884. Annex III. P. 210.

мира, и вместо этого совершить общее усилие, которое гораздо глубже соединило бы науку и широкую практическую область. Великие державы, таким образом, имели возможность способствовать развитию навигации, картографии, географии, метеорологии, железнодорожного и телеграфного сообщения. Пришло время раз и навсегда утвердить общезначимый нулевой меридиан. Именно по причине того, что Земля является сферой, настаивал Хирш, *не существует никакого естественного нулевого меридиана*. То есть нулевая широта — экватор — была выбрана естественным путем благодаря вращению Земли. Но «природа» не позаботилась о том, чтобы указать нулевой меридиан долготы. Даже магнитный Северный полюс не мог быть использован для выделения какой-либо определенной долготы в качестве нулевой, так как дрейфовал с течением времени. Нет, выбор нулевого меридиана был с необходимостью произвольным и, следовательно, «исключительно практическим и конвенциональным [conventionelle]» делом.

Эту тему эксперты поднимали вновь и вновь: обмен информацией, движение товаров и людей требовали новых международных институтов, которые при этом не посягали бы на индивидуальность каждого отдельного государства. Глобальные соглашения должны преобладать над локальными. Почтовые и телеграфные союзы теперь охватили весь мир. Метрическая конвенция уже объединила большинство цивилизованных стран, существовали конвенции электрических стандартов; конвенции по защите интеллектуальной, художественной и промышленной собственности, конвенции о недопустимых методах ведения войны. Даже их собственная Геодезическая ассоциация свидетельствовала о том, что чисто научная цель — установление точной формы Земли — может способствовать кооперации между странами. Хирш настаивал, что пришло время найти практическое решение для унификации долготы, и поэтому конференция рекомендовала определить в качестве нулевого меридиана

Гринвич с изменением даты по антимеридиану на противоположной стороне земного шара⁹⁴.

Через год после Римской конференции делегаты Вашингтонской конференции собрались по приглашению государственного секретаря Фредерика Т. Фрелингуйсена в Государственном департаменте. На этой конференции со строго согласованным регламентом государственные деятели и ученые мужи присоединились к битве за нулевую точку долготы. Пуанкаре, конечно же, читал эти материалы; он даже дословно цитировал их в своих поздних статьях. Наряду со многими другими, кто изучал эти протоколы, он стал свидетелем неразрывной спайки политики, философии, астрономии и геодезии.

После формального приветствия государственного секретаря, в котором тот подчеркнуто отказался от установления нулевого меридиана в Соединенных Штатах, член американской делегации Льюис М. Резерфорд подал сигнал к старту, высказавшись за то, чтобы, как было решено на Римской конференции, нулевой меридиан прошел через центр пассажного инструмента Гринвичской обсерватории. Полномочный представитель и генеральный консул Франции в Канаде Альберт Лефевр, услышав это, сразу же предостерег коллег от поспешных действий, принижая значение римских решений, принятых, по его словам, вследствие «близорукости» ординарных экспертов. Здесь, в Вашингтоне, должна возобладать перспектива, открывающаяся с более «высокой колокольни» политиков: «Наша миссия состоит в том, чтобы быть философами и космополитами и обдумывать интересы человечества не только на настоящий момент, но и с точки зрения отдаленного будущего»⁹⁵. Только такой взгляд за горизонт делал бы возможным обсуждение основополагающих принципов. Отступив, американцы

⁹⁴ Septième Conférence Géodésique Internationale. 1883. P. 8.

⁹⁵ International Conference at Washington. 1884. P. 24.

предложили, чтобы конференция просто приняла идею единого нулевого меридиана.

Такой демарш американцев оскорбил британцев. Капитан Королевского военно-морского флота сэра Ф.Д.О. Эванс протестовал, говоря, что Рим уже достаточно сузил постановку вопроса: нулевой меридиан должен проходить через большую обсерваторию, а не гору, пролив или монументальное сооружение. Наука, в конце концов, требует точности, а не некоторого неопределенного намека на естественные особенности Земли. Однако список подобных больших обсерваторий был совсем кратким: Париж, Берлин, Гринвич и Вашингтон⁹⁶. Командующий военно-морским флотом Соединенных Штатов Сэмпсон согласился с ним, заявив, что выбранная обсерватория должна иметь необходимые телеграфные связи со всем миром: «Мы можем тогда сказать, что с чисто научной точки зрения любой меридиан может быть взят в качестве нулевого меридиана». Если же требуется удобство и экономия, вариантов значительно меньше. Выбор сократится еще больше, если принять, что нулевой меридиан должен пройти через полностью оборудованную, поддержанную правительством обсерваторию. Если признать тот факт, что любой другой нулевой меридиан, кроме британского, потребовал бы изменения карт для 70% мирового судоходства, которое использовало гринвичский меридиан, выбор очевиден: Гринвич⁹⁷. Воодушевленный двойным залпом британского и американского флотов, Резерфорд вернулся к осаде Парижа: «Парижская обсерватория находится в самом сердце большого и густонаселенного города», города, подверженного движению воздушных масс и сейсмическим колебаниям. Парижскую обсерваторию пришлось бы перенести. «Единственное, что удерживает ее там, где она есть, — это воспоминания о ее былых заслугах»⁹⁸.

⁹⁶ Ibid. P. 37.

⁹⁷ Ibid. P. 39–41.

⁹⁸ Ibid. P. 41.

Это не так, возразил французский астроном и делегат Жюль Жансен. Парижская обсерватория оставалась жизненно важной потому, что она была электрически связана со всеми остальными крупными обсерваториями. Ее возможности хорошо задокументированы благодаря использованию телеграфного картографирования, в целом сопоставимого с Гринвичем. Исторически имело значение то, что, следуя Птолемею, кардинал Ришелье установил нулевой меридиан на острове Ферро — одном из островов Канарского архипелага. Поскольку самая восточная точка Ферро высилась над морем примерно в $19^{\circ}55'3''$ западнее Парижа, вычисления становились более сложными. Французские астрономы XVIII в. упрощали долготные вычисления посредством округления, как если бы нулевой меридиан Ферро проходил в 20° западнее Парижа. Поскольку французские астрономы физически не могли передвинуть остров Ферро на $4'57''$ восточнее, эта конвенция имплицитно приняла Париж в качестве нулевого меридиана.

Без сомнения, Жансен понимал ситуацию так же хорошо, как и любой другой: вероятность замены Гринвича Парижем (под видом Ферро) как нулевого меридиана была ничтожной. Но Жансен не собирался сдаваться. (Это был астроном, который во время осады Парижа в 1870 г. в условиях сильного ветра поднялся на воздушном шаре в направлении Алжира для того, чтобы понаблюдать затмение.) Настало время отправиться в более высокогорную местность, нежели птолемеевский (а теперь французский) Ферро, поскольку конференция начинала сползать в сторону самых безумных решений. «Вместо того чтобы установить основополагающий принцип, что меридиан, который будет предложен миру в качестве отправной точки для всех земных долгот, должен прежде всего обладать географическим и обезличенным характером, вопрос был сформулирован чрезвычайно просто: какой из меридианов, используемый

различными обсерваториями, располагает, так сказать, наибольшим числом клиентов?»⁹⁹

Клиенты. Сама эта мысль оскорбляла рациональных французов. Жансен надеялся, что мытари и торгаши не смогут окутать философские (французские) принципы промышленным (британским) дымом. Он напомнил собравшимся о существовании давней традиции французских гидрографических инженеров; и о существовании всемирно известного альманаха *Connaissance des Temps*. И не в последнюю очередь его коллеги должны были припомнить, что именно француз в революционные времена переступил через *pied de Roi*¹⁰⁰ как единицу измерения длины в пользу рационального метра. Рациональная наука должна превзойти роялистскую торговлю¹⁰¹. Жансен высказал такое мнение: «Без сомнения, ввиду нашего богатого и славного прошлого, наших выдающихся публикаций, наших важных гидрографических работ, изменение меридиана приведет нас к тяжелым последствиям. Но если мы видим, что и другие готовы на подобные жертвы и за этим распознается искреннее стремление ко всеобщему благополучию, то Франция уже предоставила достаточно доказательств своей любви к прогрессу, чтобы показать готовность к сотрудничеству». Компромиссное соглашение, заключил Жансен, не может служить только одной из сторон¹⁰². Другими словами, проведите долготный центр мира где угодно в нейтральном месте. Где угодно, только не через Гринвич.

«Ну-ну», — фыркал британский астроном Джон Кауч Адамс. Именно Адамс, чьи работы были уже дважды мобилизованы в стычках с французами, — один раз по вопросу о том, кто открыл Нептун, и второй раз, когда он опровергал результаты великого Лапласа относительно движения Луны.

⁹⁹ International Conference at Washington. 1884. P. 42–47.

¹⁰⁰ Французский фут. — *Примеч. пер.*

¹⁰¹ International Conference at Washington. 1884. P. 42, 44, 49–50.

¹⁰² Ibid. P. 51.

Мы — не воюющие стороны, утверждал он, мы все нейтральны, как и во всех научных вопросах. Мы не занимаемся послевоенным переделом территории, но являемся мирными представителями дружественных стран. Что обеспечит наибольшее удобство миру? И мы должны обеспечить это удобство, не опираясь на юридические фикции (как, например, маскировка Парижской обсерватории под Ферро), а называя вещи своими именами. Практическое, трезвое принятие решения должно возобладать: «Очевидно, что если все делегаты, присутствующие здесь, будут руководствоваться только сентиментальными соображениями или *честолюбием*, конференция никогда не придет к решению». В ответ на упрек во французском тщеславии и себялюбии Жансен обвинил британцев в вульгарном самопотворстве:

Мы считаем, что реформа, которая состоит в решении географического вопроса наихудшим способом, руководствуясь соображениями практического удобства, иными словами, преимуществом только для себя и для тех, кого вы представляете, и предполагающая отсутствие необходимости что-либо менять в ваших картах, обычаях или традициях, — подобная реформа, говорю я, не может иметь будущего, и мы отказываемся принимать в этом участие¹⁰³.

Лояльные ко всему практическому и коммерчески привлекательному американцы заняли сторону британцев. Что такое нейтральный? — требовал ответа Кливленд Эббе. Историческая, географическая, научная или арифметическая нейтральность? Действительно, Франция дала нам нейтральные единицы мер и весов, но эти меры содержали в себе произвольность в силу тех стандартных мер и весов, на которых они основывались. «Нейтральная» система долготы есть «...миф, фантазия, поэтический вымысел» до тех пор, пока не будет точно известно, как ее задать¹⁰⁴.

¹⁰³ International Conference at Washington. 1884. P. 52–54.

¹⁰⁴ Ibid. P. 54.

Жансен не ступшевался: нейтральная точка имела бы два преимущества — географическое и моральное. Если выбрать Берингов пролив, то нулевой меридиан оказался бы в удалении от всех населенных центров, что позволит в обязательном порядке сменить дату: таким образом, земной шар будет аккуратно поделен на Старый и Новый Свет. Или, если не Берингов пролив, тогда другая примечательная физическая точка: проведение нулевого меридиана времени и долготы через Азорские острова будет менее затратным предприятием, чем в случае с Беринговым проливом, так как телеграфные кабели уже проложены в непосредственной близости от них. Как на Азорских островах, так и в Беринговом проливе ноль долготы будут определять из существующих соединенных с телеграфом обсерваторий, а не из центра самого пролива (незадолго до этого Жансен мимоходом отметил превосходную телеграфную связь Парижской обсерватории). Глядя многозначительно на Адамса, Жансен призывал своих коллег помнить «оживленную дискуссию» в английской и французской прессе относительно открытия Нептуна (обе стороны оспаривали астрономический приоритет по этому поводу). Углубляясь в прошлое, Жансен обнажал те же самые континентально-британские трения в баталиях XVII в. относительно дифференциального исчисления между сторонниками Ньютона и Лейбница: «Любовь к славе — один из благороднейших человеческих мотивов; мы должны подчиниться ему, но мы также должны быть осторожны, чтобы не позволить ему произвести раздор»¹⁰⁵.

Несмотря на численное превосходство противника, Жансен отважно продолжал борьбу: экономические причины, говорил он, могут благоприятствовать Гринвичу, Вашингтону, Парижу, Берлину, Пулково, Вене или Риму, но всякий такой выбор будет искусственным. «Что бы мы

¹⁰⁵ Ibid. P. 62–64.

ни делали, единый нулевой меридиан всегда будет короной, за которую сражается сотня претендентов. Давайте возложим корону на чело науки и склонимся перед ней». Да, отвечал один англосакс, но *любое* выбранное место будет принадлежать какой-либо стране. Вовсе нет, парировал Жансен, — экватор нейтрален, хотя он пересекает различные страны. Английский генерал Стрэчи протестовал против различения долготы для географии и для астрономии — «долгота есть долгота». Это абсолютно неверно, вскипел Жансен. Долгота, как и любая другая мера, контекстуальна. «Разве химические весы абсолютно эквивалентны рыночным весам? Тем не менее в обоих случаях мы имеем дело с массой»¹⁰⁶.

Кливленд Эббе, который так яростно боролся с Американским метеорологическим обществом за унифицированное время, сомневался в натуральности «нейтрального». Что будет, если Россия вновь отвоюет себе территории по ту сторону Берингова пролива? Что будет, если Америка купит пол-Сибири? «Эта точка [посреди Берингова пролива] не космополитична». Только звезды над Землей, нечто, превышающее возможности человеческого представления, могли бы, возможно, считаться нейтральными¹⁰⁷.

Точно так, вставил свое замечание Сэндфорд Флеминг. Привыкший к аргументам с точки зрения транспортировки грузов и людей, он рассматривал французское предложение о «...нейтральном меридиане [как] превосходное в теории, но, к моему опасению, <...> совершенно выходящее за пределы практики». Затем Флеминг зачитал приведенные в манифесте судоходства цифры, отражающие общее количество судов в соотношении с тем, какими нулевыми меридианами они пользовались: Гринвич — 72% судоходства; затем Париж — 8%; затем весь остальной мир с оставшимися 20%.

¹⁰⁶ International Conference at Washington. 1884. P. 65, 67, 68.

¹⁰⁷ Ibid. P. 68–69.

Возможно, чтобы задобрить французских коллег, Флеминг предложил установить нулевой меридиан точно в 180° от Гринвича, посреди необитаемой части Тихого океана¹⁰⁸. Такой шаг сохранил бы, добавил он, астрономические события практически неизменными на основанных на Гринвиче картах, поменяв местами полночь и полдень, два часа ночи и два часа дня и т.д. Эта дипломатия не особенно сработала: перебрасывание долготной линии по ту сторону земного шара от пригорода Лондона никого не могло ввести в заблуждение, тем более французов, которые знали все о псевдонулевых меридианах из своего продолжительного опыта использования Ферро. В итоге Франция голосовала «за» нейтральный меридиан. К ней присоединились только Бразилия и Сан-Доминго; все остальные страны (21 в общей сложности) проголосовали «против».

Выступая от имени Франции, Лефевр мрачно отметил, что дебаты проводятся безо всякой оглядки на астрономию, геодезию и навигацию. Когда участникам конференции напомнили об англо-американском превосходстве в судоходстве, он признал, что «единственное преимущество Гринвичского меридиана <...> состоит в том, что вокруг него сосредоточены интересы, которые — я не буду это оспаривать — нужно уважать по причине их величины, потенциала и роста. Но они полностью лишены какой бы то ни было научной беспристрастности». Не рациональность, нейтральность или беспристрастность — одна сплошная и чистая коммерция. Лефевр признавал, что империя одержала победу — но только благодаря коммерческой ловкости, а не на каком-либо ином основании:

Что ж, господа, если мы взвесим эти причины — только те, которые в настоящее время говорят за Гринвичский меридиан, — разве не очевидно, что речь идет о материальных преимуществах, коммерческом превосходстве, которые определяют ваш

¹⁰⁸ Ibid. P. 76–80.

выбор? Наука появляется здесь только в качестве смиренного вассала сегодняшних властей, чтобы освятить и увенчать их успех. Но, господа, нет ничего более преходящего и мимолетного, чем власть и богатство.

Все империи так или иначе пали, и эта не избежит своей участи. Не надо сковывать и поработать науку. И будет ли нам даровано вознаграждение за отказ от нашего французского меридиана? Сובлаговоят ли Америка и Британия принять метрическую систему? Нет. «От нас просто требуется жертвовать традициями, ценными для нашего военно-морского флота и для национальной науки, добавляя к этому еще и финансовые издержки». Сэр Уильям Томсон, староста собрания, поддержал Жансена во всем, кроме его пренебрежительного мнения, что речь идет о простой «коммерческой сделке», а не о научном вопросе. Вскоре было озвучено предложение: «...меридиан, проходящий через пассажный инструмент обсерватории Гринвича, предлагается впредь именовать исходным меридианом долготы». Сан-Доминго проголосовал против канонизации Гринвича; Бразилия и Франция воздержались. Двадцать одна страна поддержала его¹⁰⁹.

Мировая долготная система таила в себе и другие проблемы, споры, которые имели смысл только в мире телеграфируемого электрического времени. На самом деле вся конференция могла бы рассматриваться как продолжение конфликта вокруг нового мира, пронизанного проводами, по которым распространялось время. Делегат от Соединенных Штатов У.Ф. Аллен, еще не остывший после своей победы в баталиях по поводу железнодорожного времени, предложил конференции логичное следствие всех этих работ: «Благодаря электричеству <...> маятник единых

¹⁰⁹ International Conference at Washington. 1884. Лефевр — см. р. 91–92; адаптация метрической системы — см. р. 92–93; Томсон — см. р. 94; результаты голосования — см. р. 99.

центральных часов, отмеряющий секунды, мог бы регулировать счет местного времени любого города на Земле»¹¹⁰.

Этой временной фантазии противостояла целая вселенная местных порядков; даже, казалось бы, невинный вопрос о том, когда должен начинаться день, был чрезвычайно спорным. Некоторые выступали за отсчет дня по римскому антимеридиану, чтобы облегчить вычисление древних дат по григорианскому календарю. Астрономы хотели начинать день в полдень, чтобы не разделять ночь на две даты. Между тем турецкий делегат отметил, что Османская империя признает дни от полуночи до полуночи (*heure à la franque*), но также отсчитывает их и от бисекции диаметра восходящего на горизонте Солнца (*heure à la turque*): «Причины национального и религиозного характера не позволяют нам <...> отказаться от этих способов исчисления нашего времени»¹¹¹.

Как бы ни были важны эти межкультурные синхронизации, никто на конференции не сомневался, что основная борьба развернется между Парижем и Гринвичем. Терпящие поражение резолюция за резолюцией, французы питали последнюю надежду — переход на десятичную систему времени. Их стремление к рациональной, научной мере времени, аналогу метра, имело глубокие корни. Во второй год Французской революции *Конвент* бился над тем, чтобы учредить десятичную систему времени в соответствии с «декадами» — десятью днями (вместо привычных семидневных недель). Дни делились на десять часов, а прямые углы — на 100, а не на 90 градусов. Несколько революционных часов сохранилось до сих пор; одни из них (рис. 3.11) демонстрируют равносторонний трехцветный треугольник, означающий, что месяцы будут делиться на равные части, с вершинами, означающими выходные дни. Одним из

¹¹⁰ Ibid. P. 141.

¹¹¹ Ibid. P. 159, 180.

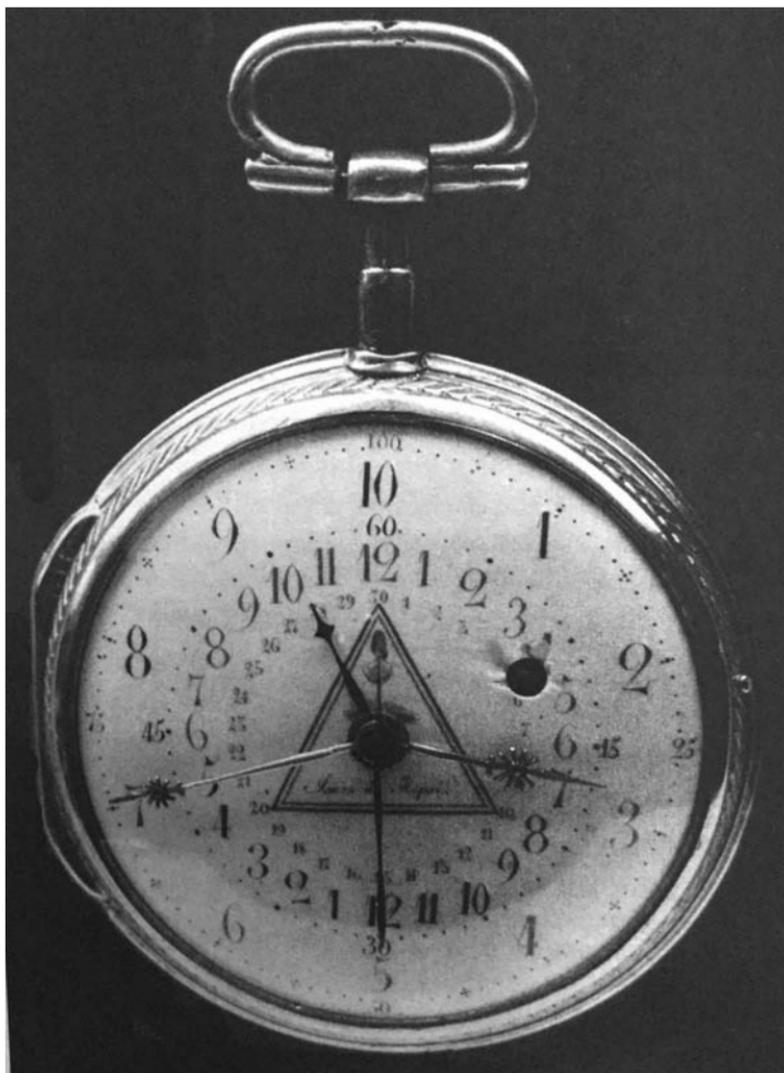


РИС. 3.11. Французские революционные часы (примерно 1793 г.)

Равносторонний треугольник указывал, что месяцы будут разделены на равные части с вершинами, указывающими на выходные дни.

Источник: Association Française des Amateurs d'Horlogerie Ancienne. Revue de L'Association Française. 1989. Vol. XX. P. 211.

немногих ученых, кто принял новую систему, был Лаплас, который сделал это в своей эпохальной «Небесной механике», а некоторые члены правительства даже пытались административно навязать эту систему. Однако столкнувшись с огромным общественным сопротивлением, Наполеон замыл проект децимализации времени в закулисных переговорах с Римской католической церковью¹¹².

Жансен взял слово в последний раз, ратуя за повсеместное введение десятичного времени и деления окружности. Его надежда, отраженная в резолюции, состояла в том, что десятичная система, отныне входящая в мейнстрим европейской торговли и производства, может быть, наконец, распространена и на время. Столкнувшись с такой же публичной оппозицией, с которой сталкивались его революционные предки, Жансен заверил своих коллег: «Да, есть опасения, что мы хотим уничтожить привычки, сложившиеся веками, и расстроить созданные обычаи». Но ни один из этих страхов не оправдан. «Если мы потерпели неудачу во время революции, то это произошло потому, что мы выдвинули реформу, которая не ограничивалась областью науки, но совершала насилие по отношению к привычному укладу повседневной жизни людей». На этот раз реформа не будет предписывать изменение укладов жизни народов, но будет применяться только там, где она принесет пользу.

На каждом этапе новейшей истории Франции, от метра до вопросов долготы и времени, конвенции пространства и времени были тесно связаны с наследием *Конвента* (Convention). Но для всех делегатов и стоявшего за ними более обширного метрологического сообщества в соглашениях о пространстве и времени речь никогда не шла только лишь о точных картах или пересекающихся железнодорожных путях. Рассматривать вашингтонские споры как шаг в не-

¹¹² Об истории революционного календаря во Франции см.: *Baczko. Le Calendrier républicain. 1992; Ozouf. Calendrier. 1992.*

избежном движении в сторону стандартизированной рациональности — значило бы упускать колеблющийся, контингентный, опалесцентный характер синхронизации. Это значило бы потерять из виду постоянную диффузию и перекрещивание прагматического и философского, абстрактного и конкретного.

После отклонения французского нулевого меридиана делегаты были заняты поиском возможности пойти навстречу Франции (в отношении предложенного ей десятичного времени), но одновременно без одобрения ее просвещенческих амбиций или создания какого-либо практического плана по их реализации. Под конец конференция лишь выразила «надежду», что дальнейшие технические исследования десятичного времени будут продолжены¹¹³. Французские делегаты мало что могли привезти домой. Для того чтобы сдвинуть дело с мертвой точки, французам был нужен кто-то, кто обладал бы звездным научным реноме и инженерно-административным влиянием, чтобы быть в состоянии отстаивать эту радикальную реформу конвенции времени. Уже почти десять лет проблема будоражила технические круги Франции. И вот на сцену выходит Анри Пуанкаре.

¹¹³ International Conference at Washington. 1884. P. 183–188 (особенно p. 184).

Глава 4

Карты Пуанкаре

ВРЕМЯ, РАЗУМ, НАЦИЯ

ПОСЛЕ того как Международная меридианная конференция 1884 г. установила нулевой меридиан в Гринвиче, сопротивление во Франции только крепло. Кипя от ярости, Жансен возвратился в Париж. 9 марта 1885 г. он выступил с докладом перед Французской академией наук, перечислив основные «сражения» минувшего года. Начал он с характеристики действий американцев, упрекая их в манипулировании многочисленными малыми государствами-союзниками. К счастью, были и некоторые успехи, уверял он своих коллег, цитируя для убедительности длинную речь французской делегации. Один за другим, вспоминал Жансен, американцы и британцы, специалисты в своей узкой области, брали слово для отвода требований и предложений Франции. «Наверное, можно сказать, что несмотря на авторитет, талант и число ученых, которые боролись с принципом нейтральности меридиана, принцип выстоял достаточно уверенно, без каких-либо колебаний и без ущерба для науки. Меридиан, предложенный Францией, остается до сих пор беспристрастным, научно обоснованным и окончательным решением этого вопроса. Мы считаем, что отстаивать его

было честью для нашей страны»¹. В Европе Жансен был не одинок в своем недовольстве. Аббат Тондине де Кваренги (Tondine de Quarenghi) выступал в 1889–1890 гг. от имени Болонской академии наук за то, чтобы нулевой меридиан проходил через Иерусалим, вселенский город *par excellence*, точку пересечения трех частей света древнего мира и общую святыню трех мировых религий².

В отличие от Франции, Германию не задело объявление Гринвича нулевым меридианом. Немцы были озабочены своей долгой историей полуавтономных государств с унаследованной «мешаниной» систем механического и электрического времени. И именно эта разобщенность подвигла престарелого фельдмаршала графа Гельмута Карла Бернарда фон Мольтке к тому, чтобы 16 марта 1891 г. выступить перед Рейхстагом Священной Римской империи. Железные дороги были основой знаменитого триумфа фон Мольтке над Францией. За полвека ему удалось внушить соотечественникам мысль о том, что поезда играют важнейшую роль в оперативном развертывании вооруженных сил. В 1843 г. он утверждал: «Каждый новый шаг в развитии железных дорог создает военное преимущество; и выделение для национальной обороны нескольких миллионов на завершение создания нашей железнодорожной сети намного выгоднее возведения новых крепостей». Фон Мольтке реализовал этот план, основав свою военную стратегию на мощи железнодорожного сообщения. В конце 1867 г. он уверял, что с учетом южногерманских государств он мог бы за неделю стянуть 360 тыс. человек, а за месяц — 430 тыс.³

¹ *Janssen*. Sur le Congrès. 1885. P. 716.

² На Парижской телеграфной конференции 1890 г. собравшиеся призвали к принятию универсального времени, которое было бы установлено для всего мира с помощью времени главного меридиана; ср.: *Documents de la Conférence Télégraphique*. 1891. P. 608–609.

³ *Howard*. Franco-Prussian War. 1979. P. 2, 43.

Такое планирование себя оправдало. Не только немцы, но также их французские оппоненты после Франко-прусской войны 1870–1871 гг. признавали, что искусное использование фон Мольтке точно синхронизированных поездов погубило Вторую империю, коренным образом изменив баланс сил в Европе. В течение 20 лет после своей триумфальной победы над Францией Большой Генеральный штаб фон Мольтке (а позднее Шлиффена) контролировал массивное пополнение вооруженных сил, по мере того как они превращались в силу единой империи. Методично и терпеливо генералы проводили бесконечные маневры, в которых отработывали марш 3 млн солдат с использованием 100 тыс. железнодорожных вагонов. В 1889 г. военные умоляли Рейхстаг принять стандартное время, чтобы упростить им составление расписания поездов. Политики отказали⁴.

В марте 1891 г. фон Мольтке был первым героем Пруссии. Когда он появлялся в публичных местах, люди умолкали и стояли в полной тишине до тех пор, пока он не садился. Поэтому, когда генерал появился на пленарном заседании Рейхстага по вопросу времени и железных дорог, это сразу же стало большим событием⁵. Скрипучим голосом (он умер всего лишь месяц спустя) фон Мольтке произнес:

Итак, повсеместно признан тот неоспоримый факт, что единство времени (*Einheitszeit*) необходимо для удовлетворительного функционирования железных дорог. Но, господа, у нас в Германии пять различных единств времени. В северной Германии, включая Саксонию, мы ориентируемся на берлинское

⁴ *Bucholz. Moltke. 1991. Ch. 2–3. P. 146–147; также Bucholz. Moltke and the German Wars. 2001. P. 72–73, 110–111, 162–163.*

⁵ О введении единого времени см.: *Kern. Culture. 1983. P. 11–14; Howse. Greenwich. 1980. P. 119–120.* В своей книге *Metrology 1997 г.* Саймон Шаффер (*Simon Schaffer*) использует образ машины времени из одноименного романа Уэллса, чтобы показать, как на рубеже веков процесс механизации предприятий пересекается с литературным и научным осмыслением проблемы времени.

время; в Баварии — на мюнхенское; в Вюртемберге — на штутгартское; в Бадене — на карлсруйское, а в Райн-Пфальце — на людвигсхафенское. Таким образом, в Германии мы имеем пять зон, со всеми вытекающими отсюда недостатками и неудобствами. Не говоря уже о тех зонах, с которыми мы опасаемся столкнуться на границах с Францией и Россией. Это, так сказать, руины, которые сохранились со времен раздробленной Германии, но с которыми теперь, когда мы стали единой империей, надлежит покончить.

По залу пронеслось: «Sehr wahr» (очень правильно). Фон Мольтке продолжал: нынешнее лоскутное время может быть не слишком удобным для путешественника, но оно представляет «существенную трудность» для железнодорожного бизнеса и, что еще хуже, — для военных. Что, спрашивал он, могло бы случиться в случае мобилизации войск? Должен быть стандарт, который распространялся бы вдоль 15-го меридиана (около 50 миль восточнее Бранденбургских ворот) и служил бы ориентиром: при различии локальных времен внутри Германии на границах империи потребовалась бы коррекция не более чем на полчаса. «*Meine Herren*, единство времени, введенное исключительно для железных дорог, не может отменить всех недостатков, которые я кратко обрисовал; это будет возможно, только когда мы достигнем единства времени во всей Германии, то есть когда все локальные времена будут упразднены»⁶. Этого требовала империя.

Фон Мольтке признавал, что общественность может иметь другое мнение. Но после некоторых «осторожных размышлений» ученые мужи из обсерваторий все исправят и противопоставят «свой авторитет этому духу оппозиции». «*Meine Herren*, наука требует намного большего по сравнению с тем, что мы делаем. Она не удовлетворится

⁶ *Moltke*. Dritte Berathung des Reichshaushaltsetats. 1892. S. 38–39, 40; пер. на англ. Сэндфорда Флеминга: *Fleming*. General von Moltke on Time Reform. 1891. P. 25–27.

общегерманским единством времени или общеевропейским единством времени, но пожелает заполучить мировое время, основанное на меридиане Гринвича, и все это, с ее точки зрения, с полным правом, ради правильных целей». Фермеры и рабочие могут устанавливать свои часы так, как они того пожелают. Если мануфактурщик хочет, чтобы его сотрудники принимались за работу на рассвете, то пусть он открывает свою проходную в 6:29 утра в марте. Пусть фермеры ориентируются на солнце, пусть школы и суды функционируют в соответствии с их всегда достаточно свободными расписаниями. Тем не менее фон Мольтке хотел, чтобы национально согласованные часы основывались на Гринвиче. Генеральный штаб настаивал на том, что железные дороги и вооруженные силы должны отвечать согласованному единому времени, связанному с формирующейся электрической картой мира. К этой точке зрения присоединилась большая часть Европы⁷.

Однако не все европейцы. Самая известная акция против Гринвича является в то же время самой загадочной. В четверг 15 февраля 1894 г. молодой французский анархист Марсьяль Бурден (Martial Bourdin) купил билет от Вестминстерского моста до Гринвича. Согласно показаниям одного сотрудника обсерватории, в то время как они с коллегой беседовали в нижней вычислительной комнате, их «...неожиданно напугал громкий взрыв, с резкой и четкой детонацией <...>. Я тут же сказал мистеру Холису: “Это динамит! Засеките время”». Обученные виртуозному обращению с часами, они должным образом зарегистрировали время детонации: 4:51. Когда на место взрыва в парке перед обсерваторией приехал полицейский, он обнаружил умирающего Бурдена. Анархист потерял руку и получил множественные осколочные ранения. На протяжении многих лет мотивы Бурдена оставались туманны. Анархисты подозревали, что это была по-

⁷ *Fleming*. General von Moltke on Time Reform. 1891. P. 26.

лицейская инсценировка. Прочие видели в этом очередную акцию французских анархистов, на счету которых уже были теракт в Национальном собрании в Париже (декабрь 1893 г.) и взрыв в парижском кафе за три дня до смерти Бурдена. Версия Джозефа Конрада, изложенная в его романе 1907 г. «Тайный агент», задает и по сей день призму, через которую воспринимается это происшествие: запутанный клубок отношений манипуляторов, простофиль и карьеристов, в котором у каждого оказывается рыльце в пушку. В мире Конрада коварный первый секретарь иностранной державы инструктирует непосредственных исполнителей теракта, успешная реализация которого вселила бы в сердца классовых врагов больше ужаса, нежели обыкновенное убийство: «Демонстрация должна быть направлена против науки... Нужно, чтобы покушение потрясло бессмысленностью ничем не мотивированного кощунства». Она должна поразить скрытый научный центр материального благополучия. «Да, — продолжал он с презрительной улыбкой, — взрыв нулевого меридиана обязательно вызовет вопли проклятий»⁸.

Без сомнения, нулевой меридиан был мощным, хотя и очень спорным символом. Но даже во Франции, где Жансен и другие сопротивлялись претензиям Британии на мировое господство, были те, кто полностью поддерживал ориентацию французского времени на главные часы великой обсерватории Кристофера Рена.

Шарль Лаллеман, член Парижского бюро долгот и союзник Пуанкаре, однозначно ратовал за поддержку гринвичского времени. Конечно, универсальное время (единое время для всего мира) было бы настоящей катастрофой: рядовой японец отказался бы жить и работать по времени,

⁸ Газетные вырезки из Cambridge University Library, в том числе: *P.S.L. Fireworks at the Royal Observatory // Castle Review* (n.d.); *Hamilton. Greenwich: Having a Go at Astronomy // Illustrated London News*. 1975; *Taylor. Propaganda by Deed — the Greenwich Bomb of 1894* (n.d.); *Conrad. Secret Agent*. 1953. P. 28–29.

которое устанавливал Гринвич⁹. Лаллеман утверждал, что реформа времени так бы и оставалась погрязшей в хаосе, если бы североамериканцы «...с их превосходным практическим смыслом *бизнесменов* не придумали бы остроумный компромисс, объединяющий все преимущества универсального и локального времени», — часовые пояса¹⁰.

Как писал Лаллеман в 1897 г., это была беспрецедентная победа реформизма, которому хватило всего лишь десяти лет, чтобы простая практичная система часовых поясов покорила почти весь цивилизованный мир. Вся Европа теперь, за исключением Франции, Испании и Португалии, примкнула к этой системе. Французам, для того чтобы присоединиться к этой реформе, нужен был сущий пустяк. Простая задержка на 9 минут и 21 секунду все бы поправила. Действующая система была не только неоправданно сложной, но и означала, как с грустью констатировал Лаллеман, что на другой стороне Земли существовала экваториальная зона, простирающаяся на 250 миль между линиями антимериديана Парижа и Гринвича, в которой дата была неопределенной. Находясь (или курсируя) в этой серой временной зоне, вы могли выбирать между 31 декабря 1899 г. и 1 января 1900 г. в зависимости от тех карт, которые лежали перед вами¹¹.

Для Лаллемана подобная двусмысленность была недопустимой. Это спровоцировало бурю возражений, вылившуюся на страницы журналов. Некоторые утверждали, что часовые пояса не были «нейтральными», следуя курсу, принятому на спорной Вашингтонской конференции. Лаллеман париловал: мало того, что новая система часовых поясов следует стандарту — нейтральным двадцати четырем часам; ее нейтральный статус лишний раз подкрепляется «головокружительной скоростью» принятия этой системы на вооружение как в Новом, так и в Старом свете. Действительно, признавал

⁹ *Lallemand*. Unification internationale des heures. 1897. P. 5–6.

¹⁰ *Ibid.* P. 7.

¹¹ *Ibid.* P. 8, 12.

он, одна линия меридиана проходит через Гринвич. Но эта точка отсчета уже давно знакома девяти десятым моряков во всем мире. Может ли кто-то всерьез утверждать, что передвижение ноля долготы на 9 минут и 21 секунду приведет нас к потере нашей французской самобытности и научной идентичности? Чепуха, гневался он. Париж долго располагался в «20 градусах восточнее», когда за нулевой меридиан был взят остров Ферро. Даже хваленая нейтральность революционной конвенции, которая утвердила метр, не является безусловно точной: то, что начиналось в революционной Франции как нейтральная мера (1 метр = 1/10 000 000 четверти окружности Земли), быстро отклонилось от своего первоначального определения, с тех пор как иностранные державы скопировали прототип, утвержденный в Париже. Как в таком случае, задавался вопросом он, Франция могла бы считать унижительным изменение своего нулевого меридиана? Некоторые полагают, что это привело бы к устареванию всех французских карт. Нет, возражал Лаллеман, мы могли бы нанести новые долготные линии другим цветом. В заключение он добавил, что ни он, ни его соотечественники не собираются жертвовать своим национальным меридианом британцам. Они просто переведут свои часы на 9 минут и 21 секунду в интересах телеграфного сообщения, навигации и железнодорожных перевозок. Все «прогрессивные люди», заключил он, должны поддержать реформу времени¹².

ДЕЦИМАЛИЗАЦИЯ ВРЕМЕНИ

Как и рекомендовал Лаллеман в своем «демарше», решения, принятые на Вашингтонской конференции 1884 г., прошли через Парижское бюро долгот. В дополнение к своему важнейшему решению относительно Гринвича вашингтонские делегаты также «выразили надежду» на то,

¹² *Lallemand*. Unification internationale des heures. 1897. P. 17, 18, 22–23.

что отсчет астрономических и навигационных дней отныне будет синхронизирован и должен будет начинаться в полночь. Астрономы издавна начинали отсчет нового дня в полдень, чтобы сохранить свои драгоценные ночи непрерывными при изменении календарных дат, тем более что в светлое время суток отсутствовало что-либо, представляющее интерес для наблюдения. Между тем весь остальной мир негласно использовал темное время суток, чтобы перелистнуть дату в полночь, тем самым сохраняя дневной свет внутри единого календарного дня. В ответ на обеспокоенность Канадского института и Астрономического общества Торонто министр народного просвещения обратился в Парижское бюро долгот в 1894 г. с просьбой высказать компетентное мнение ученых по этому поводу.

Пуанкаре возглавил работу по этому обращению и начал в характерной для себя манере с определения преимуществ и недостатков. «Очевидным неудобством [*incommode*] для астронома является изменение даты в его блокноте в разгар ночных наблюдений». Он может забыть пометить изменение даты, что чрезвычайно усложнит документацию. Но то же самое «неудобство» существует и для моряка, наблюдающего за солнцем в ходе морского плавания. Действительно, в каждый момент времени моряк сталкивается с точно такими же проблемами, что и астроном, и даже хуже. Тогда как астроном работает, не отвлекаясь на посторонние вещи, у моряка множество забот. Если астроном всегда может пересмотреть результаты своих наблюдений чуть позже, моряк из-за малейшей ошибки может потерпеть кораблекрушение. Так пусть же астрономы пишут в своих блокнотах: «ночь с 11 на 12». Что же до нарушения привычного течения времени в день претворения реформы в жизнь, то лучше привести все «шероховатости» в порядок сейчас, чем позднее, отметил Пуанкаре.

Если и было какое-то серьезное возражение, то оно заключалось в следующем: любая подобная реформа сделает

бесполезными существующие таблицы астрономических объектов, опубликованные в британских и американских астрономических альманахах, французском *Connaissance des Temps* или немецком *Berliner Jahrbuch*. Если бы используемые в них конвенции времени были изменены, то приведение их между собой в соответствие представляло бы собой гораздо более серьезную проблему, чем текущая путаница. Только международное соглашение могло бы реализовать эту похвальную попытку упростить время. Бюро долгот постановило, что до тех пор пока международные соглашения не возобладают, французы должны набраться терпения, хотя все согласны с тем, что переход на 24-часовое деление суток будет определенным благом¹³. Однако после уступки Вашингтонской конференции, которая подарила «надежду» на децимализацию времени, французы начали рассматривать под лупой даже 24-часовое деление суток. В феврале 1897 г. президент Бюро долгот создал комиссию с Анри Пуанкаре в качестве секретаря, для того чтобы решить, должна ли Франция отказаться от старого 24-часового деления суток и 360-градусного деления окружности в пользу по-настоящему рациональной системы. Президент прямо спросил: почему великий Конвент 1793 г. потерпел неудачу при распространении десятичной системы на измерение времени и определение длины окружности, и были ли обоснованными возражения против подобной оригинальной системы?¹⁴

На этот вопрос ответил Буке де ля Гри, один из членов комиссии, в которой состоял Пуанкаре, бывший политехник и видный гидрографический инженер. Целью Конвента было изгнать все то, что напоминало устаревшие

¹³ *Poincaré*. Rapport sur la proposition des jours astronomique et civil. 1895.

¹⁴ Президент Бюро долгот, 15 февраля 1897 г. *Décimalisation du temps et de la circonférence* (Акты исполнения поручения министерства образования, 2 октября 1896 г.). Paris, Archives Nationales.

измерительные привычки старого режима (*ancien régime*) и освятить подлинное французское единство с помощью развертывания общей системы мер. С метром революция преуспела. Но реформа месяцев и недель сокрушительно провалилась. Такую же неудачу потерпела и отважная затея Лапласа децимализировать час. Де ля Гри напомнил своим коллегам, что несколько десятичных часов дошли до наших дней, и никто вне Франции не проявляет к ним никакого интереса. Из этого разгрома он вывел ясное поучение для современников: «Метрическая система была успешной, потому что была наипростейшей, и она положила конец неразберихе локальных мер; децимализация же времени и окружности провалилась потому, что весь мир использует одну и ту же систему мер, и поэтому все альтернативные предложения грешили именно против единства»¹⁵. Победило удобство. Там, где реформы упрощали жизнь, общественность их поддерживала; когда же реформы не помогали простым людям, нововведения тихонько уходили в небытие.

Пуанкаре добросовестно протоколировал дебаты. Президент Леви настаивал на том, что революционная метрика времени провалилась только потому, что французские астрономы не смогли найти европейских партнеров для претворения реформы в жизнь. Генерал де ля Ноэ (*de la Noë*) отметил, что Географическая служба на самом деле приняла десятичные углы, как и бельгийские геодезисты. Корню сводил различие ситуации конца XVIII в. и нынешней, конца XIX в., к тому, что никто больше не хочет иметь дело с двенадцатеричной системой. Поразительным образом современные британские инженеры настолько привыкли к своим примитивным мерам — «дюймам» и «футам», что решительно отказывались понимать преимущества десятичной системы. Менее нетерпимый по отношению к своим колле-

¹⁵ Commission de décimalisation du temps. 3 March 1897.

гам по ту сторону пролива генеральный директор железной дороги Париж — Лион — Средиземное море проявил определенную симпатию к британцам. Он заявил, что множество британских инженеров страдают от существующей системы и хотели бы сломать свои островные архаические конвенции. Памятуя об историческом стремлении французов к революционным десяти, воодушевленная их исторической ролью в деле рационализации мира, комиссия проголосовала за децимализацию времени.

Но это голосование, тем не менее, оставило многие вопросы нерешенными. Железнодорожники уверяли кабинетных ученых, что любая попытка изменить 24-часовой день обречена на провал. Де ля Гри выступал за унификацию времени и геометрии посредством деления окружности на 240 частей. Леви признавал, что мечтает о полноценном десятичном мире, но бремя прежних карт и мер привело его к печальному заключению, что препятствия для подобного дивного нового мира являются непреодолимыми. Он одобрил компромисс де ля Гри — разделить окружность на 240 частей, что приведет движение Земли к синхронности с движением часов, так как каждый час вращения планеты будет соответствовать повороту на элегантные 10 градусов. Пуанкаре поддержал Леви, добавив:

Если бы мы пребывали в состоянии *tabula rasa*, лучшая система состояла бы в том, чтобы разделить окружность на 400 частей [100 градусов на четверть круга или 100 километров на градус]... Но мы не можем полностью порвать с прошлым, потому что мы должны учитывать не только общественную антипатию, но и определенную традицию, с которой связаны сами ученые¹⁶.

Давайте сохраним 24-часовой день, сказал Пуанкаре, и разделим окружность на 240 частей. Капитан Гию (Guyou) от

¹⁶ Commission de decimalisation du temps. 3 March 1897. P. 3.

верг подобные компромиссы, настаивая на делении окружности на 400 частей. Навигационные потребности в море и вычисление приливов и отливов приведут моряков к бесконечным сериям мучительных и трудных вычислений. Почему бы не предусмотреть простую в использовании десятичную систему для ученых или навигаторов, оставляя широкой общественности право вычислять время в соответствии со сложившимися привычками? Железнодорожники, добавил Гию, уже привыкли к системе времени, которая на пять минут отклонялась от городского времени и была абсолютно скоординирована с 24-часовой системой. Почему бы тогда не попробовать систему двух времен? Подобное смешение недопустимо, отвечал Пуанкаре. Гражданское время было четко связано с долготой. Из-за смешения систем потребовался бы конвертационный коэффициент пересчета, одинаково удобный для любого пользователя¹⁷.

Удобство, конвенция, преемственность. Эти термины возникают вновь и вновь в абстрактных философских рассуждениях Пуанкаре. Но здесь они вписаны в контекст повседневных проблем инженеров, капитанов морских судов, властных железнодорожных магнатов и астрономов. Месье Нобльмер, директор железной дороги Париж — Лион — Средиземное море, приводил следующий пример: предположим, вы покинули свою станцию в 8:45 утра и прибыли в место назначения в 3:24 пополудни. Как долго продолжалась ваша поездка? Надо подумать. Но если перевести эту задачу на язык десятичной системы, путаница между утром и вечером исчезает. Все, что нужно, — это вычитание:

отправление: 8:75
 прибытие: 15:40
 длительность: 6:65

¹⁷ Ibid.

Такое удобство имело значение для общества, культивирующего мобильность¹⁸. моряки, как и комендант Военно-морской школы, видели только преимущества в переходе на десятичную систему времени и долготы. Карты можно было бы легко поправить. Физики также не должны были бы иметь проблем, ведь, по словам коменданта, они достаточно легко приспособились к сантиметрам, граммам и секундам¹⁹.

Перевести время в десятичную систему — нет ничего проще? Но физики смотрели на это иначе. Когда президент Французского физического общества Анри Беккерель в начале апреля 1897 г. получил подобное предложение, он не испытал большой радости. Даже если оставить в стороне огромные затраты на перевод всех часов, морских хронометров, маятников и наручных часов на десятичное время, физики видели опасные последствия для электротехнической промышленности и связанных с ней отраслей. Ведь только в 1881 г. система «сантиметр — грамм — секунда» (CGS) была принята на международном уровне, и только в апреле 1896 г. президент Французской республики постановил, что рациональная система мер CGS должна повсеместно использоваться в государстве. Излишне говорить о том, что один из краеугольных камней новой рациональной системы — шестидесятеричная секунда (1/3600 часть часа) — теперь находился в противоречии с возрождением десятичной системы. Мало того что предлагаемая десятичная секунда (1/10 000 часть часа) совершенно изменила бы механические и электрические единицы тока, мощности и т.п., ревизии также подверглись бы все определяемые через них практические единицы (амперы, вольты, омы и ватты). «Что за беспорядок воцарится в научной практике и во всей механической и электротехнической промышлен-

¹⁸ Noblemaire to President Loewy, 6 March 1897 // Commission de décimalisation du temps. 3 March 1897. P. 5.

¹⁹ Bernardières to Monsieur le Président du Bureau des Longitudes, 1 March 1897 // Commission de décimalisation du temps. 3 March 1897. P. 7.

ности!» Все инструменты должны быть изменены. «Что за огромные расходы без всякой прибыли для науки и для промышленности!» Если взвесить преимущества и недостатки, по мнению физиков, стрелка весов однозначно укажет на статус-кво: сохранить старую секунду. Для физиков вопрос был ясен с самого начала²⁰.

Эти жалобные возгласы физиков не тронули Пуанкаре. Точнее, несмотря на ожесточенные протесты общественности, навигаторов и ученых, Пуанкаре вообще отказался участвовать в публичных обсуждениях, предлагая вместо этого решение, достойное политехника-новатора. 7 апреля 1897 г. Пуанкаре представил комиссии подготовленную им таблицу с указанием систем отсчета, с необходимыми мультипликаторами (исключая коэффициенты для десяти) для выражения углов, для преобразования времени в углы, для выражения долготы (преобразования градусов в часы вращения Земли), а также для преобразования углов из прежней 360-градусной системы в новую десятичную. Например, для того чтобы выразить угол полуторной окружности (1,5 оборота Земли) в системе с делением в 100° , преобразующий коэффициент не требуется вовсе: как только учитывается десятичность системы отсчета, у вас тут же появляется ответ: 150° . Не нужно никакой интеллектуальной акробатики: множитель только 1. Для системы с делением в 400° 1,5 окружности будет соответствовать 600° ; чтобы перейти от 1,5 к 6 в этих 600 (умножение на 100 не требует сверхъестественного умственного напряжения), нужно умножить на 4. Во второй колонке рассказывается, как переключиться с частей окружности на время: если вся окружность равна 100° , нужно умножить на 24, для того чтобы получить часы — 100° равны полному 24-часовому дню. Если размер окружности составляет 400° , для того чтобы получить часы,

²⁰ Бюро Французского физического общества — министру торговли, с одобрения Совета общества, 22 апреля 1897 г.; воспроизводится в: *Janet. Rapport sur les projets de réforme*. 1897. P. 10.

нужно умножить на 6. Наконец, для того чтобы вернуться к старой 360-градусной системе, нужно (для окружности в 400°) умножить на коэффициент 9, в то время как окружность в 100° требовала бы умножения на 36.

Пуанкаре как хороший технократ просканировал таблицу, чтобы найти наипростейшие преобразующие коэффициенты. Только система с делением в 400° не требовала двузначного умножения. Итак, Пуанкаре нашел объективно наименее «неудобное» решение, которое он радостно отстаивал под возмущенные выкрики несогласных с пересмотром сложившейся практики вычисления углов²¹.

<i>Деление окружности на градусы</i>	<i>Коэффициент для угла, большее, чем окружность</i>	<i>Коэффициенты для преобразования в часы</i>	<i>Коэффициенты для преобразования в 360-градусную систему</i>
100	1	24	36
200	2	12	18
400	4	6	9
240	24	1	15
360	36	15	1

В таблице Пуанкаре выделен случай деления окружности на 400 частей.

Источник: *Poincaré. Rapport sur les résolutions de la commission chargée de l'étude des projets de décimalisation du temps et de la circonférence. 7 апреля 1897 г. Архив Парижской обсерватории.*

Это означало достигнутое инженерным гением примирение в общественной, экономической и культурной войне всех против всех. Как только пыль осела, враждующие групп-

²¹ В дополнение к упомянутому коэффициенту 4 деление круга на 400° требует также коэффициента 6 для преобразования его в 24 часа (24, разделенное на 400, дает коэффициент 6); заключительный коэффициент 9 требовался, когда необходимо было преобразовать старый угол в новый. Сама таблица воспроизводится в: *Poincaré. Rapport sur les résolutions. 1897. P. 7.*

пировки снова перешли в наступление: одни придерживались 24-часового деления дня, другие расщепляли час на 100 минут, а каждую минуту на 100 секунд²². Эти полумеры не возмутили капитана Гию. Капитаны морских судов, как сухо заметил он, всегда были приучены читать сложнейшие таблицы. То обстоятельство, содержали ли таблицы простые или сложные преобразовательные коэффициенты, на его взгляд, было незначительным. В конечном счете комиссия раскололась почти на столько же фракций, сколько в ней было членов. Один лагерь лоббировал деление окружности на 400° , другой настаивал на делении на 240° , а третий (физики, моряки и телеграфисты) предпочитали традиционное деление на 360° дополнительным десятичным делением. Астроном Фай противился всем этим предложениям, требуя деления окружности на 100° .

В разгар споров вокруг децимализации Пуанкаре и его союзники пытались оставаться над схваткой, рассматривая конкурирующие системы с максимальной беспристрастностью. Как секретарь и член комиссии в одном лице, Пуанкаре прилежно протоколировал свое собственное мнение, полностью соответствующее его взглядам на унификацию гражданского и астрономического времени: все эти «...системы приемлемы, и нужно выбрать ту из них, которая будет иметь наибольшие шансы на успех на международном конгрессе». Заручившись поддержкой президента, команда Пуанкаре одержала победу в голосовании: единицей угла был признан «градус», т.е. $1/400$ часть окружности. Это решение, хотя и было подтверждено на одном из последующих заседаний, тем не менее, не положило конец дебатам. Некоторые из членов комиссии возмутились: главный инженер Французской гидрографической службы протестовал в своем докладе против невероятно обременительной задачи перепеча-

²² Система Сарротона представлена в: *Sarrauton. Heure décimale*. 1897 (научное предложение Сарротона было внесено в апреле 1896 г.).

тывания 3000 карт (не говоря уже об инструкциях, таблицах и ежегодниках), выпущенных его ведомством. Кроме того, весь инструментарий навигаторов за одну ночь оказался бы устаревшим. Морьякам также придется выкинуть в морскую пучину свои хронометры, маятники, наручные часы, теодолиты и секстанты. Другой несогласный утверждал, что лавирование комиссии между взаимоисключающими интересами приведет к наспех скроенному компромиссу, который разочарует общественность. Корню уверял, что существует одна-единственная рациональная система: предложенная реформа не является ни смелым, рациональным шагом в будущее, ни безопасным отступлением к статус-кво. С точки зрения Леви, радикальные поборники десятичной системы упустили из виду один важный момент: новая система отрезала множество иррациональных и сложных кусочков конгломерата, который в своем историческом бриколаже не имел смысла. На данный момент нельзя предложить ничего лучшего. С результатом 12 — «за», 3 — «против» победил либеральный компромисс частичной реформы Пуанкаре и Леви²³.

Голосование не заставило умолкнуть дебаты по поводу измерения времени, которые позднее, в 1897 г., переместились на страницы журнала Корню и Пуанкаре *L'Eclairage Electrique*. Явно недовольный компромиссным решением комиссии, Корню заявил, что «нестабильное и разделенное большинство» сформулировало решение, которое столкнется с большими трудностями на пути к повсеместному признанию. Еще до того как комиссия завершила свою работу, сказал он, возникли возражения со стороны Французского военно-морского флота и Военной географической службы, поскольку повседневные расчеты для флота не особенно бы упростились, а Географическая служба фактически откатилась бы назад. Согласно Корню, децимализация

²³ Commission de décimalisation du temps. 7 April 1897. P. 3.

времени была более трудным делом, чем децимализация пространства. Реформа длины была обусловлена переплетением трех факторов: она содержала ясные преимущества для большинства, не сулила серьезных неудобств тем, кто не был непосредственно заинтересован в ней, и хорошо встраивалась в общественный энтузиазм по созданию единой меры длины. Каждый был рад избавиться от торговой путаницы, которая господствовала на государственных, областных и коммунальных границах. Корню не ожидал подобного ликования по поводу столь несовершенной реформы времени²⁴. Он настаивал, что децимализировать надо день, *естественную* единицу времени, — а не абсолютно искусственно установленный час. Если принять день за базовую единицу, то сотая часть дня составит примерно четверть часа, а сотысячная часть дня равнялась бы 0,86 секунды старого образца. Это была бы в высшей степени удовлетворительная единица времени, поскольку она в точности соответствовала типичному сердцебиению взрослого человека, нашей «естественной» маленькой темпоральной единице.

Но «интересы важнее логики», сурово заметил Корню, и ничто не поддержит логичную реформу, которая привнесла бы порядок в обращение со временем. Сегодня в мире времени *не* царит хаос, как это имело место в сфере пространственных измерений до метрической реформы. В определенном смысле время уже было унифицировано между странами — в отличие от длины до введения метра. И в такую совершенно невосприимчивую среду, заявлял Корню, комиссия по времени вбрасывает безнадежно запутанный компромисс, который санкционировал абсолютно искусственное число — 24 часа в сутках — и децимализацию бесполезного часа. Десятичные дроби часа неестественны, утверждал Корню: сотая, тысячная и десятитысячная части часа были тождественны 36, 3,6 и 0,36 секунды соответственно.

²⁴ *Cornu*. La Décimalisation de l'heure. 1897.

Это ничего не давало; астрономические часы не могут идти с интервалами, соответствующими этим единицам времени: 3,6 секунды были слишком длинными для маятника, а 0,36 — слишком короткими. Корню, годы положивший на создание и обслуживание своих собственных астрономических часов с массивным маятником, пошел в атаку: секунда — особый ритм человеческого организма. Не только наш пульс бьется в секундном такте, но мы также затрачиваем примерно десятую долю секунды на зрительное или акустическое восприятие, что лишний раз подтверждает ценность временной единицы, приблизительно соответствующей биению сердца. Согласно Корню, тело, существующие часы и Солнце — все это противится децимализации часа. Корню приводили в отчаяние другие компромиссные предложения комиссии. Если час должен быть сохранен (против чего он выступал), тогда логичное деление земного шара должно составлять 240 градусов, для того чтобы каждый час вращения Земли соответствовал бы смещению на 10 градусов. Уже здесь комиссия допустила промашку, деля окружность Земли на 400 частей, поскольку 400 частей не делились без остатка на 24 часа. Даже географы получили бы мало пользы при расчете долготы. С точки зрения Корню, эта реформа по децимализации единственно подлинного естественного периода времени провалилась благодаря отказу считать день базовой темпоральной единицей нашей жизни: «...ученые мужи должны <...> подготавливать будущее не при помощи компромиссов, но путем постепенного введения [децимализированного дня и окружности] в те области, в которых они действительно необходимы»²⁵.

После публичной атаки со стороны своего друга и наставника на компромиссное решение Пуанкаре был вынужден дать публичный ответ, не в последнюю очередь потому, что компетентность его комиссии была поставлена под во-

²⁵ *Cornu*. La Decimalisation de l'heure. 1897. P. 390.

прос. Как и Корню, он признавал наличие конкурирующих интересов. В отличие от Корню, однако, Пуанкаре видел в подобном разногласии мандат на решительное и эффективное урегулирование ситуации. Как всегда, он стремился к прогрессивному среднему пути инженера, избегающего как революции, так и реакции. Сущностный момент, с его точки зрения, состоял в уничтожении таких чудищ, как 8 часов 25 минут 40 секунд или $25^{\circ} 17' 14''$. По его мнению, принципиальным моментом было принятие *любой* десятичной системы.

Как точно знал Пуанкаре, физики (т.е. инженеры-электрики) уже покинули зал. Теперь он осторожно пытался вернуть их обратно. Несомненно, они преувеличивали неудобство десятичной системы. Если бы они только прочитали доклад, они бы перешли на его сторону (вероятно, думал Пуанкаре). Поэтому он начал цитировать отрывки из своего доклада. После стольких лет борьбы за создание приемлемой системы электрических единиц стало ясно, что электрики не могли так легко отказаться от нее прямо сейчас. Но он побуждал их быть благоразумными. Для любых практических целей всякое измерение — это просто сравнение одной вещи с другой: одного времени с другим временем, сопротивления тока в одной цепи с сопротивлением тока в другой цепи. В любой практической операции нет необходимости возвращаться к определению лежащей в основе единицы. Кладовщик измеряет полотно, и ему нет дела до того, что метр — это сорок миллионная часть земного меридиана. Только так называемые абсолютные единицы будут затронуты реформой. (Абсолютная единица электрического тока, например, была определена не в отношении к какому-то особенному материалу, но посредством отождествления ампера с силой тока, при которой два параллельно тянущихся в метре друг от друга бесконечно тонких стержня будут отталкиваться с определенной силой.) По сути, подытожил Пуанкаре, пусть англичане беспокоятся

о естественной теологии абсолютов; именно удобство, а не божественное произволение, имеет решающее значение.

Пуанкаре настаивал, что физики жалуются по пустячному поводу. Действительно, старые шестидесятиричные часы с их 60 секундами и 60 минутами как небо и земля отличаются от новых обсерваторских часов, показывающих сантиметрочасы (сотые часов, равные 36 секундам). Ну и что? Хронометры нужны только для указания интервалов времени, и притом очень маленьких. Нет просто никакой необходимости ориентировать их на определенное время дня. Но доведем мысленный эксперимент до предела. Представьте, продолжал Пуанкаре, что принятая астрономами десятичная система была настолько подхвачена обществом, что на свете не осталось ни одних часов с привычной секундной стрелкой. Много ли неудобств испытали бы те физики, кто хотел бы определить абсолютное значение электрического сопротивления (Ом)? Они должны были бы умножить на 36. «И ради них, для того чтобы избежать этой операции, мы ежедневно навязываем утомительные расчеты тысячам мореплавателей наряду с миллионами школьников и бывших школьников?» Что мы делаем чаще — определяем абсолютное значение электрического сопротивления, фиксируем наше положение в море или складываем два угла или два времени? В итоге Пуанкаре обвинил физиков в том, что они блокируют прогресс для астрономов и общества только потому, что они — физики — не извлекают пользу. По мнению же Пуанкаре, хоть какой-то прогресс был лучше, чем его полное отсутствие. Если единицы различались в астрономических трактатах и книгах по электротехнике, это была малая плата за избавление мира от абсурдности наличия трех различных единиц исчисления в рамках одного числового показателя как, например, 8 часов 14 минут 25 секунд²⁶.

²⁶ Poincaré. La décimalisation de l'heure. 1897. P. 678, 679.

Несмотря на огромный объем работы, проделанный комиссией времени Пуанкаре, ее деятельность неожиданно застопорилась. Обнаружив открытую иностранную враждебность к идее подобной реформы времени, Министерство иностранных дел сообщило Бюро долгот в июле 1900 г., что государство не готово поддержать этот проект. Через сто лет революционная борьба за рационализацию времени закончилась²⁷.

Несмотря на то что проигрыш в борьбе за децимализацию времени был предрешен, многие члены комиссии Пуанкаре страстно спорили о часовых поясах и распределении времени. Например, Сарротон (который никогда не чурался открытой полемики) нацелил свои орудия на систему часовых поясов. Он отправил по почте персонально Леви в Бюро долгот 25 апреля 1899 г. один из своих язвительных обзоров, посвященных часовым поясам. Текст начинался, как, впрочем, и многие другие по этой теме, с дани уважения железным дорогам и кабелям: «Поверхность земного шара пересекают поезда, движущиеся по рельсам, быстроходные суда, полные пассажиров и товаров, а также наземные и подводные телеграфные линии, новости циркулируют со скоростью света <...>. Поверхность планеты в каком-то смысле “сжежилась”». Часовые пояса синхронизированных часов были определенным ответом, но, конечно, не *эти английские* временные часовые пояса.

Сарротон требовал, чтобы клиновидные сегменты координированного времени Земли были высвобождены из цепких когтей Британской империи. Его гнев был вызван «законом Буденута», который предписывал перевести парижское время на 9 минут и 21 секунду назад: «Это как раз время Гринвича, английский меридиан; скоро “Франция пойдет на поводу у Англии” и случится коллапс метриче-

²⁷ Note pour Monsieur le Ministre. 29 November 1905. Paris. Archives Nationales. F/17/2921.

ской системы!»). К счастью, существовала альтернатива — закон Гузи и Делона, который намного лучше распоряжался часовыми поясами, децимализацией и давно потерянным нулевым меридианом: он делил час на 100 минут, минуту — на 100 секунд, устанавливал гражданское время 24 часовых поясов и отсчитывал долготу от Берингова пролива начиная с 1 января 1900 г. «Это стало бы имплементацией системы десятичных единиц. Франция реализовала бы одну из наиболее важных реформ современности и утвердила бы свое доминирующее положение в мире в научных вопросах. Мы стоим на перепутье, и эти два законопроекта означают два пути, открывающиеся перед нами. Мы должны выбрать»²⁸. Несмотря на определенные преимущества для рациональной Франции, законопроект Гузи и Делона не прошел. Франция одобрила Гринвичский меридиан 9 марта 1911 г.

В этих ожесточенных дебатах о часовых поясах, децимализации и нулевом меридиане временные конвенции охватывали такие сферы, о которых мы склонны были думать как о далеких друг от друга. Законы, карты, наука, промышленность, повседневная жизнь и наследие Французской революции — все переплелось воедино, вовлекая ведущих представителей французского технического, интеллектуального и научного истеблишмента. В Бюро долгот философская мечта Пуанкаре о «конвенциях» и «удобстве» натолкнулась на повседневную практику навигаторов, электриков, астрономов и железнодорожников. Как раз перед тем как Пуанкаре опубликовал «Измерение времени» в 1898 г., физическое, конвенциональное и координированное время столкнулись друг с другом в бурных спорах, которые были совершенно абстрактны и в то же время абсолютно конкретны.

²⁸ *Sarrauton*. Deux Projets de loi (адресовано Леви в Бюро долгот). 25 April 1899 // Observatoire de Paris Archives. 1, 7, 8.

О ВРЕМЕНИ И КАРТАХ

Если в 1897 г. Бюро долгот было целиком и полностью занято проблемой установления децимализированного времени, то вскоре оно столкнулось с еще более актуальным и сложным вызовом — проектом по синхронизации и картографированию времени. Уже в 1885 г. Министерство военно-морского флота поставило перед Бюро долгот задачу определить точные координаты Дакара и Сен-Луи в «нашей колонии» в Сенегале²⁹. По причине долгой и кропотливой работы доклад по Сенегалу вышел только в 1897 г. и попал в руки Пуанкаре как раз перед тем, как он дописал «Измерение времени» и занял пост руководителя Бюро.

Картографирование «нашей колонии» было отнюдь не простой задачей. К 1865 г. губернатор Луи Федерб аннексировал сенегальские регионы Волофа и Кайор, что позволило колонизаторам, хоть и с перебоями, расчистить дорогу от Сен-Луи до полуострова Кабо-Верде. К 1885 г. колониальное правительство имело железнодорожное сообщение, соединяющее Сен-Луи и Дакар.

Но прокладывание железнодорожных путей не остановило ожесточенного антиколониального сопротивления. Французские войска, сражавшиеся в то время на востоке и юге, никогда полностью не могли подавить восстания. Мятежи продолжались и накануне Первой мировой войны. В разгар этих колониальных баталий сотрудники Бюро долгот работали бок о бок со сражающейся армией, чтобы зафиксировать координаты двух важнейших городов Сенегала, в частности, расширить картирование вглубь колонии. У французского колониального проекта были еще более грандиозные амбиции. После определения точных координат Дакара французские власти намеревались расширить свою кабельную систему от этого порта вниз по всему западному побережью Африки до мыса Доброй Надежды. Долго-

²⁹ *La Grye, Pujazon, Driencourt. Différences de longitudes. 1897. A3.*



Рис. 4.1. Одновременность, установленная посредством кабельного сообщения: Париж, Кадис, Тенерифе и Дакар

Подводные кабели были широко распространены в конце XIX в. Геодезисты использовали каждую возможность, для того чтобы транслировать сигналы через океан посредством телеграфа. Французское Бюро долгот пользовалось британскими и испанскими подводными кабелями, чтобы получать временные сигналы из обсерваторий в Кадисе (Испания) через Тенерифе и затем пересылать их в Дакар.

Источник: *Saint-Martin, de. Atlas Universel. 1887.*

та, железнодорожные пути, телеграф и синхронизация времени подкрепляли друг друга. Каждый из этих элементов представлял определенный аспект новой глобальной сети.

К тому времени, когда экспедиция Дакар — Сен-Луи отправилась из Бордо, Бюро долгот уже дотянуло свои телеграфные провода до обсерватории Сан-Фернандо в Кадисе (около 50 миль к северо-западу от Гибралтара). Там француз-

зы использовали оставшееся от британцев кабельное сообщение с обсерваторией Тенерифе — Тенерифская обсерватория только недавно была соединена кабелем с Сенегалом (рис. 4.1). Один час каждый вечер кабель находился в распоряжении астрономов.

Для Франции, как и для всей континентальной Европы, аренда кабельного времени у британцев была в порядке вещей. Контролируя подавляющее большинство подводных кабелей по всему миру, британцы выступали посредниками в информационном обмене между Францией и ее колониями повсюду, кроме Северной Африки. Одни лишь кабельные сообщения Тенерифе — Сенегал, Западная Африка, Сайгон — Хайфон и Обок — Перим стоили Франции почти 2,5 млн франков ежегодно, которые выплачивались скрепя сердце соперникам-империалистам — британцам. Недовольство подобной зависимостью медленно и болезненно тлело в сердце французского истеблишмента. В 1880-х и 1890-х годах французские военные, коммерсанты и журналисты были серьезно раздражены доминированием британских систем коммуникации. Однако Национальное собрание блокировало одну за другой доморощенные инициативы по развитию кабельного сообщения: первый случай в 1886 г. касался соединения Реюньона и Мадагаскара, Джибути и Туниса; другой, в 1887 г., предполагал прокладку кабеля от французской Западной Индии до Нью-Йорка, а третий, в 1892–1893 гг., — от Бреста до Гаити³⁰.

Так же, как французские власти зависели от британских кабелепрокатных фирм, они нуждались в испанской благосклонности. Сесильон Пюжазон, астроном из Сан-Фернандо, предложил свою обсерваторию в качестве ретрансляционной точки, передающей сигнал из Парижа через Тенерифе в Сенегал. 15 марта 1895 г. измотанные путешествием астрономы прибыли на пароходе Трансатлантической компании Orenoque в Дакар. Губернатор Сеньяк-Лесепс немедленно

³⁰ *Headrick. Tentacles. 1988. P. 110–113.*

передал в их распоряжение своих подчиненных. Капитан артиллерии, командующий Дакарским гарнизоном, предложил услуги рабочих и местных каменщиков и разместил ученых в офицерских столовых, поскольку в округе не нашлось (по словам главного астронома) приличной гостиницы. Главный астроном потом с ужасом отмечал, что пассажиры спали на соломенных подстилках, как туземцы.

Помощь картографической команде со стороны военных не ограничивалась едой и кровом (рис. 4.2). Астрономы Бюро долгот разместились на блокпосту форта на окраинах Кабо-Верде, который служил для защиты угольного парка и рейда. Толстые бетонные стены, предназначенные для защиты от артиллерийских атак, позволяли астрономам устанавливать маятник в защищенном помещении бункера и поддерживать стабильную температуру, что было абсолютно необходимо в условиях страшной жары Дакара. Установив свой пассажный инструмент вне блокпоста, астрономы смонтировали коллиматор на бруствере пушечной батареи. Спустя пять дней, 20 марта, команда отправилась в Сен-Луи. Там, после приветствия адъютанта губернатора «в политическом центре нашей колонии», они принялись за сооружение новой станции³¹.

Специальный губернаторский указ запрещал нарушать покой и герметичность рабочих мест во время наблюдений (шаги могли повлиять на движение маятника). Для нескольких туземцев все же сделали исключение, но передвигаться они должны были без повозок, босиком и по песку. Наблюдения проводились с 26 марта по 11 апреля 1895 г.; команда запустила свои первые сигналы в Дакар 29 апреля, а в Сан-Фернандо 2 мая.

Не все шло гладко. Река, текущая с севера на юг, затрудняла определение меридиана Сен-Луи. Хотя на берегу и не было препятствий, невозможно было расположиться посре-

³¹ *La Grye, Pujazon, Driencourt. Différences de longitudes. 1897. A6.*

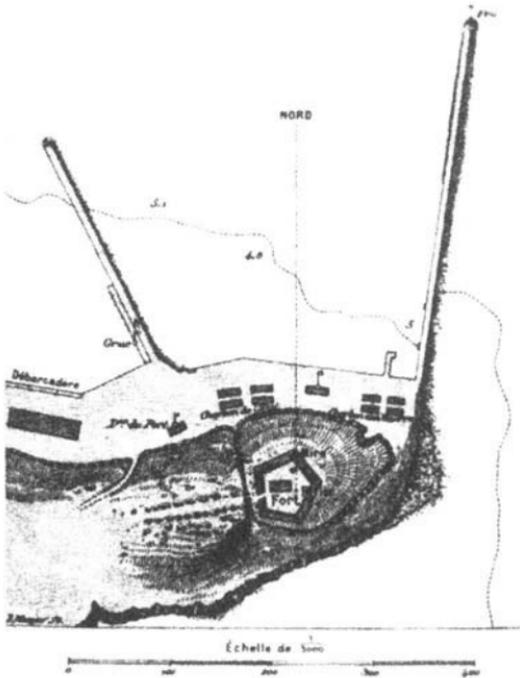


Рис. 4.2. Измерение Дакара

Как для британцев и американцев, так и для французов военная инфраструктура была чрезвычайно тесно переплетена с геодезической работой. В Дакаре французская геодезическая экспедиция использовала каждую возвышенность жизненно важных угольных складов форта, для того чтобы определить фундаментальные долготные координаты колонии.

Источник: *Annales du Bureau des Longitudes*. 1897. Vol. 5.

ди потока, чтобы устремить взор на север по направлению к Полярной звезде. Вдобавок «мародеры» начали воровать любой металл, оставленный без присмотра, включая, почти ежедневно, стержни, использовавшиеся для астрономического коллимирования.

260 километров проводов, которые соединили Дакар с Сен-Луи, были протянуты по покрытым кустарниками равнинам Кайора с помощью весьма примитивных средств на глазах у

местного населения, которое было весьма враждебно настроено по отношению к нам и практически вело открытую войну против нас. Провода постоянно перерезались, телеграфные столбы так часто сбивались и затем снова переустанавливались, что нельзя говорить о нормальных условиях работы. К этому нужно добавить, что на закате роса была настолько обильной, что телеграфные столбы стояли все мокрые. И там, где хватало обычно пяти изоляторов, [как во Франции], даже 70 не могли сгенерировать и тени электрической волны³².

И даже когда сигнал прошел вдоль железнодорожных путей Сенегала, сообщение между Санта-Крус (Тенерифе) и Сан-Фернандо было приостановлено по причине того, что во время решающих ночей наблюдения испанские наземные линии были задействованы в активных информационных обменах в ходе парламентских выборов. Затем последовала коррекция. Были внесены обычные поправки на температурные колебания; были сделаны поправки на «индивидуальную невнимательность», на характерные психофизиологические задержки каждого отдельного наблюдателя, сигнализировавшего о пересечении звездой меридиана. Были также поправки на поведение тонких зеркал, что регистрировали прибытие сигнала. Под конец, после удвоения веса одного комплекта наблюдений и коррекции различного рода инструментальных и человеческих ошибок, команда установила долготу Сан-Фернандо — Сен-Луи на отметке 41 минута 12,207 секунды³³. Не желая упускать возможность редкого пароходного сообщения между Дакаром и Тенерифе, астрономы приказали матросам быстро погрузить свои инструменты для отплытия в Париж. Их доклад для Бюро долгот был опубликован в 1897 г.

К тому времени как сенегальский доклад увидел свет, французско-британские отношения вновь испортились. Поводом к этому был спор вокруг колоний. Многие разногла-

³² *La Grye, Pujazon, Driencourt. Différences de longitudes. 1897. Цит. по: A84.*

³³ *Ibid. A135–A136.*

сия касались телеграфных кабелей. Британские кабельные компании отказались принимать на работу иностранцев и могли читать все французские информационные сообщения между Парижем и Дакаром или Сайгоном еще до того, как французские власти получали их на руки. На заседании по выработке «Международной конвенции по охране подводных телеграфных кабелей» 1885 г. Великобритания настаивала на правах воюющих стран разрывать телеграфные линии своих противников — очевидное преимущество для страны, владевшей 24 из 30 сохранившихся кабельных судов. В 1898 г. напряженность была практически на грани войны. Спеша взять под контроль часть Нила в Судане, капитан французской эскадры Маршан был в шаге от применения военной силы; но в то время как британские войска оставались в продолжительном контакте с Лондоном, французский кабель необъяснимо затих. Только когда французский губернатор в Дакаре распорядился зарядить пушку (там, где только что побывали сотрудники Парижского бюро долгот), кабель волшебным образом ожил³⁴.

Но долготный конфликт между французской и британской столицами не прекращался и не мог быть урегулирован политическими средствами. Пока Бюро долгот продолжало беспокоиться о том, должны ли французские часы быть установлены по гринвичскому времени, астрономы шли от одних фундаментальных вопросов к другим: где располагался Париж по отношению к Лондону, или, точнее, насколько восточнее располагалась Парижская обсерватория по отношению к Королевской обсерватории? Еще в июле 1825 г. два соперничающих государства пытались решить эту проблему путем запуска ракет из Ла-Манша, используя взрывы для синхронизации времени. Затем в 1854 г. Леверье и сэр Джордж Эйри пытались снова определить это различие посредством телеграфа, остановясь на значении 9 минут и 20,51 секунды.

³⁴ *Headrick. Tentacles. 1988. P. 115–116.*

К сожалению, тот консенсус рухнул в 1872 г., когда Американская береговая телеграфная компания начала прокладку трансатлантического кабеля. Тогда было определено, что Париж располагается приблизительно на полсекунды дальше от Лондона — в 9 минутах и 20,97 секунды. Полсекунды было слишком большой погрешностью для любого, кто вступал в эру сотых, если не тысячных, секунды, так что в 1888 г. королевский астроном вместе с генералом Перье (директором Географической службы французской армии) и адмиралом Муше (директором Парижской обсерватории) решили еще раз объединить усилия, для того чтобы разделаться с этим вопросом (как они надеялись) раз и навсегда.

Назначив двух наблюдателей от каждой стороны, астрономы планировали проводить измерения плечом к плечу. Француз и англичанин стояли буквально бок о бок, одна пара в Англии и одна во Франции. В их распоряжении находилась одна телеграфная линия, они путешествовали вместе туда и обратно через Ла-Манш и координировали свои измерительные процедуры вплоть до устранения мельчайших индивидуальных ошибок. Они даже делили между собой лампу на электрическом аккумуляторе, чтобы избежать ненужного тепла, которое могло бы повлиять на работу инструментов. В Монсури французские и английские инструменты стояли на пирсах в 20 футах друг от друга. Между тем результаты вызывали тревогу:

английское долготное различие между Парижем и Лондоном:

9 минут и 20,85 секунды

французское долготное различие между Парижем и Лондоном:

9 минут и 21,06 секунды

Пятая доля секунды. Все еще слишком много. В 1892 г., когда Пуанкаре был избран постоянным членом Бюро долгот, после нескольких лет переговоров команды еще раз смонтировали провода своих телеграфов. Астрономы вновь закрепили свои инструменты на каменных пилонах, запустили

электрические волны и начали кропотливо сверять результаты. К их огромному смущению, результаты не стали более гармоничными, чем в 1888 г. Две величайшие европейские обсерватории, которые претендовали на картографирование всего мира, не могли договориться о своем собственном расположении в пределах одной пятой секунды. В очередной раз французы обнаружили большее расстояние между Парижем и Лондоном, чем британцы. Этот телеграфный временной кризис, наконец, достиг апогея в 1897–1898 гг., во время президентства Леви, а затем Корню в Бюро долгот. Парижская обсерватория совместно с Международной геодезической конференцией настаивала, что обе обсерватории должны стабилизировать европейскую карту посредством точного временного обмена³⁵.

Очевидно, проблемы конвенций не ограничивались отдаленными горизонтами геометрии или философии, скорее, они были повсеместными. Конвенции касались нулевого меридиана, децимализации времени, подводных кабелей, картографирования — даже относительного расположения Парижа и Лондона. Повсюду, куда бы мы ни бросили взгляд из Бюро долгот в 1897–1898 гг., международные соглашения в мире пространства и времени казались неизбежными.

В этом контексте «Измерение времени» Пуанкаре совершенно не воспринимается как чисто метафизический трактат. Во-первых, вычисление парижского времени из удаленного места (будь то Лондон, Берлин или Дакар) было не абстрактной проблемой для Парижского бюро долгот в 1897 г., а одной из наиболее актуальных практических задач реальной картографической экспедиции. Во-вторых, 1897 г. ознаменовал собой серьезное обострение долгой войны за конвенциональную децимализацию: дебаты, в которые Пуанкаре был вовлечен непосредственным образом.

³⁵ Обсуждение парижско-лондонской долготной кампании можно найти в: *Christie. Telegraphic Determinations*. 1906. V–VIII. P. 1–8. О желательности переопределения см.: *International Geodetic Conference. Paris, 1898*.

Словом, в 1897 г. более, чем когда-либо, именно Бюро долгот было ответственным за точность измерений одновременности, что позволило бы расширить уточненную карту мира относительно мраморного пилона Монсури.

Действительно, когда Пуанкаре провозглашает в «Измерении времени», что одновременность должна быть понята как конвенция, важно понимать это заявление буквально. Синхронизация удаленных часов посредством наблюдения за астрономическими событиями была стандартной практикой для французских, немецких, британских и американских геодезистов. Движение Венеры, покрытие звезд Луной, солнечные затмения и затмения спутников Юпитера были полезными событиями, для того чтобы установить часы (хотя и неточно) на удаленных колониальных берегах. Будучи к 1897 г. членом Бюро уже четыре года, Пуанкаре прекрасно знал, что координация часов посредством астрономических наблюдений по многим причинам отставала от координации посредством телеграфа как наиболее точного стандарта одновременности.

Вместо этого — и это решающий момент — Пуанкаре использовал долготные координаты, определенные посредством телеграфа, в качестве основы для установления одновременности между удаленными пунктами. Он настаивал в самых знаменитых строках своего сочинения, что в ходе синхронизации часов *необходимо* учитывать время передачи сигнала. При этом сразу же добавлял, что эта небольшая поправка мало что дает для практических нужд. Он также отмечал, что расчет точного времени передачи электрического сигнала — очень сложное дело. Позднее, в 1892–1893 гг., Пуанкаре преподавал теорию телеграфной передачи электрического сигнала и рассматривал экспериментальные исследования, которые измеряли скорость электрической передачи в железных и медных проводах. Этот интерес не ослабевал. В 1904 г. в серии лекций для *École Supérieure de Télégraphie* он подробно проанализировал «телеграфное

уравнение», сравнив его с другими подходами и отдельно сославшись на физику подводных телеграфных кабелей³⁶.

В практике передачи сигналов заключается ключевой момент нашей головоломки. На первый взгляд может показаться невозможным, чтобы викторианские картографы учитывали время передачи сигнала, когда они со своими электрическими импульсами распространяли одновременность по континентам и океанам. Но нам нужно посмотреть на то, что они делали на самом деле, когда боролись с бесчисленными ошибками, сопутствовавшими их работе. На самом деле в своей коррекции электрокартографы (*electric mappeers*) уже давно принимали во внимание транзитное время, когда синхронизировали часы между Парижем и удаленными районами Соединенных Штатов, Юго-Восточной Азии, Восточной и Западной Африки. Или в прецизионных измерениях долготных координат Парижа и Гринвича. Им не нужно было ждать теории относительности.

Еще в 1866 г., как мы видели, Береговая служба США прилагала огромные усилия для определения долготного различия между Кембриджем, штат Массачусетс, и Гринвичем, Англия, с помощью первого трансатлантического кабеля. Геодезисты исправляли обычные ошибки в такте хода часов и звездных координатах. Они хорошо понимали, что в тот момент, когда телеграфный ключ был нажат в Кале, сигнал еще не регистрировался в Валентии. Этот разрыв был отчасти обусловлен наблюдателями — их реакции не были мгновенными, — отчасти инертностью инструментов. Например, требовалось некоторое время, для того чтобы магнит повернул маленькое зеркальце настолько, чтобы вызвать заметное отклонение светового луча. Эти трудности, которые авторы называли «индивидуальными ошибками при регистрации», могли быть во многом устранены путем измерения этих задержек в контролируемых условиях. Но

³⁶ Лекции 1892–1893 гг. опубликованы в: *Poincaré. Oscillations Electriques. 1894; Poincaré. Etude de la propagation. 1904. P. 454.*

был еще один важный элемент в задержке между передачей и получением — время, которое потребовалось сигналу для пересечения Атлантического океана от Новой Шотландии до Ирландии. В перечне всевозможных ошибок черным по белому значатся зарегистрированные длительности передачи сигналов: 25 октября 1866 г. — 0,314 секунды; 5 ноября — 0,280 секунды; 6 ноября 1886 г. — 0,248 секунды³⁷. Или же приглядимся к бесчисленным экспедициям Береговой службы в Мексику, Центральную Америку и Южную Америку. Или к экспедиции де Бернардьера, или к обширной сети телеграфных сообщений между европейскими обсерваториями.

Повсюду геодезисты, имеющие дело с электрическими сигналами, измеряли время, которое требовалось телеграфному сигналу, чтобы пройти по проводам; *повсюду* геодезисты использовали эту поправку на задержку сигнала, чтобы определить удаленную одновременность. Вот как они рассуждали. Для простоты давайте сильно преувеличим время, которое занимает преодоление сигналом определенного расстояния. Пусть это будет, скажем, 5 минут. Предположим, что восточная исследовательская группа посылает сигнал в 12:00 по местному времени своим западным коллегам, расположенным на расстоянии $1/24$ экватора, т.е. ровно в 1 часе на запад (–1 час). По причине не-мгновенного характера передачи сигнала, западные наблюдатели получают сигнал в 11:05 по местному времени. Если бы они забыли учесть 5-минутную задержку, эта наивная западная исследовательская группа пришла бы к выводу, что они находились на долготе, расположенной в 55 минутах западнее (–55 минут) от восточных позиций:

$$\begin{aligned} & (\text{кажущееся различие между востоком и западом}) = \\ & = (\text{реальная разница в долготе}) + \\ & + (\text{время передачи сигнала}). \end{aligned}$$

Здесь –55 минут = –60 минут + 5 минут.

³⁷ Report of the Superintendent of the Coast Survey. 1869. P. 116.

Теперь давайте представим, что происходит с сигналом, идущим с запада на восток. Западная исследовательская группа отправляет сигнал в полдень по местному времени (13:00 по местному времени на востоке). Но к тому времени, когда сигнал прибудет на восток, восточные часы будут показывать не 13:00, а 13:05. Если бы восточные наблюдатели не знали о времени, которое потребовалось для прохождения сигнала, то пришли бы к выводу, что западное локальное время было на 65 минут раньше, чем восточное локальное время (–65 минут). Другими словами, фактическое долготное отстояние будет *короче*, чем будет казаться нашим наблюдателям в случае, если они забудут принять во внимание время передачи сигнала. Это означает:

$$\begin{aligned} & (\text{кажущееся различие между западом и востоком}) = \\ & = (\text{реальная разница в долготе}) - (\text{время передачи сигнала}). \end{aligned}$$

Здесь: –65 минут = –60 минут – 5 минут.

Теперь, если вы сложите результаты предшествующих вычислений (кажущаяся разница восток — запад и кажущаяся разница запад — восток), вы получите удвоенное значение реального долготного различия. Время, требующееся для передачи сигнала в одну и другую сторону (+ и –), аннулируется. И если вы вычтете кажущееся различие запад — восток из кажущегося различия восток — запад, вы получите удвоенное значение времени передачи сигнала: (кажущееся различие восток — запад – кажущееся различие запад — восток) = 2 x (время передачи сигнала). Таким образом,

$$\begin{aligned} & \text{время передачи сигнала} = 1/2 (\text{кажущееся различие} \\ & \text{восток — запад} - \text{кажущееся различие запад — восток}). \end{aligned}$$

Этот простой способ для расчета времени передачи сигнала представляет собой часть процедурной мантры каждой удаленной геодезической группы в мире: в Вест-Индии, в Центральной Америке, в Южной Америке, в Азии и в Африке. Конечно, странствующие астрономы Бюро долгот уже

давно использовали его, когда перевозили свои деревянные лачуги для наблюдений с места на место — между Гонконгом и Хайфоном или Брестом и Кембриджем. Телеграфные картографы увидели, осмыслили и высказали с абсолютной ясностью, что время передачи телеграфного сигнала *должно* быть принято во внимание, чтобы установить точную одновременность и, следовательно, долготу. Если бы Пуанкаре *не* знал об этом около 1898 г., тогда мы должны были бы предположить, что он проигнорировал *все* отчеты Бюро долгот, написанные за те годы, что он в нем служил, а также не интересовался реальными практикуемыми методами. Мы должны были бы предположить, что когда в «Измерении времени» он писал: «...давайте смотреть на [геодезистов] в их повседневной практике и искать правила, по которым они исследуют одновременность», он каким-то образом не понимал, что его собственные исследовательские команды (и все прочие: британские, американские, немецкие и швейцарские) делали в течение предыдущей четверти века. А этого не может быть.

Еще в конце 1870-х годов, когда лейтенант де Бернардьер, капитан Ле Клерк и астроном Леви в буквальном смысле стремились присоединить Францию к карте Европы, одним из важнейших звеньев этого процесса была зафиксированная с помощью телеграфа разница долготы между Парижем и Берлином. Речь шла о времени задержки сигнала. Ученые отмечали в 1882 г., что их сигналы «...предрасположены к небольшим искажениям по различным причинам, каждая из которых должна быть принята во внимание и тщательно изучена»: ошибки из-за электромагнитной реакции, потери от трения механических частей, из-за разницы в отстоянии между кончиком подпружинного коромысла и электрическим контактом телеграфного ключа и, наконец, из-за «немгновенности передачи электрического сигнала». Чтобы определить время передачи, в обсерватории необходимо было проделать некоторую работу; астрономы-геодезисты

должны были быть уверены, например, что электрическое напряжение в цепи всегда оставалось одинаковым. Но также должны были быть сделаны некоторые предположения, например, что скорость электрического сигнала одинакова в обоих направлениях. Согласование процедур фиксации времени посредством обмена телеграфными сигналами способствовало тому, что язык конвенций вышел на передний план. Для синхронизации часов между Берлином и Парижем необходимо было подготовить протоколы, заключить соглашения, даже заранее прописать приветствия между сторонами. Как и в случае с метром, конвенции одновременности требовали международных стандартов, подробных соглашений на каждом этапе процесса.

Теперь становится понятно, почему среди заголовков докладов французского Бюро долгот, посвященных проекту «Париж — Берлин», мы находим также «Конвенции, касающиеся обмена сигналами»³⁸. Когда Бюро долгот в 1890 г. наносило на карту Бордо, в списке других исправлений, таких как ошибки маятника и ошибки индивидуальных вычислений, мы, наконец, натываемся на «задержку S передачи электрического сигнала»³⁹. Таким образом, для французской команды в Сенегале учитывать время передачи сигнала электрического импульса было абсолютно рутинным занятием. К 1897 г., как и многие другие телеграфные экспедиции, команда просто применяла обычное правило для расчета времени передачи сигнала: «...разница между этими результатами [кажущееся время Сен-Луи — Дакар и обратно], которая составляет [0,326 секунды], представляет собой удвоенное время, необходимое для передачи электрической волны плюс прочие ошибки»⁴⁰. Как бы то ни было, такие коррективы имеют решающее значение для весьма требовательных

³⁸ *Loewy, Le Clerc, de Bernardières. Détermination des différences de longitude. 1882. A26, A203.*

³⁹ *Rayet, Salats. Détermination de la longitude. 1890. B100.*

⁴⁰ *La Grye, Pujazon, Driencourt. Différences de longitudes. 1897. A134.*

измерений, с которыми имели дело Пуанкаре и его коллеги по Бюро. Геодезисты бились над тем, чтобы элиминировать долготные различия, которые все еще оставались между Парижем и Гринвичем или между Парижем и отдаленными французскими колониями Западной Африки, Северной Африки и Дальнего Востока. Речь при этом постоянно шла о том, чтобы шаг за шагом выровнять задержку времени.

В исторической перспективе становится очевидно, что геодезисты обязаны были учитывать такое время передачи сигнала. В конце концов, они утверждали, что записывают долготу до тысячной секунды (для преодоления 6 тыс. километров световому сигналу требовалось около одной пятидесятой секунды). Электрические сигналы проходят одинаковое расстояние по медному подводному кабелю в несколько раз медленнее, делая коррекцию почти до десятой доли секунды. В мире конца XIX в., когда в высшей степени ценилась картографическая точность, это было слишком много — каждая погрешность в определении долготы в одну секунду означала путаницу в полкилометра между Востоком и Западом.

Замечания Пуанкаре в «Измерении времени» 1898 г. о том, как определить одновременность с помощью обмена телеграфными сигналами, не были, следовательно, надуманными рассуждениями о конвенциональности. Нет, в этом сочинении один из трех академиков, состоящих на службе в Парижском бюро долгот, причем самый известный из них, всего за несколько месяцев до того, как он был избран президентом, рассказывал о стандартной геодезической практике. Повсюду он мог видеть одновременность, функционирующую через активную сеть кабелей Бюро, маятников и мобильных обсерваторий.

Пуанкаре также мог наблюдать, как научные процессы просачивались в философию. Примерно за 12 лет до этого его друг по Политехнической школе, физик-философ Огюст Калинон, призывал его к натуралистическому взгляду на вре-

мя и одновременность. Пуанкаре отозвался благосклонно. Затем, в 1897 г., — именно в тот момент, когда Пуанкаре был наиболее глубоко погружен в децимализацию времени, — Калинон опубликовал новую книгу. В своей 30-страничной работе «Об исследовании различных математических мер» он разоблачал порочный круг наших рассуждений о равенстве длительностей. В сосуд наливается вода, затем выливается через воронку в его основании. Будет ли процесс опорожнения при повторе занимать то же время? Ответ на этот вопрос предполагает независимую меру времени. Но Калинон указал, что тот же самый вопрос тогда возникнет в отношении этой независимой меры: что будет калибровать калибратор? Пуанкаре явно был поражен формулировкой Калинона и процитировал ее в «Измерении времени»: «...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»⁴¹.

Калинон пошел еще дальше, чем указывал Пуанкаре. Он подчеркнул историческую произвольность человеческих временных дифференциаций; сезоны, например, были выбраны не на основе какой-либо научной или метафизической концепции, а для простой практической полезности. Когда ученые вступили в игру, они просто выбрали «простой и удобный» механизм, что, по мнению Калинона, означало, что движения стрелок часов были таковы, что при их использовании формулы движения планет становились настолько «простыми, насколько возможно». Калинон пришел к выводу о существовании неустранимого *выбора* в измерении времени, который должен быть ориентирован на

⁴¹ *Calinon*. Etude sur les diverses grandeurs. 1897. P. 20–21.

удобство: «...в реальности, поддающаяся измерению длительность — это переменная, выбранная из всех возможных переменных величин, посредством которых исследуется движение, потому что она хорошо вписывается в выражение простых законов движения»⁴².

Занимаясь проблемой измерения времени, Пуанкаре в своем общении как с «технарями» (железнодорожниками, электриками, астрономами), так и с кабинетными учеными и философами, принадлежащими пересекающимся коммуникативным кругам в Политехнической школе, постоянно сталкивался с такими понятиями, как «выбор», «удобство» и «простота». Его появившееся в январе 1898 г. «Измерение времени» точно маркирует это пересечение. Мера времени — это конвенция, привязанная к реалиям научного процесса. Однако важно также увидеть, чего *не* было в тексте. «Измерение времени» *не* было исследованием одновременности, которое ставило эту принципиальную коррекцию одновременности во главу угла в физике Пуанкаре. Здесь нет ни одного слова о системах отсчета, электродинамике или теории электрона Лоренца. Как и его полевые геодезисты, в начале 1898 г. Пуанкаре рассматривал электромагнитный обмен как ключ к продвижению обычного, правилообразного подхода к определению одновременности. Так же, как и его коллеги, геодезисты, он рассматривал вре-

⁴² *Calinon*. Etude sur les diverses grandeurs. 1897. P. 23, 26. В своей книге об основаниях физики (*Leçons de mécanique physique*. Paris, 1898. P. 2), законченной 4 сентября 1897 г., бывший политехник Жюль Андрад высказывал ту же мысль («существует бесконечность допустимых часов»). Пуанкаре цитировал эту работу в своем «Измерении времени» в подтверждение того, что когда мы отдаем предпочтение одним часам перед другими, дело в удобстве, а не в том, что одни идут правильнее других. Пуанкаре рассматривает количественное «научное» понятие одновременности, тогда как Бергсон преимущественно рассуждает о качественном опыте времени: *Bergson*. *Time and Free Will*. 1889, 2001. [Рус. изд.: *Бергсон А.* Непосредственные данные сознания. Время и свобода воли. М.: Ленанд, 2014.]

менную задержку в процедуре последовательного определения одновременности просто как еще одну коррекцию, расположенную где-то между инерционной медлительностью вращающегося зеркальца и психофизиологическими особенностями наблюдателей. Но, в отличие от геодезистов, в этой коррекции Пуанкаре видел философски значимый момент. Как и Калинон, Пуанкаре усматривал в измерении времени философский принцип. Но, в отличие от Калинона, Пуанкаре принимал непосредственное участие в координации удаленных часов. Только Пуанкаре располагался на этом пересечении; только он положил обмен электрических сигналов, рутинный физический процесс, в основу философского переопределения времени и одновременности. Соединив мышление электрогеодезистов с мышлением натурфилософа, он добился того, что эта повседневная технология внезапно начала функционировать сразу в обеих областях; в часовой комнате в Монсури и на страницах журнала «О метафизике и морали» (*Revue de Métaphysique et de Morale*).

В диапазоне деятельности Пуанкаре 1897 г. конвенции одновременности были повсюду: никто не стал бы даже претендовать на авторство правила геодезистов для коррекции времени передачи сигнала. Расположенная ниже уровня официальных патентов или авторских научных работ, коррекция временных сигналов геодезистов была частью огромного моря анонимных знаний, которые структурировали их повседневную практику. В более общем плане число конвенций увеличивалось после каждой международной технической конференции, после каждого соглашения о длинах, электричестве, телеграфе, меридианах и времени.

Вспомним слова Пуанкаре о природе физических законов в «Измерении времени»: «...никакого общего правила, никакого строгого правила, [скорее], множество мелких правил, применимых к каждому конкретному случаю». Пуанкаре полагал, что переопределение времени было еще

одной коррекцией охотника за долготой, которая не должна в конечном счете нарушать простоту эпохальных законов Ньютона: «...эти правила не навязываются нам [кем-то свыше], и можно развлекаться, изобретая другие. Тем не менее отклонения от этих правил чреватy чрезмерным усложнением формулировок законов физики, механики, астрономии». Мы выбираем эти правила, настаивал Пуанкаре в часто цитируемом пассаже, не потому, что они верны, а потому, что они удобны. С точки зрения Пуанкаре в 1898 г., это означало сохранение давно устоявшихся законов Ньютона, для которых просто невозможно было представить себе более простую альтернативу. «Другими словами, — заключил он, — все эти правила и дефиниции суть не что иное, как плод неосознанного оппортунизма». В настойчивости Пуанкаре относительно конвенциональности времени мы распознаем отголоски идей, прокатившихся по коридорам и кабелям Бюро долгот и Политехнической школы, — технической Вселенной, в которой дипломаты, ученые и инженеры использовали международные конвенции для управления сталкивающимися имперскими сетями пространства, времени, телеграфов и карт. Этот мир был также миром Пуанкаре, его способом деятельного участия в науке, сильно отличавшимся от способа Эйнштейна.

ЭКСПЕДИЦИЯ В КИТО

В 1898–1900 гг. Бюро долгот и Пуанкаре в качестве его сотрудника принимали активное участие в работе по определению долготы посредством обмена телеграфными сигналами. Спустя несколько месяцев после публикации доклада об установлении долготы в Дакаре и Сен-Луи Бюро приступило к реализации еще одного крупномасштабного проекта — экспедиции в Эквадор. Пуанкаре был задействован здесь как научный секретарь. Обсуждение возможности этой экспедиции началось как минимум в 1889 г. на

Всемирной выставке в Париже. В ходе этой техноярмарки американский делегат предложил Международной ассоциации геодезии определить длину дуги меридиана (длину части дуги меридиана, ограниченную с двух сторон линиями долготы) для лучшего понимания формы Земли. Если Земля расширялась вокруг экватора и сжималась на полюсах (как предсказывал Ньютон двумя столетиями ранее), то продольная дуга, покрывающая, скажем, 5 градусов астрономической широты вблизи экватора, должна быть короче 5-градусной дуги вблизи одного из полюсов. То, что Земля сплюснута, было известно давно, теперь же вопрос состоял в том, чтобы определить форму с подобающей современному времени точностью. Президент Эквадора согласился участвовать в этом проекте, заверив французов в том, что они могут рассчитывать на любую поддержку со стороны его правительства. Пока бюрократы вели согласования в Министерстве обороны, Министерстве иностранных дел и Географической службе вооруженных сил, расходы росли, несмотря на то что важность решения этой задачи никем не ставилась под сомнение⁴³. Эквадорская политика тоже не стояла на месте. С вступлением в должность президента Эквадора 5 июня 1895 г. генерал Элой Альфаро провозгласил светскую либеральную революцию, которая стремилась реформировать каждый сектор общественной жизни. Земля с ее деформациями должна была подождать.

7 октября 1898 г. на Ежегодном международном конгрессе Ассоциации геодезии в Штутгарте американский делегат снова призвал к назревшей переоценке формы Земли путем снаряжения экспедиции в Кито (Эквадор). Буке де ля Гри, делегат от Франции, напомнил собравшимся, что всего че-

⁴³ Note pour Monsieur le directeur, 20 March 1900. Paris. Archives Nationales. F/17/13026. Мартина Скьявон в своем разностороннем исследовании анализирует роль армии, геодезистов, а также ученых-офицеров: *Schiavon. Savants officiers*. 2001. Подробнее об исследовании колониализма и геодезии см.: *Burnett. Masters*. 2000.

тыре года назад полномочный посланник Эквадора одобрил такую экспедицию, но революция 1895 г. вынудила «отложить» эту затею. Американский делегат вежливо признал справедливость этого замечания, но представитель Британии высказался более прямолинейно: все эти устремления прекрасны, но геодезисты должны точно сказать, что можно и что нужно сделать. Лондон потребовал от Франции прояснения позиции относительно необходимости долготных исследований. Де ля Гри был «...убежден, что во Франции благосклонно отнесутся к пожеланию возобновить переговоры о новом измерении дуги меридиана Перу». Наблюдая за тем, как американские геодезисты обмерили весь континент сверху донизу, а также став свидетелями того, как Британия, следуя своим собственным картографическим амбициям, установила практически монополию на подводные кабели, французы прекрасно понимали, что малейшее колебание приведет к тому, что американская Береговая служба перехватит у них эту инициативу. Если бы американцы завладели картой, то, как выразился Пуанкаре, «...честь нашей страны была бы поправа»⁴⁴. Франция мобилизовалась.

В Париже министр народного просвещения предложил выделить 20 тыс. франков на снаряжение исследовательской экспедиции в Кито. О человеческих ресурсах, по его мнению, должно было позаботиться министерство обороны. Он надеялся расширить часто цитированные измерения XVIII в. на 1° широты к северу и 2° к югу. При этом топографированию подлежала территория вокруг каждой базы, а также линия горизонта. Французы сразу же отправили авангардное подразделение, которое должно было двигаться с такой скоростью, чтобы преодолеть 3500 километров через одни из самых высоких гор в мире всего за четыре месяца. Покинув

⁴⁴ Comptes rendus de Vassociation Géodésique Internationale. 1899. 3–12 October 1898. P. 130–133, 143–144; заметка Пуанкаре в: Comptes rendus de l'Académie des Sciences 131. Monday, 23 July 1900. P. 218.

Бордо 26 мая 1899 г., команда принялась за работу с бешеной скоростью. Пока они находились в пути, напряженность в отношениях с Великобританией нарастала. Первой искрой стал скандал вокруг французских телеграфных линий, которые «необъяснимым образом» вышли из строя во время англо-французского соперничества за контроль над колониальными землями по берегам Нила. Затем, 17 ноября 1899 г., во время Бурской войны, последовал открытый британский кабельный бойкот. 8 декабря 1899 г. французский министр по делам колоний анонсировал законопроект о кабельной сети беспрецедентного размера. Всего неделю спустя Совет министров принял план по созданию имперской кабельной сети стоимостью 100 млн франков. В печатных изданиях полемика вокруг кабельного проекта велась как со стороны правых, так и левых политических сил⁴⁵. На фоне всего этого команда картографов Кито вынуждена была вернуться обратно во Францию, прибыв в Париж в последний день XIX в.

На заседании в понедельник 23 июля 1900 г. Французская академия наук решала, следует ли и если да, то насколько, реализовывать многострадальную экспедицию. Пуанкаре был достаточно категоричен, высказываясь об обязательствах, которые, по его мнению, не могли сложить с себя французские ученые:

Если наша страна обязана частью своих завоеваний современной науке, то тем более мы не должны отказываться от позиции, на которую наши отцы водрузили, так сказать, интеллектуальный флаг Франции. Наши права были публично признаны. Должны ли мы ответить на эти вежливые приглашения заявлением о капитуляции? Франция столь же динамична и богата, как и сто пятьдесят лет назад. Почему же тогда она должна оставлять более молодым странам право завершения того, что Франция начала в прошлом?⁴⁶

⁴⁵ *Headrick. Tentacles. 1988. P. 116–117.*

⁴⁶ *Poincaré. Rapport sur le projet de révision. 1900. P. 219.*

Министр просил Академию взять на себя общее руководство экспедицией; Пуанкаре же призвал высокое собрание пойти еще дальше. Не стоит ли последовать примеру наших бесстрашных предшественников из XVIII в. — Луи Годена, Пьера Бугера и Шарля Мари де ла Кондамина, — которые лично исследовали часть дуги меридиана в Кито начиная с апреля 1735 г.? Однако, спустя полтора века, академики сомневались, нужно ли ученым лично отправляться в Анды, так как подобное путешествие, как признавал сам Пуанкаре, требовало бы чего-то большего, чем наличие вычислительных способностей:

Высокая научная компетентность, техническая оснащенность и привычка к скрупулезной систематичности необходимы, но недостаточны. Нужно быть в состоянии переносить тяготы и невзгоды в условиях незнакомой местности и при любом климате. Нужно уметь руководить людьми, добиваться повиновения от сотрудников и от полувцилизированных слуг, без которых также не обойтись. Все эти интеллектуальные, физические и моральные качества присущи сотрудникам нашей географической службы⁴⁷.

Все, что могла сделать Академия из далекого безопасного Парижа, — это поддерживать общее научное руководство при помощи комиссии, уполномоченной изучать протоколы наблюдений.

Пуанкаре взял в свои руки руководство экспедицией. В своем докладе от 25 июля 1900 г. он ясно дал понять, что наложение модульной сетки в этом экваториальном регионе потребует выполнения трех условий. Для обеспечения надежности геодезисты должны быть вооружены теми же инструментами, которые используются во Франции при определении длины меридиана. В самом Кито должен находиться один из самых талантливых (французских) астрономов —

⁴⁷ *Poincaré. Rapport sur le projet de révision. 1900. P. 221–222.*

Франсуа Гоннессья из Лионской обсерватории. При этом вся операция должна была щедро финансироваться анонимным меценатом, которым, как выяснилось позже, оказался принц Ролан Бонапарт. Вместе с французскими офицерами, работающими на экстремальных высотах, Гоннессья будет проводить наблюдения в Кито для получения наиболее точных долготных координат. Как всегда, ключом к установлению удаленной одновременности был именно телеграф: один провод тянулся из Кито в Гуаякиль, чей сигнал усиливался с помощью реле; другой — соединял Кито с удаленной северной станцией. Если функционирование реле приводило к недопустимой ошибке при определении одновременности, как это часто случалось, Пуанкаре был готов в любой момент отрезать их от системы и параллельно форсировать мощность батареи первичной станции. Команда работала над тем, чтобы связать телеграфную сеть с южной станцией. Таким образом, крайние точки этой далекой горной сети должны были быть связаны с Кито, а время Кито привязано ко времени Гуаякиля (рис. 4.3). Гуаякиль, в свою очередь, согласовывал бы свои часы через подводные кабели, соединенные с общемировой сетью через Северную Америку⁴⁸.

В октябре 1900 г. Французская академия наук, как и Международная ассоциация геодезии одобрили доклад Пуанкаре. Американский делегат поздравил французов и при этом напомнил им, что в случае, если им понадобится дополнительная помощь, они могут сразу же обращаться к Соединенным Штатам. (Ну, это вряд ли.) 9 декабря 1900 г. капитаны Морен (инженер) и Лаллеман (артиллерист) отправились в Эквадор в качестве авангардного отряда, как они надеялись, четырехлетней экспедиции в Кито⁴⁹.

⁴⁸ Ibid. P. 225–226.

⁴⁹ Comptes rendus de l'Association Géodésique Internationale. 1901. 25 September — 6 October 1900 (4 October); см. также: *Bassot*. Revision de Parc. 1900. P. 1275.

В понедельник, 28 апреля 1902 г., Пуанкаре доложил Французской академии наук: члены передовой команды потратили несколько месяцев на покупку вьючных животных и укомплектование отрядов. К тому времени, когда они поднялись в горы, французский экспедиционный корпус насчитывал 120 мулов и сопровождался 40 индейскими носильщиками, а также шестью эквадорскими офицерами. Важнейшую измерительную рейку, состоящую из двух разных металлов с разной степенью чувствительности к теплу, нес на спине человек. Ночью влажность настолько искажала микрометрические нити, что наблюдения становились практически невозможными между шестью и девятью утра. Затем в 11:00 свирепые ветры проносили пыль через каждую щелочку лагеря, выводя из строя инструменты и мучая исследователей. Сильные перепады температуры случались так неожиданно, что команда задавалась вопросом, смогут ли их измерительные приборы вообще когда-нибудь достичь надежного равновесия. В этой ситуации французы решили, что они лучше будут использовать свои собственные формулы, а не менять позиции наблюдателей, чтобы не оставлять лагерь целиком на попечение индейцев. Лаллеман взял с собой двух человек в поход на север южноамериканского континента в надежде распространить телеграфную сеть на Колумбию, но из этого ничего не вышло из-за политической турбулентности. Пуанкаре оптимистически выразил надежду на то, что руководители экспедиции еще до начала 1904 г. смогут установить телеграфную одновременность для всех отдаленных северных станций, не считая Колумбии⁵⁰.

Год спустя Пуанкаре снова докладывал Академии наук об этой непростой экспедиции. Это был понедельник, 6 апреля 1903 г. Академики с сожалением констатировали, что прогресс, достигнутый в прошлом году, был загроможден почти на каждом участке. Сначала вершины почти по-

⁵⁰ Comptes rendus de l'Académie des Sciences 134. 1902. P. 965–966, 968–970.

стоянно терялись в тумане, что делало невозможным проведение наблюдений. Лейтенант Перье провел три месяца на своем посту в Мирадоре на высоте 12 тыс. футов над уровнем моря, почти постоянно окутанный облаками. Пролливной дождь непрестанно хлестал по его участку, так что видимый горизонт ограничивался собственным лагерем. Свирепые ветры перетряхивали казармы. Как-то раз за 15 дней он смог сделать всего одно из 21 запланированных измерений и не зарегистрировал ни одного проблеска сигнала, ожидаемого из Юра-Круса. Разделяющие их лоцины были наполнены текущей с востока стремительной рекой облаков. После нескольких месяцев изоляции настойчивость Перье была вознаграждена более спокойной и ясной погодой. Активизировавшись, лейтенант вскоре завершил свою миссию⁵¹.

Другие бригады столкнулись с аналогичными проблемами и, по мнению Пуанкаре, также продемонстрировали свою состоятельность. В Латакунге капитан Морен мог проводить наблюдения лишь периодически, пользуясь мимолетными прояснениями неба. Сильный восточный ветер вкупе со снегопадом делал его работу чрезвычайно мучительной. Порывы ветра выдирали анкеры, раскидывая палатки направо и налево. На станции Кауито Лакомб, застрявший на несколько дней в тумане и снегу, был не в состоянии выполнить ни единого наблюдения. Лаллеман, руководивший разведывательной бригадой и строительством сигнальных вышек в чрезвычайно сложной местности, сорвался в трещину в Котопаху. Хотя солдаты нашли его, в течение трех недель он был прикован к постели. По ходу этих сражений с природой команда предположила, что непогода может быть связана с сейсмической активностью после извержения вулкана на Мартинике⁵².

⁵¹ Comptes rendus de l'Académie des Sciences 136. 1903. P. 861.

⁵² Ibid. P. 861–862.

Но не во всех своих бедах исследователи могли винить исключительно природу. Как коренные белые, так и индейцы регулярно разграбляли и разрушали кропотливо возводимые геодезистами опорные пункты. По-видимому, геодезические стержни значили для них нечто большее, чем средства для установления географических координат широты и долготы. Для местных жителей эти инструменты были натуральным богатством. В поисках золота охотники за сокровищами не только похищали стержни, но и выкапывали все, что находилось поблизости. Таким образом, французы после нескольких месяцев, проведенных на заснеженных вершинах, должны были ретранслировать сигналы, перемерять и повторно отмечать свои координаты, иногда по два или даже три раза. Заручившись поддержкой церкви, французы привлекли местных епископов и священников, чтобы те удерживали аборигенов от подобного мародерства, но ни наука, ни сам Господь Бог не смогли остановить «черных копателей». В течение 1904 г. французы обнаружили, что их станции были разграблены примерно 18 раз, что вызвало необходимость пересчитать 360 пар координат в ужасающих высокогорных условиях. В следующем году, замерзая на скалистых высотах, команда к своему ужасу осознала, что отчеты их информаторов были, как они выразились, «неточными». Географы наконец поняли, что наемники никогда и не думали приближаться к нужным высотам. В тех немногих случаях, когда местные жители действительно отваживались на покорение больших высот, «наблюдаемость» означала возможность видеть достаточно для того, чтобы приступить к спуску. В отличие от исследователей, у местного населения не было ни потребности, ни желания видеть достаточно далеко, чтобы вычислять широту и долготу. Тем временем Лаллеман подхватил желтую лихорадку; коллеги отправили его обратно во Францию.

Пуанкаре так отзывался об этой экспедиции: «...долгие дни ожидания в снегу и тумане никого не сломили. Старание,

твердость и преданность этих офицеров и личного состава никогда не должны быть поставлены под сомнение. Есть все основания для того, чтобы поблагодарить этих доблестных пионеров науки за проявленное мужество и поздравить с достигнутыми результатами»⁵³. В 1907 г. Пуанкаре сообщил, что экспедиция с картографическими координатами на руках после восьми лет напряженной работы по определению времени и пространства вернулась во Францию.

ЭФИРНОЕ ВРЕМЯ

Следуя за экспедицией в Кито вплоть до возвращения в Париж, мы немного забежали вперед. На протяжении всей экспедиции — от ее начала в 1899 г. до завершения в 1907 г. — Пуанкаре использовал технологию одновременности в двух других, очень разных областях: философии и физике. Это не было случайностью. После завершения работы над своим докладом о задачах миссии в Кито (25 июля 1900 г.) Пуанкаре с головой погрузился в детали телеграфной одновременности, вплоть до исследования напряжения телеграфных батарей. Он уверял своих коллег, что картирование Кито имеет двойное значение: удовлетворение французского честолюбия («поднятие интеллектуального флага Франции») и решение научно-технической проблемы (определение формы Земли, картирование мира). Но это было еще не все.

Больше не мысля чисто математически, Пуанкаре теперь рассуждал о философской конвенциональной основе физики в более общем смысле. Всего через несколько дней после того, как он рьяно доказывал коллегам-академикам

⁵³ Comptes rendus de l'Académie des Sciences 136. 1903. P. 862, 868; о разрушениях: Comptes rendus de l'Académie des Sciences 138. 1904. Monday, 25 April. P. 1014–1015; об информаторах: Comptes rendus de l'Académie des Sciences 140. 1905. Monday, 10 April. P. 998–999; цит. по: Comptes rendus de l'Académie des Sciences 136. 1903. P. 871.

необходимость миссии в Кито, Пуанкаре выступил с докладом на крупной конференции по философии (2 августа 1900 г.)⁵⁴, где поставил один фундаментальный вопрос, затрагивающий, на его взгляд, *сердцевину* науки: могут ли быть изменены основные идеи самой механики? Среди его французских соотечественников, утверждал Пуанкаре, механика долгое время рассматривалась как недоступная для опыта дедуктивная наука, которая приводит к необходимым следствиям из принятых посылок. В отличие от этого, британская механика была не теоретической, а экспериментальной наукой. Если мы хотим добиться реального прогресса в механике, этот конфликт между двумя сторонами Ламанша должен быть урегулирован аналитически. Какая часть этой благородной науки экспериментальная, а какая — математическая? И какую часть следует считать, как он выразился, конвенциональной?

В качестве ответа, опираясь на весь спектр своих работ по вопросам геометрии, геодезии, физики и философии, Пуанкаре изложил философам свое видение того, что мы знаем об исходных пунктах этой самой фундаментальной из наук. Вот что он сказал.

1. Абсолютного пространства не существует. Мы воспринимаем только относительное движение. И все же в большинстве случаев механические факты излагаются так, как если бы абсолютное пространство, к которому их можно отнести, все же существовало.
2. Нет абсолютного времени. Когда мы говорим, что два временных промежутка равны, это утверждение не имеет смысла и может приобрести смысл только по соглашению.

⁵⁴ *Rollet L.* Henri Poincaré. Des Mathématiques à la Philosophie. Etude du parcours intellectuel, social et politique d'un mathématicien au début du siècle (неопубликованная докторская диссертация). University of Nancy 2, 1999. P. 165.

3. У нас нет непосредственного понимания не только равенства двух временных промежутков, но и одновременности двух событий, происходящих в двух разных местах. Я объяснил это в своей работе под названием «*Mesure du Temps*» («Измерение времени»).
4. Наконец, не является ли евклидова геометрия сама по себе всего лишь своего рода общепринятой условностью?

С точки зрения Пуанкаре, механику можно переформулировать с использованием неевклидовой геометрии. Возможно, это менее удобно, чем механика, сформулированная с использованием обычной евклидовой геометрии, но столь же правомерно. Абсолютное время, абсолютное пространство, абсолютная одновременность и даже абсолютная (евклидова) геометрия не были *ниспосланы* механике свыше. Эти абсолюты «...не существовали до механики, как и французский язык не существовал до истин, которые были выражены на нем»⁵⁵.

Эти четыре кратких тезиса отражают весь подход Пуанкаре в целом. В первом подчеркивается его философско-физическое возражение против идеи абсолютного пространства. Второй и третий резюмируют его «Измерение времени» 1898 г., а четвертый связывает обсуждающиеся проблемы с его давнишней работой по конвенциональной геометрии. «Являются ли закон ускорения и правило сложения сил всего лишь произвольными конвенциями? Условностями — да; произвольными — нет. Они стали бы произвольными, если бы мы упустили из виду эксперименты, которые подвигли основателей науки к тому, чтобы принять их, и которых, при всем их несовершенстве, оказалось достаточно для того, чтобы оправдать их принятие. Время от вре-

⁵⁵ *Poincaré*. Sur les Principes de la mécanique // Bibliothèque du Congrès international de philosophie III. Paris. 1901. P. 457–494. Перепечатано с изменениями в: *Poincaré*. Science and Hypothesis. 1902. Ch. 6. P. 90.

мени мы должны обращать внимание на экспериментальное происхождение этих конвенций». Эксперименты для Пуанкаре были сырьем физики, из которого теория стремилась создать наибольшее количество прогнозов с наибольшей вероятностью. То есть эксперименты могли бы послужить «основой» для механики, предлагая принципы и примерные модели поведения мира, которые мы хотим воплотить в таких понятиях, как сила, масса и ускорение. Но это вовсе не значит, что эксперименты могут просто аннулировать стартовые принципы; в худшем случае, по его мнению, эксперименты показали бы, что фундаментальный закон только приблизительно верен, — «а мы это и так знаем»⁵⁶. Пуанкаре еще раз обобщил свои размышления о роли теории, когда выступал перед физиками (в 1900 г.). По аналогии с практикой машинного производства, он сравнивал эксперименты с «сырьем», а теорию — с организующим принципом: «...проблема заключается, так сказать, в увеличении производительности научной машины»⁵⁷.

Даже в математике машины и машиноморфные структуры имели для Пуанкаре важное значение. Еще в 1889 г. Пуанкаре высмеял логиков как поставщиков «тератологических» функций. Он вернулся к этой теме в августе 1900 г., на этот раз обращаясь к математикам, собравшимся на международном конгрессе в Париже. Он снова сталкивался между собой логицистов и интуиционистов. Хотя он и полагал, что оба этих лагеря важны для развития математики, не было никаких сомнений в том, какой стороне он отдавал предпочтение. Один математик (логицист, согласно классификации Пуанкаре), по его словам, мог исписать множество

⁵⁶ *Poincaré. The Classic Mechanics // Poincaré. Science and Hypothesis. 1902. Ch. 6. P. 104–105, 110.*

⁵⁷ *Poincaré. Hypotheses in Physics; изначально: Les relations entre la physique expérimentale et la physique mathématique // Revue générale des sciences pures et appliquées. 1900. No. 11. P. 1163–1175. Перепечатано в: Poincaré. Science and Hypothesis. 1902. Ch. 9. P. 144.*

страниц только для того, чтобы однозначно доказать, что угол можно разделить на любое количество равных частей. В противоположность этому Пуанкаре привел в пример гёттингентского математика Феликса Клейна: «Он занимается одной из наиболее абстрактных проблем теории функций: речь идет о том, чтобы определить, всегда ли на данной [абстрактной математической] римановой поверхности существует функция, допускающая данные сингулярности (singularities) (грубо говоря, точки, где функция становится бесконечной). Что делает прославленный немецкий геометр? Он заменяет свои римановы поверхности на металлические поверхности, чья электрическая проводимость изменяется по определенным законам. Он соединяет две точки на данной поверхности с двумя полюсами аккумулятора. Распределение тока на данной поверхности, утверждает он, будет определять функцию, чьи сингулярности (singularities) будут именно такими, какие требовалось обнаружить». Клейн прекрасно понимал, что это рассуждение не является строгим, но (говорит Пуанкаре) «он находит в нем если не строгое доказательство, то, по крайней мере, своего рода моральную индульгенцию. Логицист с ужасом отверг бы такую концепцию». Точнее, логицисту не могла бы прийти в голову такая идея⁵⁸. Но Пуанкаре, несомненно, умел формулировать «машинные» мысли: в чистой математике, в геодезии, в философии. При всем при этом он продвигался вперед в изучении электричества и магнетизма, привнося свои идеи о координации электромагнитных часов в самое сердце физики.

10 декабря 1900 г., всего через два дня после того как Пуанкаре отправил Лаллемана и Морена в геодезическую

⁵⁸ *Poincaré*. Intuition and Logic in Mathematics; изначально: Du rôle de l'intuition et de la logique en mathématiques // Comptes Rendus du deuxième Congrès international des mathématiciens tenu à Paris du 6–12 août 1900. Перепечатано в: *Poincaré*. Foundations of Science. 1982. P. 210–211.

экспедицию в Кито из Сен-Назера, он излагал свои идеи о пространстве, времени и эфире в Лейденском университете. Мероприятие, которое посетили многие мировые светила физики, было приурочено к чествованию Х.А. Лоренца. Лоренц был для Пуанкаре (и, надо добавить, для Эйнштейна) особой фигурой среди всех физиков того времени. Во многом именно Лоренц помог проиллюстрировать новую профессиональную категорию «физик-теоретик». Для многих физиков, особенно за пределами Великобритании, именно Лоренц придал теории электричества и магнетизма Максвелла понятную форму. Вместо того чтобы следовать британской традиции сведения вещества к эфирным потокам, вихрям, давлению и напряжению, Лоренц предложил более строгую доктрину: в мире было всего *два* вида вещей — электрические и магнитные поля (состояния эфира), с одной стороны, и материя — заряженные частицы, движущиеся сквозь эфир, — с другой. Поля могли воздействовать на частицы, частицы могли создавать поля. Но Лоренц сделал нечто большее, когда попытался объяснить неспособность экспериментаторов обнаружить движение объектов — включая Землю — сквозь бескрайний эфир, пронизывающий всю Вселенную.

Какое-то время Пуанкаре, как и другие физики того времени, во многом соглашался с теорией Лоренца. Читая в 1899 г. лекции в Сорбонне, он отзывался о ней как о лучшей из имеющихся теорий, позволяя себе при этом ее осторожную критику. В 1900 г. в присутствии автора данной теории в аудитории Лейденского университета Пуанкаре заявил, что его волнует нарушение принципа действия и противодействия в расчетах Лоренца. Пушка тут же откатывается назад, когда выстреливает пушечным ядром, но эфир при воздействии на него атомов (по Лоренцу) имел странное свойство — задержку реакции. Что происходило в это время? Ведь эфир казался слишком эфемерным, чтобы обладать импульсом. Пуанкаре сообщил Лоренцу и собравшимся, что

мог бы смягчить это возражение: «Но мне не нужно такое оправдание, потому что у меня есть в сто раз лучшее: *хорошие теории гибки*... Если теория показывает нам определенные истинные отношения, она может примерять на себя тысячу разнообразных одежд; все равно она отразит любые нападки и ее суть не изменится». Лоренц создал одну из таких гибких, по-настоящему хороших теорий: я не буду извиняться за критику данной теории, сказал Пуанкаре. Вместо этого он только выразил сожаление, что может так мало нового добавить к высказанным идеям Лоренца⁵⁹. Несмотря на эту оговорку, Пуанкаре вскоре коренным образом изменил физическое значение теории Лоренца.

В основе старых идей Лоренца лежало теоретическое объяснение, казалось бы, неразрешимой трудности в физике эфира. Может, прозрачная материя просто тащила за собой эфир? Если бы эфир двигался под влиянием земной атмосферы, это могло бы объяснить, почему эксперименты никогда не показывали движение Земли сквозь эфир. К сожалению, эксперимент середины XIX в. французского физика Армана Ипполита Физо, похоже, исключил такую возможность. Просвечивая воду, текущую с разной скоростью, он смог продемонстрировать, что если вода и тащила за собой эфир, то только отчасти. Но если эфир *не* находился под влиянием материи (и значит, был абсолютно неподвижен везде во Вселенной), тогда мы должны быть в состоянии обнаружить наше движение сквозь него. Именно это и намеревался обнаружить американский экспериментатор Альберт Майкельсон, используя собственное изобретение — чрезвычайно точный оптический «интерферометр» (рис. 4.4).

Действительно, Майкельсон полагал, что он загнал эфир в угол. Ибо если на самом деле существовал эфирный ветер, то время движения светового луча туда и обратно должно было измениться в зависимости от того, был ли луч света

⁵⁹ Poincaré. La théorie de Lorentz. 1900. P. 464.

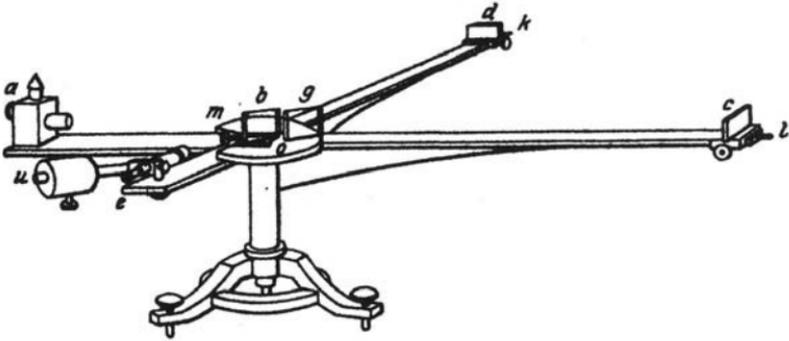


Рис. 4.4. Охота на эфир

Посредством примечательной серии экспериментов Альберт Майкельсон стремился измерить движение Земли сквозь неуловимый эфир. Через приведенное на рисунке устройство *a* он запускал световой луч, который далее раскалывался пополам, проходя через посеребренное зеркало *b*: одна половина луча отражалась затем от *d* и приходила в окуляр *e*. Вторая половина луча, миновав *b*, отражалась от *c*, а затем через *b* приходила в окуляр *e*. В окуляре два световых луча сталкивались друг с другом (интерферировали), показывая наблюдателю характерный паттерн света и тени. Если бы одна волна шла с задержкой — настолько незначительной, что составляла бы часть длины волны света, этот паттерн заметно смещался бы. Таким образом, если бы Земля действительно двигалась сквозь эфир, то «эфирный ветер» повлиял бы на относительное время, которое потребовалось бы двум лучам, чтобы совершить свой челночный бег (относительная фаза двух волн была бы смещена). Следовательно, полагал Майкельсон, если он будет вращать свой прибор, то увидит изменение интерференционных паттернов двух лучей. Но как он ни крутил свой потрясающе чувствительный прибор, темные и светлые паттерны не сдвигались. Для Лоренца и Пуанкаре это означало, что рукава интерферометра — как и вся материя — сокращались в ходе движения через эфир таким образом, чтобы скрыть эффект самого эфира. Для Эйнштейна это было еще одним поводом для того, чтобы объявить саму идею эфира излишней.

Источник: *Michelson. The Relative Motion of the Earth and Luminiferous Ether // American Journal of Science. August 1881. 3rd Series. Vol. XXII. No. 128. P. 124.*

послан в попутном или в противоположном направлении по отношению к эфирному ветру. Но при вращении аппарат не показывал ни малейшего колебания в интерференционном паттерне; казалось, что никакое движение сквозь эфир не может быть обнаружено оптическими средствами. Хотя сам

Майкельсон воспринял результаты своих опытов по обнаружению эфира как сокрушительный провал, других физиков, включая Лоренца, его эксперимент подвигнул к дальнейшему теоретизированию.

Принимая во внимание нулевой результат Майкельсона, в 1892 г. Лоренц предположил существование статического эфира и ввел поразительное представление о том, что любой объект, движущийся сквозь эфир, сжимается в направлении своего движения. Как бы странно ни звучало это «сокращение Лоренца», уловка сработала в том смысле, что разумный выбор коэффициента сжатия точно компенсировал эффект предполагаемого эфирного ветра. Сокращение Лоренца объясняло, почему высокоточные эксперименты — даже выдающийся интерферометр Майкельсона — будут бессильны раскрыть влияние эфирного ветра на оптические явления.

Примечательно, что гипотезы сокращения Лоренца было недостаточно. Пытаясь продемонстрировать, что *все* оптические явления можно описать примерно таким же образом, в 1895 г. он представил второе нововведение — фиктивное «локальное время»⁶⁰. Идея Лоренца заключалась в том, что было одно истинное физическое время, t_{true} . Истинное время было релевантным показателем в отношении объектов, покоящихся в эфире. Для описания объектов, движущихся в эфире, Лоренцу показалось целесообразным ввести фиктивное время (математическую уловку). С его помощью законы электромагнетизма для объекта, движущегося в эфире, искусственно отождествлялись с законами электромагнетизма для объекта, покоящегося в эфире. Эта полезная величина (t_{local}) зависела от скорости (v) движения объекта сквозь эфир, скорости света (c) и местоположения объекта (x); t_{local} в таком случае получалось в результате простого вычисления: t_{true} минус vx/c^2 . Почему Лоренц постулировал это локальное время? Только потому, что оно да-

⁶⁰ Lorentz. Versuch einer Théorie. 1895.

вало аккуратный и чисто формальный результат: локальное время позволяло переписать реальный объект, движущийся в эфире, в качестве фиктивного объекта, покоящегося в эфире. Локальное время для Лоренца было не чем иным, как математическим удобством.

Пуанкаре рассматривал теорию Лоренца и ее допущения о сокращении длины и «локальном времени» с оговорками. Даже в курсе 1899 г. в Сорбонне он не соотносил локальное время с его технико-философским определением одновременности; но отмечал при этом, что поправки в связи с «локальным временем» Лоренца были настолько несущественными для Земли, движущейся сквозь эфир (коррекция составляла только три миллиардные доли секунды для двух часов, находящихся в километре друг от друга), что он будет их просто игнорировать⁶¹. Между тем Пуанкаре все глубже погружался в проблемы телеграфного определения долготы. Мало того что он был в эпицентре планирования экспедиции в Кито в течение 1899–1900 гг., в 1899 г. он являлся также президентом Бюро долгот. Если раньше он держал некоторую дистанцию по отношению к процедурам установления одновременности, то теперь он был в самой гуще событий.

Например, 23 июня 1899 г. Пуанкаре писал королевскому астроному про обескураживающее несоответствие между французскими и британскими измерениями долготного различия между Парижем и Гринвичем. И интересовался, могли бы британцы вновь взяться за работу? Уильям Кристи ответил 3 августа. В своем письме он просил больше времени, но при этом обещал, что подготовит подробный анализ британских методов и инструментов, отметив, что «...желательно, чтобы французские данные, касающиеся измерения долготы Париж — Гринвич, также были опубликованы во всех подробностях». Кристи также поделился с Пуанкаре копия-

⁶¹ Poincaré. *Electricité et optique*. 1901. P. 530–532.

ми писем по той же проблеме, которые он ранее направлял своим французским коллегам в Бюро долгот. В письме к Леви Кристи предположил, что источником ошибки может быть расхождение в нивелировании астропеленгационного инструмента — с помощью отвеса или ватерпаса. Судя по всему, французская армия предполагала, что вина лежала на британских часах, но нет, заявил Кристи, это невозможно. Вместо этого он предложил, чтобы и Гринвич, и Париж повторили измерительный процесс, только на этот раз сначала между двумя пирсами внутри Гринвича и еще раз внутри Монсури. Предположительно, это исключало бы любую ошибку, полученную во время передачи сигнала через Ла-Манш. Пуанкаре сразу же ответил (9 августа 1899 г.), что он с нетерпением ожидает получения документов из Британии и надеется, что они будут содержать подробные расчеты и методы, с помощью которых были получены противоречивые данные; в свою очередь, французы предоставят доступ в свои архивы, поскольку обе стороны заинтересованы в урегулировании неловкого расхождения в долготных координатах Парижа и Гринвича⁶².

В разгар этих долготных измерений и поиска первопричины расхождений Пуанкаре встретился с Лоренцем на конференции в декабре 1900 г. Готовясь к мероприятию, Пуанкаре коренным образом переосмыслил «локальное время» Лоренца. Во-первых (хотя он и не цитирует его эксплицитно), Пуанкаре обращается к тезису из «Измерения времени» 1898 г. о том, что одновременность может быть представлена посредством часов, синхронизированных путем обмена электромагнитными сигналами. Это был аргу-

⁶² Кристи — Пуанкаре, 3 августа 1899 г., вместе с Кристи — Леви, 1 декабря 1898 г., Кристи — полковнику Бассо (Directeur du Service Géographique de l'Armée), 9 февраля 1899 г. Observatoire de Paris. Réf. X5. С6. Пуанкаре — Кристи, 23 июня 1899 г., 9 августа 1899 г., а также недатированное (предположительно, после 9 августа 1899 г.), все письма — в: Christie Papers. Cambridge University Archives. MSS RGO 7/261.

мент, возникший на пересечении практического исследования долготы и спекулятивной метафизики. Теперь Пуанкаре сделал следующий шаг, переместив техно-философскую идею электрокоординированных часов в область физики, образовав тем самым *тройное* пересечение. Впервые он применил свой метод синхронизации часов к часам, движущимся в эфире. Внезапно Пуанкаре осенило: при применении телеграфного метода согласования часов во время их движения сквозь эфир получалось фиктивное локальное время Лоренца, t_{local}

«Локальное время», настаивал Пуанкаре, — это «время», которое показывали часы в движущейся системе отсчета, когда они были согласованы посредством обмена электромагнитными сигналами. Никакой математической фантастики: это то, что на самом деле видели движущиеся наблюдатели:

Я предполагаю, что наблюдатели, находящиеся в разных точках, устанавливают свои часы с помощью оптических сигналов; и что они пытаются учесть время передачи сигнала, но в то же время игнорируют свое поступательное движение и, следовательно, полагая, что сигналы движутся с одинаковой скоростью в обоих направлениях, они ограничиваются простым пересечением наблюдений, отправляя один сигнал из A в B , затем другой из B в A . Локальное время t' тогда есть показания часов, выставленных таким образом⁶³.

Здесь объединяются два варианта процедуры электрического установления одновременности — Пуанкаре-геодезиста и Пуанкаре-философа. А Пуанкаре-физик вводит эту процедуру в *движущуюся* систему отсчета.

Точнее аргументация Пуанкаре выглядит так. Рассмотрим систему координат, содержащую часы A и B , которая движется сквозь эфир с постоянной скоростью v . Вслед-

⁶³ Poincaré. La théorie de Lorentz. 1900. P. 483.

ствие этого движения световой сигнал от A к B сталкивается со встречным эфирным ветром, и он вынужден преодолевать сопротивление этого ветра; скорость сигнала тогда равна скорости света c минус скорость ветра v (как в случае с самолетом, столкнувшимся со встречным воздушным потоком, на пути из Европы в США). Обратный световой сигнал от B к A *увеличивает* свою скорость благодаря попутному эфирному ветру: поэтому его скорость равна скорости света *плюс* скорость эфирного ветра ($c + v$).

$A \rightarrow (c - v) \rightarrow B$ $A \leftarrow (c + v) \leftarrow B$	эфир в состоянии покоя $\rightarrow v$
---	---

По причине разницы скоростей в двух направлениях наивная односторонняя координация часов, проводимая движущимися физиками, не достигнет цели. Например, если B будет устанавливать свои часы, используя при этом сигнал, полученный от A , в действительности он будет иметь дело с сигналом, который движется со скоростью $c + v$ (относительно эфира). B , таким образом, получит сигнал слишком рано по сравнению с «истинным» временем сигнала, который будет двигаться со скоростью c . Чем больше B отдаляется от A , тем больше будет разница во времени между моментом, когда он получает сигнал с попутным ветром, и моментом, когда он получил бы его, если бы сигнал двигался с постоянной скоростью c . Поэтому B нужно перевести свои часы немного назад, если он находится неподалеку от A , и существенно назад, если он находится вдалеке от него. Пуанкаре заметил, что коррекция смещения для учета ускоренного сигнала ($-vx/c^2$) в точности соответствовала коррекции фиктивного «локального времени» Лоренца⁶⁴.

⁶⁴ Предположим, что B в полдень посылает сигнал к A (на расстояние от A до B). B должен установить свои часы на 12:00, плюс время, затраченное на передачу сигнала. Но скорость движения сигнала в направлении справа налево составляет $c + v$, так что получается, что против ветра t (встреч-

Резюме Пуанкаре: часы, движущиеся в эфире, должны согласовываться посредством обмена электромагнитными сигналами, как и прежде. Но согласование часов в движущейся системе координат требует перевода часов для компенсации эффекта эфирного ветра.

Лоренц признал убедительность критики Пуанкаре в письме от 20 января 1901 г., однако не обронил ни слова о толковании Пуанкаре «локального времени». По другим вопросам Лоренц охотно соглашался со своим французским коллегой. Действительно, существовали проблемы с принципом противодействия, и, насколько Лоренц мог судить, они будут сохраняться при интерпретации такого рода физических экспериментов; если эфир есть нечто абсолютно окостеневшее и неподвижное, то нельзя убедительно говорить о действующих на него силах. Поэтому эфир, как Лоренц долго доказывал, мог влиять на электроны, но электроны не могли оказывать влияние на эфир. Ни одна часть эфира не могла воздействовать на другую — любая попытка рассуждать таким образом была, по сути, использованием «математической фикции». Без сомнения, такие выдумки были полезны для расчета способов, которыми эфир в итоге воздействовал на перемещения электронов. Но они все

ный ветер) будет равно $AB/(c + v)$, а в случае попутного ветра: $AB/(c - v)$. «Истинное» время передачи сигнала от B к A есть только половина общей длительности: $1/2 [t(\text{встречный ветер}) + t(\text{попутный ветер})]$, кажущееся же, наоборот, только t (попутный ветер). Если взять кажущееся время передачи сигнала за основу, то получится следующая ошибка: отклонение = $1/2 [t(\text{встречный ветер}) + t(\text{попутный ветер})] - t$ (попутный ветер). Используя определения t (встречный ветер) и t (попутный ветер), получаем: отклонение = $1/2 [AB/(c + v) - AB/(c - v)] = 1/2AB (c + v - c - v) / (c^2 - v^2) = -ABv/c^2$.

Дарригол справедливо указывает, что большинство историков относительности проигнорировали эту интерпретацию координации часов с помощью локального времени: *Darrigol. Electrodynamics. 2000. P. 359–360; Miller. Einstein, Picasso. 2001. P. 200–215; также см.: Stachel. Einstein's Collected Papers. 1989. Vol. 2. 308n.*

равно были выдумками. В качестве альтернативы, предположил Лоренц, можно было бы сказать, что эфир является бесконечно инертным, и в этом случае электроны могли бы действовать на него, не приводя его в движение, «...но этот путь кажется мне довольно искусственным».

Лоренц создал экстраординарную теорию, которая полностью изменила физику, разделив мир между всеобъемлющим неподвижным эфиром и материальными электронами. Чрезвычайно успешная теория привела к множеству экспериментов — от спектральных линий до объяснения простых оптических эффектов, таких как отражение. Но, пытаясь расширить теорию, Лоренц обнаружил, что ему приходится прибегать к множеству инструментов, которые, как он сам с готовностью признавал, были абсолютно искусственными. Лоренц предположил, что материя сжимается по мере прохождения сквозь эфир, что принцип действия и противодействия нарушается и что теория нуждается в математической фикции «локального времени».

Пуанкаре подошел к теории Лоренца по-другому. Как всегда при рассмотрении теорий, подход Пуанкаре заключался в том, чтобы изолировать «кирпичики» той или иной теории, а затем, манипулируя наиболее полезными частями теории, продвинуться вперед. Здесь, в Лейдене в 1900 г., он присоединился к концепции «локального времени» Лоренца со своей собственной конвенциональной интерпретацией одновременности с позиций геодезиста и философа-конвенционалиста. Не мудрствуя лукаво, он показал, как можно физически интерпретировать «локальное время» Лоренца. Телеграфная конвенция теперь была встроена в представление об эфирном ветре.

Ни одно из произведенных Пуанкаре изменений в теории Лоренца не повлияло на оценку заслуг его автора. Напротив, в январе 1902 г. Пуанкаре выдвинул кандидатуру Лоренца на соискание Нобелевской премии, объяснив шведским

чиновникам, как Лоренц использовал неудачную попытку предыдущих физиков найти эфир и обосновал их неспособность сделать это. Пуанкаре писал: «...очевидно, должна существовать общая причина; г-н Лоренц обнаружил эту причину и облек ее в яркую форму своим гениальным изобретением “сокращенного времени”». Два явления, которые произошли в разных местах, могут казаться одновременными, даже если они не были таковыми. Все выглядело так, будто часы в одном месте отставали от других и никакой мыслимый эксперимент не мог позволить обнаружить эту несогласованность». По мнению Пуанкаре, неспособность экспериментаторов наблюдать за движением Земли сквозь эфир была лишь одной из таких тщетных попыток⁶⁵.

Продолжая свою оду Лоренцу для Нобелевского комитета, Пуанкаре признал, что теории, подобно теории Лоренца, часто считаются хрупкими, уязвимыми. Вид руин старых теорий может кого угодно превратить в скептика, сказал он. Но если даже теориям Лоренца суждено когда-либо присоединиться к остальным на огромном кладбище опровергнутых объяснений мира, никто не может обоснованно утверждать, что Лоренц случайно предсказал истинные факты (*faits vrais*). «Нет, это не случайность... [Теория Лоренца] показала нам неизвестные до сих пор отношения между фактами, которые раньше не были связаны друг с другом, и что эти отношения реальны; и что они были бы таковыми, даже если бы электронов не существовало. Именно такую истину можно надеяться найти в теории. И эти истины выживут за пределами теории. И поскольку мы полагаем, что работа Лоренца содержит множество таких истин, мы предлагаем, чтобы он был вознагражден за них»⁶⁶.

⁶⁵ Poincaré et les Physiciens (неопубликованная переписка из Архива Анри Пуанкаре). The Henri Poincaré Archive. Annexe 3. Document 205. 31 January 1902.

⁶⁶ Ibid.

ТРОИЧНАЯ КОНСТЕЛЛЯЦИЯ

К концу 1902 г. Пуанкаре потратил в общей сложности десять лет, рассматривая проблему согласования времени с трех совершенно разных точек зрения. Как один из высокопоставленных сотрудников Бюро долгот с января 1893 г. Пуанкаре способствовал реализации масштабного проекта — повсеместного распространения синхронизированного времени. Когда в середине 1890-х годов всерьез встал вопрос о конвенциональном переводе времени в десятичную систему, именно Пуанкаре руководил работой по оценке альтернатив, результатом которой стал доклад 1897 г. Теперь обратно к философии: в 1898 г. он возвестил в первую очередь именно философской публике, что одновременность есть не что иное, как конвенция; конвенция, которая будет определять одновременность именно так, как это сделало Бюро долгот в случае с телеграфной координацией часов. Через несколько месяцев после публикации статьи в *Revue de Métaphysique et de Morale* он еще больше погрузился в исследование долготы. С 1899 г. он работал посредником между Французской академией наук и сложной и опасной геодезической экспедицией в Кито (экспедицией, которая изо всех сил пыталась связать время и географию с помощью телеграфной одновременности). Летом 1900 г. в одном из наиболее часто цитируемых разделов «Науки и гипотезы» он представил свой самый сильный философский тезис об условности одновременности. Теперь обратно к физике. В декабре 1900 г. Пуанкаре «пересмотрел» теорию Лоренца, переработав математическую фикцию Лоренца — «локальное время» — в терминах реальной телеграфной процедуры, когда наблюдатели, движущиеся сквозь эфир, обмениваются электрическими сигналами, чтобы синхронизировать свои часы.

Это было не просто «обобщением» физики до уровня философии или «приложением» абстрактных понятий ма-

тематики или философии к физике. Скорее Пуанкаре разрабатывал новую концепцию времени, показывая, как она вписывается в правила трех разных практик: геодезии, философии и физики. Только потому, что тезис о синхронизации и одновременности функционировал во всех этих трех мирах, он приобрел такую значимость.

Достижения Пуанкаре характеризовали определенный прогрессивизм, победной поступью шествовавший по территории Третьей республики, согласно которому все аспекты мира могут быть улучшены с помощью заинтересованного разума, рационального, машинного модернизма. Его вера несла в себе оптимизм абстрактной инженерии, бессмертное убеждение в том, что любой аспект карты — географической или научной — находится в пределах досягаемости разума. При прочих равных условиях, Пуанкаре вскоре решил бы многие проблемы так же, как он справился со спором о децимализации, — сопоставляя различные позиции и спокойно выбирая самые простые (наиболее удобные) отношения между элементами. *Отношения* были реальными для Пуанкаре (отношения, зафиксированные Ньютоном или Лоренцем или математикой), хотя и не конкретным содержанием наших чувств. «Можно сказать, <...> что эфир не менее реален, чем любое внешнее тело; сказать, что это тело существует, означает сказать, что между цветом этого тела, его вкусом и запахом существует глубинная связь, стабильная и устойчивая; сказать, что эфир существует, — значит сказать, что существует естественное родство между всеми оптическими явлениями, таким образом, ни одно из двух утверждений не менее осмысленно, чем другое»⁶⁷. Объективная реальность была не чем иным, как общепринятыми отношениями между явлениями мира. Для Пуанкаре не существовало никакого *потустороннего* уровня бытия. Значимость научного знания заключается в сохранении конкрет-

⁶⁷ Poincaré. The Foundations of Science. 1982. P. 352.

ных истинных отношений, а не в закулисной реальности платонических идей или непостижимых ноуменов.

Пуанкаре, как правило, избегал открытых политических признаний или рассуждений о моральных абсолютах. Тем не менее ровный меланхоличный тембр его речи пару раз прерывался эмоциональными всплесками. Так, в мае 1903 г., выступая в одном из парижских ресторанов перед Всеобщей ассоциацией студентов, он утверждал, что есть две области, которые требуют действий: научная и нравственная истина. «Кажется, что существует антиномия между двумя самыми дорогими сердцу человека устремлениями: мы хотим быть искренними и служить истине, и одновременно мы хотим быть сильными и способными действовать... Отсюда буйство страстей, вызванных недавними событиями. С обеих сторон большинство руководствовалось благородными намерениями». Напекая на дело Дрейфуса, которое тогда раскололо страну, речь Пуанкаре должна была смягчить и его собственный внутренний конфликт — его самоотверженную преданность французской армии и его столь же прочную приверженность нормам строгого доказательства. 4 сентября 1899 г., в разгар повторного судопроизводства по делу Альфреда Дрейфуса, Пуанкаре публично заявил о своем несогласии. В своем письме он ставил под сомнение научную основу обвинения в том, что именно Дрейфус написал инкриминируемую ему записку (знаменитый *bordereau*), обещающую французские государственные секреты немецкому военному атташе: человек «с солидным научным образованием», заключил Пуанкаре, не может доверять доказательствам, представленным обвинением. Несмотря на это серьезное возражение, суд повторно признал вину Дрейфуса, хотя президент Республики позднее помиловал его⁶⁸.

⁶⁸ Подробнее см.: *Rollet*. Henri Poincaré. Des Mathématiques à la Philosophie. Etudes du parcours intellectuel, social et politique d'un mathématicien au début du siècle (неопубликованная докторская диссертация). University of Nancy 2, 1999. P. 249 ff. Цит. по: P. 263; также см.: *Débarbat*. An Unusual Use. 1996.

(Несколько лет спустя Пуанкаре снова защищал Дрейфуса на формальных основаниях, хотя и более серьезных.) Теперь вернемся к выступлению Пуанкаре в 1903 г. перед собранием студентов. Мысль необходимо объединить с действием, настаивал он:

В тот день, когда во Франции больше не будет солдат, а останутся одни мыслители, Вильгельм II станет хозяином Европы. Как вы думаете, будут ли тогда у Вильгельма II те же устремления, что и у вас? Рассчитываете ли вы на то, что он воспользуется своей властью для защиты ваших идеалов? Или же вы доверяете немецкому народу и надеетесь, что он будет разделять ваши идеалы? Именно на это надеялись в 1869 году. Не думайте, что то, что немцы называют правом или свободой, — это то же самое, что мы понимаем под этими словами... Забыть нашу страну — значит предать идеалы и истину. Что осталось бы от революции без солдат Второго года?⁶⁹

Пуанкаре добавил, что каждое поколение задается вопросом о судьбе своих трудов, а в особенности его поколение. «Едва достигнув зрелости, мои современники приступили к работе по ликвидации катастрофы [Франко-прусской войны] <...>. Прошли годы, а освобождение так и не наступило. И теперь мы задаемся вопросом: унаследовали ли вы ту мечту, без которой все наши жертвы были бы напрасными? Может быть <...> то, что для нас казалось невыносимой несправедливостью <...>, кровоточащей раной, для вас — просто смутная историческая память, как далекие битвы при Азенкуре и Павии»⁷⁰.

Кризисы и восстановление сил всегда были в поле зрения Пуанкаре: и в политике, и в философии, и в науке. Если политический идеал его поколения состоял в том, чтобы «исправить катастрофу» 1871 г., то были и другие (более свежие) поводы, чтобы перестроить, отремонтировать

⁶⁹ *Poincaré*. Le Banquet du 11 Mai 1903. P. 63.

⁷⁰ *Ibid.* P. 63–64.

и улучшить научную машину. В апреле 1904 г. у него появилась вторая возможность возместить ущерб, причиненный кризисом Дрейфуса. Суд поручил ему изучить знаменитый *bordereau*, и Пуанкаре с двумя коллегами по обсерватории проанализировали улики. Они исследовали почерк, используя точные астрономические инструменты, и пересмотрели каждый элемент цепочки обвинительных рассуждений, призванных обосновать почти абсолютную достоверность того, что *bordereau* действительно принадлежал Дрейфусу. Вывод Пуанкаре: анализ почерка — непозволительное применение плохо аргументированной вероятности в отношении не надлежащим образом сформированного документа⁷¹. Благодаря 100-страничному докладу Пуанкаре от 2 августа 1904 г. интервенция увенчалась успехом. Пуанкаре сокрушил, например, довод обвинения о том, что Дрейфус собственноручно написал в *bordereau* слово «*intérêt*». Альфонс Бертильон, знаменитый эксперт-графолог со стороны обвинения, утверждал, что слово могло быть написано только с помощью координатной сетки военной карты — посредством масштаба, который, как известно, приравнивал диаметр *sou* к километру. Вместе со своими коллегами-математиками Пуанкаре увеличил это слово до огромных размеров, так сказать, нанеся его на карту. Их вывод: утверждения Бертильона о кривизне, длине, наклоне и высоте букв были такими же произвольными (разными для каждой буквы), как и его ложный микрокалиграфический анализ циркумфлекса. У этого слова не было «геометрических особенностей». Ничто не свидетельствовало о том, что оно было написано кем-то, работающим за столом офицера штаба, использующим военную картографию⁷². Впечатленный суд оправдал Дрейфуса. И снова Пуанкаре наметил техническое решение для глубокого кризиса. На этот раз потребовалось

⁷¹ *Débarbat*. An Unusual Use. 1996. P. 52.

⁷² *Darboux, Appell, Poincaré*. Rapport. 1908. P. 538–549.

нечто большее, чем таблица коэффициентов (как в случае с решением проблемы децимализации). Но в некотором смысле подход был тот же: оперируя расчетами и техническими средствами, он помог разрядить кризис.

Кризисы возникали и в других местах. В сентябре 1904 г., всего несколько недель спустя, Международный конгресс искусств и наук собрался на площадке международной выставки в Сент-Луисе, штат Миссури, для чествования прогресса. Прочитанная в разгар Всемирной ярмарки речь Пуанкаре о будущем физики была нацелена на то, чтобы акцентировать границы и слабые места этой дисциплины. Координация времени занимала видное место в более масштабной картине непрерывного прогресса: «...существуют признаки серьезного кризиса [в физике], — признавал Пуанкаре в начале своего выступления, — но давайте не будем впадать в отчаяние. Мы уверены в том, что пациент не умрет от этой болезни. Мы можем также надеяться, что кризис будет полезным, ибо история прошлого, кажется, гарантирует это»⁷³.

В понимании Пуанкаре математическая физика получила свою первую идеальную форму в ньютоновском законе гравитации. Каждое тело во Вселенной, каждая песчинка, каждая звезда притягивались к любому другому телу силой, обратно пропорциональной квадрату их расстояния. Этот простой закон, в разных формах и применяемый к различным видам сил, сформировал первый этап истории физики. В этом миролюбивом королевстве возник кризис, когда объяснительная схема Ньютона оказалась недостаточной для сложных промышленных процессов, с которыми столкнулись физики в XIX в. Нужны были новые принципы, которые могли бы описать весь процесс в целом, не сосредото-

⁷³ *Poincaré*. The Present State and Future of Mathematical Physics; изначально: *Poincaré*. L'État actuel et l'avenir de la physique mathématique. 24 September 1904. Congress of Arts and Science at St. Louis, Missouri // *Bulletin des Sciences Mathématiques*. 1904. No. 28. P. 302–324. Перепечатано в: *Poincaré*. Valeur de la Science. 1904. P. 123.

точиваясь, как того, наверное, хотелось Ньютону, на каждой мельчайшей детали этой машины. Такие новые принципы включали положение о том, что масса системы всегда остается неизменной или что энергия системы остается постоянной с течением времени. Большим успехом была теория Максвелла, которая охватывала все феномены оптики и электричества, описывая мир как состояния бескрайнего вездесущего эфира.

Неужели эта вторая фаза развития физики XIX в. так сильно превзошла мечты Ньютона? Конечно же. Показала ли она тщетность первого этапа? Пуанкаре убеждал свою интернациональную публику: «...ни в коем случае. Разве вы думаете, что второй этап мог бы состояться без первого»? Идея Ньютона о центральных силах привела к принципам второй фазы (в том числе и Пуанкаре). «Именно математическая физика наших отцов мало-помалу знакомила нас с этими различными принципами и приучила нас распознавать их в любом обличье»⁷⁴. Наши предшественники сравнивали принципы с данными опыта, размышляли над тем, какие изменения нужно внести в их формулировку, чтобы адаптировать их к опытной фактуре, расширяли эти принципы и закрепляли их. В итоге мы пришли к тому, чтобы рассматривать эти принципы, в том числе сохранение энергии, как экспериментально доказанные истины. Постепенно старая концепция центральной силы стала казаться избыточной, даже гипотетической. Это потрясло самые основания ньютоновской физики.

Описывая этот новый «кризис», Пуанкаре в характерной для него манере создает преамбулу к его преодолению. Следуя мелиористской позиции, которой он придерживался в течение 15 лет, Пуанкаре настаивал на том, что освобождение от традиционных убеждений не требует разрыва: «Рамки нельзя сломать, потому что они эластичны; но они были

⁷⁴ Poincaré. The Present State. 1904. P. 128.

расширены; наши отцы, которые их установили, не трудились напрасно; и мы можем распознать в сегодняшней науке общие черты эскиза, набросанного ими»⁷⁵. С точки зрения Пуанкаре, физика в 1904 г., тем не менее, стояла на пороге нового этапа в своей истории. Радий, «этот великий революционер», дестабилизировал принятые истины физики, вызвав кризис. Все принципы физики XIX в. так или иначе пошатнулись.

Одна из надежд заключалась в том, чтобы заново осмыслить концепцию эфира, измерив, с какой скоростью проходит сквозь него Земля. Пуанкаре сетовал, что все подобные попытки, даже самые точные из них, предпринятые Майкельсоном, закончились неудачей, доведя теоретиков до предела их изобретательности. «Лоренцу удалось добиться успеха только за счет накопления гипотез». Из всех этих «гипотез» Лоренца одна, по мнению Пуанкаре, была самой выдающейся:

Самой оригинальной идеей [Лоренца] была идея локального времени. Представим себе двух наблюдателей, которые хотят согласовать свои часы с помощью оптических сигналов; они обмениваются сигналами, но поскольку они знают, что передача не является мгновенной, они заботятся о том, чтобы пресечь их (cross them). Когда наблюдатель в пункте *B* получает сигнал из пункта *A*, его часы не должны показывать то же время, что и в пункте *A* в момент отправки сигнала, но скорее время, дополненное константной величиной, представляющее длительность передачи сигнала.

Сначала Пуанкаре рассуждал о двух наблюдателях в точках *A* и *B*, находящихся в состоянии покоя, — их наблюдательные позиции были неподвижными относительно эфира. Но затем, с 1900 г., Пуанкаре стал задаваться вопросом, что происходит, когда наблюдатели находятся в системе координат, движущейся сквозь эфир. В этом случае «длитель-

⁷⁵ Ibid.

ность передачи сигнала не будет одинаковой в обоих направлениях, поскольку наблюдатель в пункте *A*, например, движется в направлении оптического возмущения, исходящего из пункта *B*, в то время как наблюдатель в пункте *B* отдаляется от оптического возмущения в пункте *A*. Их часы, согласованные таким образом, не будут показывать истинное время — они будут показывать то, что можно назвать локальным временем, таким образом, что один из них будет смещен по отношению к другому. Но это не имеет большого значения, потому что у нас нет никакого способа воспринять это». Истинное и локальное время различаются. Но ничто, настаивал Пуанкаре, никогда не позволит наблюдателю в пункте *A* понять, что его часы будут запаздывать по отношению к часам *B*, потому что отклонение хода часов *B* будет компенсироваться точно такой же величиной. «Все явления, которые будут происходить в *A*, будут запаздывать, но все они будут регистрироваться позже на одну и ту же величину, и наблюдатель никогда не сможет этого заметить, потому что его часы будут отставать; таким образом, в соответствии с *принципом относительности*, не существует никаких средств для того, чтобы установить, находится ли он в покое или в абсолютном движении»⁷⁶.

Тем не менее скоординированных часов самих по себе было недостаточно для спасения всей классической физики с ее основополагающими принципами. По словам Пуанкаре, вызовы радиоактивности сгустились над физической дисциплиной, как грозовые тучи. Принципу сохранения энергии угрожало самопроизвольное излучение радиоактивных частиц. У принципа константности массы тоже были проблемы: быстрые заряженные частицы вели себя так, как будто их масса зависела от скорости, с которой они двигались. Принцип действия-противодействия также был под угро-

⁷⁶ Poincaré. The Present State. 1904. P. 133. (Перевод отредактирован и курсив добавлен автором.)

зой, потому что, согласно теории Лоренца, лампа, проецирующая лучи света, отклонялась *до того*, как световой луч прибывал туда, где он вызывал отдачу при поглощении. Даже принцип относительности был поставлен под вопрос. Стремясь предотвратить это, физики обратились к противоядию «локального времени» и идее сокращения длины. Что делать? Конечно же, доверять экспериментаторам. Тем не менее для Пуанкаре цепь ответственности заканчивалась на теоретиках: теоретики создали этот беспорядок, они и должны были справиться с ним. Но ни одно теоретическое спасение принципов классической физики не могло состояться посредством отказа от «физики наших отцов». Вместо этого прогресс предполагал переработку прошлого: «Давайте возьмем теорию Лоренца, покрутим ее со всех сторон, немного модифицируем, и, возможно, все получится». Пуанкаре надеялся, что организм физики, несмотря на некоторые изменения, раскроет свою константную сущность, как животное, сбрасывающее свою оболочку для обретения новой. Отказаться от такого принципа, как принцип относительности, — это все равно что пожертвовать «ценным оружием» накануне сражения⁷⁷.

Пуанкаре и Лоренц «покрутили теорию со всех сторон», улучшив ее, как могли. В мае 1904 г. Лоренц модифицировал свои прежние допущения о сокращении длины и фиктивном «локальном времени» таким образом, что новые физические уравнения при введении в них переменных, отражавших сокращенную длину и локальное время, больше не были *приблизительно* одинаковыми для любой системы отсчета, инерционно движущейся сквозь эфир, а вместо этого стали абсолютно *идентичными*⁷⁸. Такого яркого подтверждения понимания принципа относительности — как сам

⁷⁷ Ibid. P. 142, 146–147; Poincaré et les Physiciens (неопубликованная переписка из Архива Анри Пуанкаре). The Henri Poincaré Archive. Document 124. P. 191–193 (письмо Пуанкаре Лоренцу, дата неизвестна).

⁷⁸ Lorentz. Electromagnetic phenomena. 1904.

Пуанкаре однажды об этом высказался — было достаточно для французского ученого, чтобы приняться за работу. 5 июня 1905 г. он подвел итоги своей работы во Французской академии наук. Впервые у него была теория, учитывающая как оптические эксперименты, так и новые эксперименты с быстрыми электронами, как он давно надеялся, внутри «эластичной рамки» физики Лоренца. Работа под заголовком «О динамике электрона», полностью опубликованная в 1906 г., завершила давний проект Пуанкаре, дополнив модель синхронизации часов последней деталью: синхронизация часов привела к улучшению локального времени Лоренца, из которого следует, что уравнения физики приняли одну и ту же форму *для всех систем отсчета*.

Всего несколько месяцев спустя, в зимнем семестре 1906–1907 гг., Пуанкаре разъяснял своим ученикам, как улучшенное «локальное время» Лоренца подходит для сокращения Лоренца, что делает полностью невозможным обнаружение движения Земли относительно эфира⁷⁹. Еще в 1908 г. он настаивал на том, что *кажущееся* время передачи сигнала пропорционально *кажущемуся* расстоянию: «...невозможно отделаться от впечатления, что принцип относительности является общим законом природы, что никто никогда не смог бы никакими мыслимыми средствами доказать ничего иного, кроме *относительных* скоростей объектов» — движение относительно эфира никогда не может быть обнаружено⁸⁰. В этом состоял последний элемент десятилетних попыток Пуанкаре улучшить машинерию физической науки, сохраняя при этом «эластичную рамку» старого: проект «новой механики», который оберегал идею эфира, бросая при этом вызов старым представлениям о пространстве, времени, одновременности. Это был модернизм абстрактной машины.

⁷⁹ Poincaré. Les Limites de la loi de Newton. 1953–54. P. 220, 222.

⁸⁰ Poincaré. La Dynamique de l'électron. 1908. P. 567.

Как бы ни была прекрасна теория в своем воплощении принципа относительности, Пуанкаре уже давно дал понять, что принципы вырастали из эксперимента, признавая, что эксперименты могут вызвать проблемы для принципов. Принцип относительности не был исключением. Действительно, в самом начале своего сочинения «О динамике электрона» Пуанкаре предупреждал, что вся теория может быть поставлена под угрозу из-за новых экспериментальных данных⁸¹. Лоренц также учуял неприятности из лаборатории. В письме Пуанкаре от 8 марта 1906 г. Лоренц радовался совпадению их результатов. Но это соответствие означало, что каждый из них сталкивался с одинаковой опасностью: «К сожалению, моя гипотеза о сплющивании электронов находится в противоречии с результатами новых экспериментов г-на [Вальтера] Кауфмана, и я считаю, что обязан отказаться от нее; поэтому, мне кажется, я зашел в тупик, невозможно создать теорию, которая требует полного отсутствия влияния трансляции (translation) на электромагнитные и оптические явления»⁸².

К тому времени, когда Пуанкаре и Лоренц перенесли свое беспокойство на бумагу, оба осознали, что основы их физики находятся в смертельной опасности — их рьяные поиски объяснения микрофизики электрона, их долгая борьба за создание принципа относительности и их бесконечные попытки определения статуса эфира. Первое время после 1905 г. некоторые физики приняли новую теорию, сохранив при этом прежнее стремление найти электрическое объяснение для всей физики. Другие придерживались математики, игнорируя преобразование времени. Но, в конце концов, наибольшую угрозу представляли не магниты, труп-

⁸¹ *Poincaré*. Sur la Dynamique; перепечатано в: *Mécanique Nouvelle*. 1906. No. 22; *Miller*. Einstein. 1981.

⁸² Poincaré et les Physiciens (неопубликованная переписка из Архива Анри Пуанкаре). The Henri Poincaré Archive. Letter 127 (письмо Лоренца Пуанкаре, 8 марта 1906 г.).

бы и фотопластинки в экспериментах Кауфмана. Опасность была не в том, как быстро электроны отклонялись посредством электрических и магнитных полей, или в какие-либо иных экспериментах. Хотя «истинные отношения» физики Пуанкаре и сохранились, в долгосрочной перспективе его видение времени и пространства (которое полагало эфир необходимой основой для интуитивного математического понимания и проводило четкую грань между временем истинным и кажущимся) потеряли свое место в официальном каноне современной физики. Незвестный 26-летний физик из Бернского патентного бюро предложил другой путь, отбросив электронную структуру, эфир и различие между «кажущимся» и «истинным временем». Вместо этого он ввел скоординированные часы в теорию не как вспомогательное средство для физической интерпретации локального времени, а как краеугольный камень релятивистской физики.

Глава 5

Часы Эйнштейна

МАТЕРИАЛИЗАЦИЯ ВРЕМЕНИ

В ИЮНЕ 1905 г. разница между Эйнштейном и Пуанкаре не могла быть более разительной. 51-летний Пуанкаре жил в Париже, был академиком и влиятельнейшим ученым. К тому моменту он успел занять профессорские посты в самых известных университетах Франции, возглавить несколько министерских комиссий и опубликовать целую серию книг — о небесной механике, электричестве и магнетизме, беспроводном телеграфировании и термодинамике. Более 200 технических статей, вышедших под его именем, охватывали все сферы научного знания. Сборник философских эссе, ставший хитом продаж, приобщил к его размышлениям о предназначении науки огромную аудиторию читателей. Среди них был и Эйнштейн — в то время никому не известный 26-летний сотрудник патентного бюро, живший в скромном районе Берна.

В отличие от Франции и Великобритании Швейцария не была колониальной державой. В отличие от Соединенных Штатов и России у нее не было столь протяженной территории, равно как и хотя бы одного гектара незаселенной земли, нуждающейся в установлении железнодорожного и телеграфного сообщения, проведении реформы вре-

мени. По сравнению с другими европейскими странами телеграф пришел в Швейцарию довольно поздно, как и система железных дорог. Однако с их приходом в конце XIX в. движение страны к синхронизации часов сразу же получило осязаемый импульс: что не удивительно для нации, рассматривающей производство часовых механизмов как предмет национальной гордости и значимый источник дохода¹.

Широко известный в профессиональных кругах, Маттеус Гипп работал со всеми видами часовых механизмов. Попав в опалу в родном Вюртемберге из-за своих республиканских и демократических устремлений, он был радушно принят в Швейцарии. Сконструированный Гиппом электрический маятник был настолько точным, что намного превосходил любой механический аналог: несмотря на свою тяжеловесность, он раскачивался совершенно свободно, за исключением моментов, когда возникала потребность в электромагнитном заряде. Наряду с электрическими механизмами Гипп усовершенствовал регистрирующие часы, радикальным образом изменившие экспериментальную психологию. В сотрудничестве с физиками и астрономами он смог измерить скорости распространения света, нервного импульса и тока в телеграфе, тем самым изобретая новые пути для материализации времени с помощью часов и электричества. Несмотря на тесную работу с учеными (в особенности со швейцарским астрономом Адольфом Хиршем), Гипп оставался скорее ремесленником-предпринимателем, нежели математиком-

¹ См. великолепную работу о времени в Швейцарии: *Messerli. Gleichmässig, pünktlich, schnell.* 1995 (особенно гл. 5). Биографию Маттеуса Гиппа см. в: *de Mestral. Pionniers suisses.* 1960; а также *Weber, Favre. Matthäus Hipp.* 1897; *Kahlert. Matthäus Hipp.* 1989. О связи Гиппа с астрономом Хиршем и о том, как новые технологии времени и одновременности множеством способов соединили историю экспериментальной психологии с астрономией, см. замечательные работы: *Canales. Exit the Frog.* 2001; *Schmidgen. Time and Noise.* 2002; *Bigg C. Behind the Lines. Spectroscopic Enterprises in Early Twentieth Century Europe* (неопубликованная докторская диссертация). University of Cambridge, 2002.

ученым. Основав фабрики по производству телеграфов и электрических часовых механизмов в Берне, а позднее и в Невшателе и Цюрихе, Гипп привел свою компанию от первой общедоступной торговой сети механических часов (1861 г.) к еще более значительному успеху. В 1889 г. фирма Гиппа получила название A. De Peuyer and A. Favarger et Cie; к 1908 г. компания снабжала часами не только обсерватории и железные дороги, но также колокольни и отели (специально для которых было запущено производство будильников)². С приходом времени на каждую улицу инженеры нуждались в методах, позволивших бы объединить вместе как можно больше производственных отделов. За триумфальным шествием времени последовал поток патентов, направленных на улучшение реле и усилителей.

До унификации часов, для того чтобы показать время на городском здании, требовалось установить несколько циферблатов. На башне Тур де л'Иль в Женеве (рис. 5.1, ср. рис. 5.2) в 1880 г. их было сразу три: большой циферблат в центре показывал среднее время в Женеве (10:13), часы слева показывали парижское время по линии Париж — Лион — Средиземное море (9:58), часы справа — время Берна, на пять минут опережающее женевское (10:18). Синхронизация часов в Швейцарии была массовой и в высшей степени заметной. Таким же был и хаос раскоординированного времени.

Берн запустил свою собственную городскую систему часов в 1890 г.; преобразования, расширения и новые системы начали распространяться по всей Швейцарии. В точном, координированном времени нуждались не только пассажиры европейских железных дорог или прусские военные; не менее важным оно было для рассредоточенной по стране швейцарской часовой индустрии, которая отчаянно нуж-

² О Гиппе: *Kahlert. Matthäus Hipp. 1989. Landes. Revolution in Time. 1983. P. 237–337* — замечательное исследование швейцарской часовой индустрии, хотя в основном посвященное производству часов, а не профессиональным структурам.



РИС 5.1. Три циферблата: Башня Тур де л'Иль в Женеве (приблизительно 1880 г.)

До унификации времени часовая башня, подобная этой, наглядно демонстрировала разнообразие времен.

Источник: Centre d'Iconographie Genevoise, RVG N_{13X18 14934}*

далась в средствах согласованной калибровки³. Но время, наряду с практичностью, всегда значило нечто большее: оно было материально-экономической необходимостью *и* культурной фантазией. Профессор Вильгельм Фёстер из Берлинской обсерватории, настроившей главные берлинские часы по движению небесных тел, фыркал: любые городские часы, не гарантировавшие время с точностью до минуты, были механизмом, «полным презрения к людям»⁴.

³ См.: Favarger. L'Électricité. 1924. P. 408–409.

⁴ Die Zukunft der oeffentlichen Zeit-Angaben. 12 November 1890; Merle. Tempo! 1989. P. 166–178. Цит. по: Dohrn-van Rossum. History of the Hour. 1996. P. 350.



Рис. 5.2. Один циферблат: Башня Тур де л'Иль в Женеве (после 1886 г.)

После унификации времени та же башня, что изображена на рис. 5.1, нуждалась только в одних часах: унификация времени была очевидна для всех.

Источник: Centre d'Iconographie Genevoise, RVG N_{13X18 14934}.

Окно патентного бюро Эйнштейна в этот электрохронометрический мир открыло решающий момент в синхронизации швейцарского времени.

Несмотря на безоговорочную поддержку генералом фон Мольтке пангерманской унификации часов и неугасающий энтузиазм североамериканских сторонников единого общемирового времени, Альбер Фаварже, один из главных инженеров Гиппа, впоследствии с успехом сменивший его в качестве главы компании, не был удовлетворен существующим

щими темпами развития. Он намеревался заявить об этом публично в 1900 г. на Всемирной выставке в Париже. Здесь состоялся Международный конгресс по хронометрии, на котором обсуждалось, в частности, текущее состояние проекта по координации времени⁵. В начале своей речи Фаварже задался вопросом, как могло распространение электрического времени так ошеломительно отставать от распространения родственных ему технологий телеграфирования и телефонной связи? Во-первых, предположил он, причиной тому были технические трудности; дистанционно согласованные часы не могли положиться на дружелюбного помощника (*ami complaisant*), который мог бы предвидеть и устранить даже малейшую неполадку, тогда как двигатель, динамомашинка или телеграф, казалось, функционировали при постоянном участии человека. Во-вторых, имел место технический дефицит — лучшие техники работали над устройствами питания и средствами коммуникации, а не часовыми механизмами. Наконец, сокрушался докладчик, распространение времени не находило должной финансовой поддержки. Отсутствие общественного энтузиазма приводило Фаварже в замешательство: «Как такое может быть, что мы еще не испытали насущной, абсолютной, я бы даже сказал, коллективной потребности в равномерном и регулярном распределении времени? <...> В конце XIX в. сама постановка подобного вопроса неслыханна, особенно по отношению к современной деловой и вечно спешащей публике, сделавшей своим девизом выражение “время — деньги”»⁶.

По наблюдениям Фаварже, плачевное состояние распространения времени катастрофически не соответствовало нуждам современной жизни. Никакие старомодные механические, гидравлические или пневматические механизмы больше не годились. Электричество открывало дорогу в бу-

⁵ *Favarger*. Sur la Distribution de l'heure civile. 1902.

⁶ *Ibid.* P. 199.

дущее, которое могло в полной мере наступить только при условии, что человечество порвет со своим прошлым — механическими часами, символом технической эпохи, раздражаемой анархией, непоследовательностью и рутинностью. В отличие от пневматического хаоса Парижа или Вены, новый мир электродинамических часов будет основываться на рациональном и методическом подходе. Он приводил следующие доводы:

Не нужно долго блуждать по Парижу, чтобы заметить множество часов, как городских, так и личных, показания которых расходятся, — какие же из них врут? На самом деле, даже если врут только одни часы, люди слепо доверяют им всем. Спокойным можно быть только тогда, когда абсолютно все часы в один и тот же момент показывают одно и то же время⁷.

Могло ли быть иначе? Коснувшись трудностей с определением времени в Соединенных Штатах всего несколько лет назад, Фаварже напомнил собравшимся участникам экспозиции, что скорость поездов, мчащихся по Европе, достигает 100, 150, даже 200 км в час. Машинистам, управляющим их движением, не говоря уже о пассажирах, доверяющих скоростным машинам свои жизни, необходимо знать точное время. На скорости 55 м в секунду каждое движение секундной стрелки имеет значение, и распространенные, но устаревшие механические системы координации обречены на неудачу. Нужна была автоматическая электрическая система. «Неавтоматическая система, наиболее примитивная, но и наиболее распространенная, является непосредственной причиной анархии времени, которой мы должны положить конец»⁸.

Анархия времени. Без сомнения, формулировка Фаварже напомнила его слушателям о духе анархизма, охватившем часовых мастеров в Юре (или, если на то пошло, это могло

⁷ Ibid. P. 200.

⁸ Ibid. P. 201.

напомнить парижским слушателям о теракте французского анархиста Марсьяля Бурдена у Гринвичской обсерватории). Лишь годом ранее Петр Кропоткин в общих чертах запечатлел анархизм часовщиков в своих «Записках революционера» (1898–1899 гг.):

...сознание полного равенства всех членов федерации, независимость суждений и способов выражения их, которые я замечал среди этих рабочих, а также их беззаветная преданность общему делу еще сильнее того подкупали мои чувства. И когда, проживши неделю среди часовщиков, я уезжал из гор, мой взгляд на социализм уже окончательно установился. Я стал анархистом⁹.

Как бы то ни было, Фаварже больше беспокоил анархизм, свидетельством которого была всеобщая рассогласованность в частной и общественной жизни. Нельзя было довольствоваться старой пневматической системой — этими жесткими разветвленными паровыми трубами, которые толкали сжатый воздух, чтобы выставлять единое время на общественных и частных часах в Вене и Париже. Только электрическое распространение одновременности могло обеспечить «неограниченную экспансию зоны унифицированного времени»¹⁰. Неизменная поддержка Фаварже идеи о едином времени в удаленных друг от друга географических точках имела много причин: от практических возможностей планирования расписаний поездов и предпринимательских амбиций его компании до интуитивного предчувствия огромного значения времени для частной жизни современного горожанина. Синхронизация времени была делом одновременно политическим, коммерчески выгодным и прагматическим.

⁹ *Kropotkin*. Memoirs. 1989. P. 287. [Рус. изд.: *Кропоткин П.А.* Записки революционера. М.: Мысль, 1966. С. 260–261.]

¹⁰ *Favarger*. Sur la Distribution de l'heure civile. 1902. P. 202.

Если нам удастся избежать этого ужасающего часового анархизма, уверял Фаварже своих слушателей, мы сможем заполнить внушительный пробел в наших знаниях о мире. Хотя Международная палата мер и весов в Париже и начала осваивать две фундаментальные величины — протяженность и массу, последний рубеж, время, так и оставался непреодоленным¹¹. Покорить время было возможно, только создав постоянно расширяющуюся электрическую сеть, связанную с обсерваторскими часами, которые будут приводить в действие реле, умножая его сигналы и автоматически настраивая часы в отелях, уличных лавках и на колокольнях по всему континенту. Фаварже представлял компанию, которая приняла решение создать локальную синхронную сеть в Берне. Когда первого августа 1890 г. Берн привел стрелки своих синхронизированных часов в движение, пресса провозгласила «часовую революцию»¹².

Даже сегодня из многих точек в Берне можно отчетливо видеть циферблаты нескольких больших городских часов. В августе 1890 г., когда все они начали идти синхронно, упорядоченность согласованного времени была вписана в архитектуру этого города сводчатых галерей и церквей. Швейцарские часовщики публично присоединились к всемирному проекту электрической одновременности.

ГЕНЕРАТОРЫ ТЕОРИЙ

Все последнее десятилетие XIX в. Эйнштейна еще совсем не волновали часы; но как молодого человека 16 лет в 1895 г. его очень интересовала природа электромагнитного излучения. Тем летом он записал на бумаге свои размышления относительно того, как изменится состояние эфира внутри магнитного поля; например, как его части расширятся

¹¹ Ibid. P. 203.

¹² Ibid. Цит. по: *Messerli*. Gleichmässig, pünktlich, schnell. 1995. P. 126.

в ответ на прохождение волны. Даже его незамутненному воображению было некомфортно от «расхожего представления» об излучении как волне, движущейся в статичном, материальном эфире. Предположим, вспоминал он позже ход своих мыслей, что кто-то смог поймать световую волну и, скажем, оседлать ее, что допускала классическая физика. Этот кто-то увидел бы разворачивающуюся перед ним электромагнитную волну, поле, колеблющееся в пространстве, но застывшее во времени. Однако ничего подобного застывшей волне зафиксировано не было¹³. Что-то было не так в этой картине, но Эйнштейн не знал, что именно.

После первой неудачной попытки имматрикуляции Эйнштейн начал свое обучение в одном из лучших технических университетов Швейцарии (и Европы): Швейцарской высшей технической школе Цюриха, основанной в 1855 г. Без сомнения, в 1896 г. это учреждение сильно отличалось от Политехнической школы, в которую поступил Пуанкаре в начале 1870-х годов. Оба учебных заведения делали упор на инженерные дисциплины. Однако слава Политехнической школы долго держалась на методе обучения, совмещающем математическую теорию с непосредственной научной практикой, — фундаменте, благодаря которому выпускники этой школы могли впоследствии продолжить свое обучение в Горной школе Парижа, например. Со времен правления Наполеона французы стремились обучать элиту высшей математике, способной в нужный момент удовлетворить потребности практического мира, которым эта элита будет управлять. Основанная в середине XIX в. в Швейцарии — стране, небогатой природными ресурсами, но не желающей отставать в темпах индустриализации от Франции, Великобритании и Германии, — Швейцарская высшая техническая школа сильно отличалась от Политехнической школы Па-

¹³ *Einstein*. On the Investigation of the State of the Ether. 1895; *Einstein*. Autobiographical Notes. 1969. P. 53.

рижа: ей требовалась мгновенная связь теории и практики. Потребность страны в водных ресурсах и электричестве, строительстве дорог, железнодорожных путей и мостов ни на минуту не отходила на задний план¹⁴. Возьмем, к примеру, механику. Пуанкаре высказывался о ней как о «фабричном штампе» Политехнической школы, который данное учебное заведение оставляло на всех своих студентах, независимо от того, становились ли они потом математиками-теоретиками, чиновниками или военными. Математика была профильной дисциплиной, с оглядкой на которую преподавалась и механика: абстрактная часть курса постепенно уточнялась до той степени, когда она становилась практически применимой. В Цюрихе 1855 г., напротив, курс механики читал горный инженер, слабо заинтересованный в абстрактной математике. Переняв скорее немецкую, нежели французскую педагогическую модель, швейцарцы настаивали на скорейшем объединении теории и практики уже на первых курсах обучения. Швейцарская промышленность нуждалась в специалистах буквально во всех сферах производства: от телеграфов и поездов до водопроводов и мостов. С самого начала (и на протяжении всей истории Высшей технической школы) прикладные и абстрактные дисциплины преподавались здесь вместе.

В отличие от Пуанкаре и его современников, пассивно наблюдавших демонстрации экспериментов в амфитеатре лекционной аудитории, Эйнштейн провел немало часов за работой в хорошо оборудованной физической лаборатории. В Политехнической школе принцип работы какого-либо устройства часто рассматривался в виде абстракции; когда Корню захотел изучить синхронизированные часы, он создал элегантную физическую теорию, объясняющую их работу. Учитель Эйнштейна Генрих Фридрих Вебер, напротив, весьма конкретно говорил о теплопроводности

¹⁴ *Urner. Vom Polytechnikum zur ETH. P. 19–23.*

гранита, песчаного камня и стекла. Как подробно описывает учебный процесс Эйнштейн в своих дневниках, изучение термодинамики в Швейцарской школе колебалось туда-сюда между основными уравнениями и скрупулезными расчетами и лабораторными установками из стекла, насосов и термометров¹⁵. Безусловно, отличия между двумя учреждениями отражали разницу в оценке способности теории описать мир. В Политехнической школе преобладал гордый агностицизм в отношении атомов (и других гипотетических физических объектов). В Швейцарской высшей технической школе у Вебера и его коллег не было времени на изоэщренные интеллектуальные игры, как и интереса к исследованию бесчисленного количества явлений ради самого этого исследования. Вводя понятие «теплоты», ничуть не заботясь об «истинной природе» тепла, Вебер утверждал, что связи между физическими величинами напрямую указывают на механическую картину, в которой теплота является не чем иным, как молекулярным движением. Затем он вычислил количество молекул и зафиксировал их свойства. Никакого метафизического реализма, лишь практическое наблюдение инженера о том, что атомы позволяют вести работу¹⁶.

Летом 1899 г. Эйнштейн все еще мучительно размышлял об эфире, движущихся телах и электродинамике. Со своей возлюбленной Милевой Марич он поделился воспоминанием о том, как в Арау (в средней школе) он придумал способ измерить и, возможно, объяснить то, как свет проходит через прозрачные тела, находящиеся под

¹⁵ Например, заметки Эйнштейна к лекциям Вебера; см.: *Collected Papers*. Vol. 1. P. 142. Работа самого Вебера затрагивала множество тем экспериментального и прикладного характера: температурная зависимость удельных теплоемкостей, закон распределения энергии для излучения черного тела, цепи переменного тока и углеродные нити. Примечание редактора см.: *Collected Papers*. Vol. 1. P. 62; *Barkan*. Nernst. 1999. P. 114–117.

¹⁶ Заметки Эйнштейна к лекциям Вебера; см.: *Collected Papers* (translation). Vol. 1. P. 51–53.

воздействием эфира¹⁷. Теперь ему казалось, что от наивных материалистических теорий, предполагавших движение частичек эфира тут и там, нужно попросту отказаться. Несомненно, такое строгое отношение Эйнштейна к теории частично было следствием приобретенной им в Швейцарской школе установки на вычисления. И все же он был разочарован невниманием университета к сравнительно новым теориям Максвелла об электричестве и магнетизме. Эйнштейн решил изучить их самостоятельно. Одним из важнейших источников для него стала работа Генриха Герца. Герц упростил сложную теорию Максвелла до лежащих в ее основе уравнений и, ко всеобщему удивлению, экспериментально продемонстрировал существование электрических (радио) волн в эфире. За свою короткую жизнь Герц отдал много сил различным формулировкам теорий электричества и магнетизма, открыто сомневаясь в наличии у этих двух слов какого-либо материального референта. Эйнштейн обратил критическое оружие Герца против неподвижного эфира:

Я снова принялся за том Гельмгольца и сейчас очень внимательно перечитываю работу Герца о прохождении электрического заряда, поскольку так и не понял трактат Гельмгольца о принципе наименьшего действия в электродинамике. Я все больше убеждаюсь, что распространенное сегодня представление об электродинамике движущихся тел не соответствует действительности, и ее можно представить гораздо проще. Введение понятия «эфир» в теорию электричества привело к появлению медиума, чье движение можно описать, не придавая, как мне кажется, этому описанию какой-либо физический смысл¹⁸.

¹⁷ Письмо Эйнштейна Милеве Марич, 10 сентября 1899 г., № 52; см.: *Collected Papers (translation)*. Vol. 1. P. 132–133.

¹⁸ Письмо Эйнштейна Милеве Марич, август 1899 г., № 8 // *Einstein. Love Letters*. 1992. P. 10–11; см. также: *Collected Papers (translation)*. Vol. 1. P. 130–131. О специфическом понимании Эйнштейном аспектов электродинамики см.: *Holton. Thematic Origins*. 1973; *Miller. Einstein's Relativity*. 1981; *Darrigol. Electrodynamics*. 2000.

Электричество, магнетизм и токи, заключил Эйнштейн, нужно определять не как материальные проявления эфира, а как движение «реально существующих» электрических масс сквозь пустое пространство. Неподвижная, нематериальная концепция эфира может оказаться эффективнее; вслед за получившей всеобщее признание теорией Лоренца многие ведущие физики задумывались ровно о том же.

Приблизительно в 1901 г., столкнувшись с неспособностью экспериментаторов привести в движение эфир или зафиксировать движение внутри него, Эйнштейн отказался даже от нематериальной концепции. Эфир, центральное понятие теоретической физики XIX в., остался в прошлом. Для Эйнштейна он не был ни образующей частью электрических частиц, ни всепроникающей средой, необходимой для распространения света. Еще до того как Эйнштейн ступил на порог патентного ведомства, в его голове начал складываться пазл; вполне возможно, он уже интуитивно догадывался о принципе относительности¹⁹. Во всяком случае, он пересмотрел значение уравнений Максвелла, ориентируясь на реалистичную картину движения электрических зарядов. Он отказался от понятия эфира. Тем не менее ни одно из этих соображений не было напрямую связано со *временем*.

С 1900 по 1902 г. Эйнштейн оставался на периферии институциональной науки. Несмотря на полученный в Швейцарской высшей технической школе диплом преподавателя математики, он не мог найти работу в университете. Он занялся репетиторством и начал искать свой путь в теоретической физике вне стен университета. С одной стороны, он изучал основы термодинамики (науки о теплоте) наряду со статистической механикой (теорией, представлявшей теплоту как движение частиц). С другой стороны, он стре-

¹⁹ Подробнее об Эйнштейне и эфире см. статью редактора: Einstein on the Electrodynamics of Moving Bodies // Collected Papers. Vol. 1. P. 223–225; *Darrigol*. Electrodynamics. 2000. P. 373–380. О раннем использовании Эйнштейном принципа относительности см.: *Ibid*. P. 379.

мился, пока еще не на бумаге, понять природу света и его взаимодействие с материей. Прежде всего он хотел знать, что собой представляет электродинамика движущихся тел.

Неослабевающий оптимизм, уверенность в себе наряду с дерзким пренебрежением по отношению к самодовольным научным авторитетам чувствуются во многих письмах Эйнштейна. В мае 1901 г. он признается Милеве: «К сожалению, в Политехникуме [Швейцарской высшей технической школе] нет никого, кто разобрался бы в современной физике, и я уже оставил попытки достучаться хоть до кого-нибудь из них. Стану ли я настолько же ленив в интеллектуальном плане, если у меня будет складываться карьера? Мне хочется думать, что нет, но опасность, несомненно, велика»²⁰. Или в следующем месяце, подготовив критический отзыв на Пауля Друде (ключевую фигуру в теории электропроводности), он пишет Милеве: «Что, как ты думаешь, лежит передо мной на столе? Длинное письмо, адресованное Друде, с двумя возражениями на его теорию электронов. Ему вряд ли удастся сколько-нибудь вразумительно мне возразить, настолько здесь все просто. Мне ужасно любопытно узнать, что он ответит и ответит ли вообще. Конечно, я также дал ему понять, что у меня нет работы, это само собой разумеется». Не уступая никому в физике, Эйнштейн еще меньше был готов менять свой образ жизни, чтобы угодить осуждающим его родным и близким. Когда друзья открыто критиковали его поведение, он решительно отвергал их порицания: «Представь себе, Винтелеры бранили меня... и говорили, что я веду распутную жизнь в Цюрихе»²¹.

С самого начала обучения в Политехнической школе Пуанкаре строил доверительные отношения со своими учителями, которые старался поддерживать на протяжении

²⁰ Письмо Эйнштейна Милеве Марич, май 1901 г., № 111; см.: *Collected Papers (translation)*. Vol. 1. P. 174.

²¹ Письмо Эйнштейна Милеве Марич, май 1901 г., № 112; см.: *Collected Papers (translation)*. Vol. 1. P. 174–175.

всей жизни. Он восхищался своими старшими коллегами и давал их имена многим собственным математическим открытиям. Эйнштейну, напротив, лишь досаждали неодобрительно качавшие головой учителя, постоянно отказывающие работодатели, да и его собственная мать, с крайним неодобрением относившаяся к Милеве Марич. Поэтому, когда Друде отклонил возражения Эйнштейна в июле 1901 г., молодой ученый просто-напросто объявил его колоссом на глиняных ногах:

В ваших словах о немецкой профессуре нет преувеличения. Мне довелось встретить еще одного достойного сожаления представителя этого вида — одного из ведущих физиков Германии. На два существенных возражения по поводу одной из его теорий, наглядно демонстрировавших ошибки в аргументации, он ответил тем, что сослался на другого своего (непогрешимого) коллегу, который разделяет его мнение. Я скоро задам ему жару отличной публикацией. Непокобимый авторитет ученого — это величайший враг истины²².

Эйнштейн, возможно, в самом деле «задал бы жару», однако авторитетные оппоненты не спешили отвечать на его пламенные атаки предложениями о работе. Отказы приходили один за другим, в том числе из Кантонального техникума в Бургдорфе²³, куда он пытался устроиться старшим преподавателем на механико-технический факультет. Когда его друг, математик Марсель Гроссман, получил место в Кантональной школе в Фрауэнфельде, Эйнштейн сердечно его поздравил, добавив, что полученная возможность не волноваться о деньгах и сосредоточенно работать пойдет ему на пользу. Сам Эйнштейн тоже пробовал туда устроиться. «Я сделал

²² Письмо Эйнштейна Джосту Винтелеру, 8 июля 1901 г., № 115; см.: *Collected Papers (translation)*. Vol. 1. P. 176–177. О споре Эйнштейна см. великолепную статью: *Rem. Controversy with Drude*. 1997. P. 315–354.

²³ Письмо из департамента внутренних дел Эйнштейну, 31 июля 1901 г., № 120; см.: *Collected Papers (translation)*. Vol. 1. P. 179.

это, только чтобы не говорить себе позднее, что мне не хватило смелости попытаться: я твердо знал, что у меня нет никаких перспектив получить это место»²⁴.

Затем появилась реальная возможность трудоустройства. Швейцарское патентное бюро в Берне дало объявление о вакантном месте. Эйнштейн тут же отреагировал: «Я, нижеподписавшийся, беру на себя смелость претендовать на позицию инженера второго класса в Государственном бюро интеллектуальной собственности, которая была объявлена вакантной в номере *Bundesblatt* [государственной газете] за 11 сентября 1901 года»²⁵. Заверив патентное бюро в том, что он изучал физику и электротехнику в специализированной школе для преподавателей математики и физики при Швейцарской высшей технической школе, он сообщил, что все необходимые документы уже собраны. 19 сентября 1901 г. он радостно писал Милеве: «Теперь слушай и дай мне радостно тебя обнять и поцеловать! [Фридрих] Галлер [глава патентного бюро] лично написал мне письмо, в котором любезно предложил мне претендовать на недавно открытую вакансию в патентном бюро. Больше не может быть никаких сомнений. [Бывший товарищ по Швейцарской школе Марсель] Гроссман уже меня поздравил. Я решил посвятить ему свою докторскую диссертацию, чтобы выразить свою благодарность»²⁶. Место было у него в кармане, или почти в кармане, таким образом, они с Милевой могли пожениться.

Смягчилось даже отношение Эйнштейна к своему научному рецензенту, Клейнеру. 17 декабря Эйнштейн сообщил Милеве, что он решил «снизойти... до этого зануды Клейнера». Ему требовалось разрешение на работу во время

²⁴ Письмо Эйнштейна Марселю Гроссману, сентябрь 1901 г., № 122; см.: *Collected Papers (translation)*. Vol. 1. P. 180–181.

²⁵ Письмо Эйнштейна в Швейцарское патентное бюро, 18 декабря 1901 г., № 129; см.: *Collected Papers (translation)*. Vol. 1. P. 188.

²⁶ Письмо Эйнштейна Милеве Марич, 19 декабря 1901 г., № 130; см.: *Collected Papers (translation)*. Vol. 1. P. 188–189.

рождественских каникул. «Одна только мысль обо всех тех препятствиях, которые эти старые филистеры чинят человеку, отличающемуся от них, наводит ужас! Такие люди инстинктивно принимают любого умного молодого человека за угрозу их уязвимому тщеславию, так мне это теперь представляется. Но если ему хватит наглости отклонить мою диссертацию, я опубликую его отзыв прямо вместе с ней, и тогда он выставит себя на всеобщее посмешище. Если же он ее примет, тогда посмотрим, какую позицию займет любезный господин Друде... замечательная компания, все эти люди. Если бы Диоген жил сегодня, он со своим фонарем напрасно бы искал среди них честного человека»²⁷.

Два дня спустя фонарь Диогена представил человечество в более мягком свете: «Сегодня я всю вторую половину дня провел с Клейнером в Цюрихе и среди прочего обсудил с ним всевозможные физические проблемы. Он не настолько глуп, как я думал, и, более того, он хороший человек». В самом деле, Клейнер еще не прочел диссертацию Эйнштейна, но молодой физик уже не волновался на этот счет. Его внимание переключилось: «Клейнер посоветовал мне опубликовать мои мысли по поводу электромагнитной теории света в движущихся телах вместе с экспериментальным методом. Он считает, что предложенный мной экспериментальный метод — наиболее простой и уместный из всех возможных»²⁸.

Без сомнения, ободренный этой неожиданной поддержкой, Эйнштейн глубже погрузился в теории об эфире и движении внутри него. Он решил изучить работы Лоренца и Друде об электродинамике движущихся тел (вероятно, то, что он не сделал этого ранее, демонстрирует, насколько

²⁷ Письмо Эйнштейна Милеве Марич, 17 декабря 1901 г., № 128; см.: *Collected Papers (translation)*. Vol. 1. P. 186–187.

²⁸ Письмо Эйнштейна Милеве Марич, 19 декабря 1901 г., № 130; см.: *Collected Papers (translation)*. Vol. 1. P. 188–189. (Перевод отредактирован автором.)

далек он был от научного мейнстрима) и одолжил томик по физике у своего друга Мишеля Бессо. Пуанкаре неустанно подчеркивал в своих лекциях 1899 г., как важны были предшествующие подходы в физике. Максвелл, Герц, Лоренц и многие другие — все они заслуживали детального изучения. Даже если в чем-то они ошибались, каждый из них фиксировал «подлинные отношения» между физическими величинами. Столько терпения у Эйнштейна не было. Один из прочитанных текстов об эфире впечатлил его лишь тем, насколько он устарел. В конце 1901 г. он пишет Милеве: «Мишель дал мне книгу о теории эфира, написанную в 1885 году. Можно подумать, что он купил ее в антикварной лавке, настолько устарели изложенные там взгляды. Невольно замечаешь, как быстро в наши дни развивается знание»²⁹. Незадолго до этого он сообщил ей, что они с Бессо размышляли над «определением абсолютного покоя»³⁰.

В первые недели 1902 г. Эйнштейн перевез свои скромные пожитки из Шаффхаузена (где он временно работал в частной школе) в Берн и 5 февраля снова начал поиск учеников:

Частные уроки
МАТЕМАТИКИ И ФИЗИКИ
для студентов и школьников
добросовестно проводит
АЛЬБЕРТ ЭЙНШТЕЙН, обладатель
государственного диплома преподавателя, выданного
Политехникумом.
ГЕРЕХТИХКАЙТСГАССЕ, 32, 1-й ЭТАЖ
Пробные занятия бесплатно³¹.

²⁹ Письмо Эйнштейна Милеве Марич, 28 декабря 1901 г., № 131; см.: Collected Papers (translation). Vol. 1. P. 189–190.

³⁰ Письмо Эйнштейна Милеве Марич, 4 апреля 1901 г., № 96; см.: Collected Papers (translation). Vol. 1. P. 162–163.

³¹ Объявление Эйнштейна о частных уроках, 5 февраля 1902 г., № 135; см.: Collected Papers (translation). Vol. 1. P. 192.

Спустя несколько дней его перспективы выглядели вполне радужно. По объявлению к нему пришли два ученика. Он планировал написать выдающемуся эксперту в области статистической механики Людвигу Больцману. Его штудии быстро выходили за пределы узкофизических проблем: «Я с огромным интересом дочитываю книгу [Эрнста] Маха и планирую закончить ее сегодня вечером»³².

Одним из этих учеников стал Морис Соловин, прибывший из Румынии учиться в Университете Берна, а вторым — друг Эйнштейна, Конрад Хабихт, работавший над докторской диссертацией по математике. Втроем они основали Академию «Олимпия», неформальный клуб для обсуждения философских и всех прочих вопросов, которые вызывали у них интерес. Соловин вспоминает: «Мы могли прочесть страницу или даже половину — иногда лишь одно предложение, — и дискуссия длилась несколько дней, если проблема того стоила. Я часто встречал Эйнштейна в полдень в его офисе и возобновлял обсуждение, состоявшееся накануне: “Ты сказал..., но что ты думаешь о ...?” Или: “Я бы хотел кое-что добавить к тому, что сказал вчера...”»³³.

На повестке дня был Мах. Как философ, физик и психолог он занимал жесткую критическую позицию по отношению ко всему, что было недоступно чувственному восприятию. Хотя Эйнштейн никогда всецело не разделял его позицию, считая ее излишне заикленной на чувственном опыте, он все же перенял критическое неприятие «метафизической болтовни» об «абсолютном времени» и «абсолютном пространстве»³⁴. В своей любимой работе Маха («Механика» 1883 г.) он нашел критику абсолютного времени и пространства Ньютона, открывавшуюся цитатой из великого физика: «Абсолютное, истинное и математическое время протекает само по себе

³² Письмо Эйнштейна Милеве Марич, 28 декабря 1901 г., № 131; см.: *Collected Papers (translation)*. Vol. 1. P. 192–193.

³³ Соловин, предисловие к *Einstein. Letters to Solovine*. 1993. P. 9.

³⁴ См.: *Holton. Thematic Origins*. 1973. Ch. 7.

и, благодаря своей природе, равномерно и без всякой связи с каким-либо внешним предметом. <...>. Относительное, мнимое и обыкновенное время есть воспринимаемая чувствами и внешняя мера истинного времени». Такие рассуждения, по мнению Маха, показывали Ньютона не сторонником выверенных фактов, но скорее средневековым схоластом. Для Маха время не было чем-то изначальным, посредством чего измерялись преходящие явления. Как раз наоборот: само время происходило из движения вещей — вращения Земли, раскачивания маятника. Попытка уйти от феноменов к абсолюту казалась ему тщетной. Приговор Маха был ясным и недвусмысленным: «Это абсолютное время не может быть измерено никаким движением и поэтому не имеет никакого ни практического, ни научного значения»³⁵.

В течение последующих лет Эйнштейн часто подчеркивал, насколько важным оказался для него анализ времени Маха. Например, в 1916 г. в статье, посвященной памяти Маха, Эйнштейн писал: «Эти цитаты [из «Механики»] дают понять, что Мах видел слабые места классической механики и таким образом был близок к тому, чтобы распознать потребность в теории относительности — и это почти полвека назад! Вполне возможно, что Мах сформулировал бы и саму теорию, если бы в его время <...> физиков волновал вопрос о значении постоянства скорости света. В отсутствие этого стимула, порожденного электродинамикой Максвелла и Лоренца, даже критического настроения Маха оказалось недостаточно, чтобы почувствовать необходимость объяснить одновременность двух пространственно удаленных событий». Как и для Пуанкаре, одновременность означала для Эйнштейна пересечение физики с философией³⁶.

³⁵ *Mach*. Science of Mechanics. 1893. P. 272–273. [Рус. изд.: Мах Э. Механика. Исторически-критический очерк ее развития / пер. с нем. Г.А. Котляра. Ижевск: Ижевская республиканская типография, 2000. С. 190–191.]

³⁶ *Einstein*. Ernst Mach. 1 April 1916. Document 29 // Collected Papers. Vol. 6. P. 280.

В дискуссиях Академии «Олимпия» принимал участие и Карл Пирсон, английский математик и физик, известный своим вкладом в статистику, философию и биологию. Интересно, что Пирсон, одинаково увлеченный как Махом, так и немецкой философской традицией, также сделал наивное прочтение «абсолютного времени» объектом критического внимания. Эйнштейн и его академические коллеги нашли в его работе «Грамматика науки» (1892 г.) еще одну критическую оценку подчиненного положения всех наблюдаемых часов ньютоновскому абсолютному времени: «Время, отсчитываемое гринвичскими астрономическими часами и абсолютно всеми менее примечательными часовыми механизмами, соответствует вращению Земли под равными углами вокруг своей оси». Итак, время, показываемое часами, — это, в конечном счете, астрономическое время. Но многие факторы могут повлиять на часовой механизм вращающейся Земли, — например, приливы. «Абсолютное, истинное и математическое время», как его описал Ньютон, — это лишь фигура речи, которую мы используем для описания наших чувственных впечатлений («фрейм», по выражению Пирсона). «Но в самом мире чувственных впечатлений [абсолютные интервалы времени] не существуют». Наблюдая в двух разных случаях за звездами, пересекающими мушку наших пассажных инструментов от одной полночи до другой, мы замечаем, что любой случайный человек регистрирует приблизительно одну и ту же последовательность впечатлений. Хорошо, говорит Пирсон. Опишем эти два интервала от полуночи до полуночи как «равные». Но мы не должны обманывать себя; их равенство не имеет ничего общего с абсолютным временем: «Пустые разделы в верхней и нижней частях страниц наших концептуальных временных таблиц не оправдывают возвышенной риторики по поводу прошлой или будущей вечности времени, риторики, которая путает концептуальное осмысление с непосредственным восприятием, утверждая

реальное значение вечностей в мире феноменов, в области чувственных восприятий»³⁷.

Наряду с Махом и Пирсоном в список литературы олимпийцев попала «Критика чистого опыта» Рихарда Авенариуса; он также занимал скептическую позицию по отношению ко всему, что лежало за пределами опытного постижения. Среди других книг этого списка была «Логика» Джона Стюарта Милля, предостерегающая от «распространенной гипотезы о светоизлучающем эфире»; внимательный анализ понятия числа Дедекинда; разоблачающий индукцию «Трактат о человеческой природе» Дэвида Юма³⁸. Но из всех этих книг, помещавших основные понятия науки в критический контекст возможностей человеческого познания, Соловин выбрал одну для особо тщательного обсуждения — работу, которая в 1904 г. только что вышла на немецком языке: «...“Наука и гипотеза” Пуанкаре, которая нас полностью захватила и приковала к себе на целые недели»³⁹. В ней Эйнштейн и его олимпийцы смогли найти солидное обоснование взглядов Маха и Пирсона. В этой книге Пуанкаре ссылается на свою программную статью «Измерение времени».

Не исключено, что Эйнштейн вместе со своими олимпийцами кинулся на поиски «Измерения времени» в его оригинальном издании (опубликованном во французском философском журнале). Конечно, это маловероятно. Но здесь история принимает неожиданный поворот. В отличие от английской и французской версий книги, в немецком издании «Науки и гипотезы» были переведены и напечатаны крупные фрагменты из заключительной части «Измерения

³⁷ *Pearson. Grammar of Science. 1892. P. 204, 226, 227.*

³⁸ *Einstein. Letters to Solovine. 1993. P. 8–9; Mill. System of Logic. 1965. P. 322.*

³⁹ *Einstein. Letters to Solovine. 1993. P. 8–9; об Эйнштейне и Махе см.: Holton. Thematic Origins. 1973. Ch. 7. В других работах Соловина упоминаются следующие труды, ставшие предметом обсуждения группы: Ampère. Essai. 1834; Mill. System of Logic. 1965; Pearson. Grammar of Science. 1892; Poincaré. Wissenschaft und Hypothese. 1904.*

времени» в качестве примечаний. Таким образом, в 1904 г. члены Академии «Олимпия» имели перед собой текст на немецком языке, в котором Пуанкаре открыто отрицал любую «интуитивно понятную» одновременность, настаивал на том, что определяющие одновременность правила были выбраны из соображений удобства, а не истины, и, наконец, провозглашал: «Все эти правила и определения лишь плод неосознанного оппортунизма». В действительности, немецкие переводчики пошли еще дальше, включив в книгу длинный перечень ссылок на философов, физиков и математиков, отказавшихся от абсолютного времени в пользу относительного, от Лока и Д'Аламбера до одного из создателей неевклидовой геометрии, Лобачевского, описавшего время как всего лишь «движение для измерения других движений». Часы с маятником, часы с пружиной, вращающаяся Земля: немецкие переводчики Пуанкаре настаивали, что мы можем выбирать, какое движение использовать как единицу времени, соответствующее физическому времени t . Но наш выбор не имеет ничего общего с абсолютным временем. Напротив, он только подтверждает довод Пуанкаре о всеобщем оппортунизме при выборе физических определений одновременности и длительности⁴⁰.

Хотя было бы ошибкой предполагать, что все мельчайшие детали мысли какого-либо философа нашли отражение в работе Эйнштейна, нет никаких сомнений, что из опыта этих ранних бернских лет он вынес уверенное понимание различия между тем, что доступно в непосредственном опыте, и тем, что скрыто за завесой воспринимаемого, вне пределов досягаемости. Особый акцент на познаваемом, причем познаваемом в естественном мире с помощью чувств, был ключом к доктрине позитивизма, изложенной Огюстом Контом и исповедуемой его многочисленными последователями. В 1917 г. Эйнштейн писал философу Мо-

⁴⁰ Poincaré. *Wissenschaft und Hypothese*. 1904. P. 286–289.

рицу Шлику: «Ваши представления о том, что теория относительности предполагает позитивизм, хотя и не требует его, <...> абсолютно верны. Вы правильно поняли, что это интеллектуальное течение оказало большое влияние на мои труды, в особенности Э. Мах и в еще большей степени Д. Юм, чей “Трактат о человеческой природе” я изучал с упоением и восхищением незадолго до того, как сформулировал теорию относительности. Вполне возможно, что без этих философских штудий я бы не пришел к итоговому результату»⁴¹.

Философия имела важное значение. Не в последнюю очередь обусловленная духом времени, аргументация Эйнштейна в пользу процессуального понятия одновременности и против метафизического абсолютного времени хорошо вписывалась в серию попыток Маха, Пирсона, Милля и Пуанкаре укрепить теоретические основания физического знания. Одну за другой Эйнштейн и участники его маленького кружка находили книги для обсуждения.

Первые значимые работы Эйнштейна (1902–1904 гг.) были посвящены термодинамике и лежащему в ее основе понятию теплоты как продукту молекулярного движения (статистическая механика). Постепенно в процессе своих философских штудий, изучения термодинамики в Политехникуме и независимых исследований после его окончания Эйнштейн начал выработать подход к физике, который строился на принципах и избегал детализированных моделей. Известно, что термодинамику можно описать с помощью двух ясно сформулированных и в то же время грандиозных утверждений об изолированных системах: количество энергии всегда остается неизменным, энтропия (беспорядок внутри системы) никогда не убывает. Простота и широчайший охват этой теории оставались для Эйнштейна идеалом

⁴¹ Письмо Эйнштейна Шлику, 14 декабря 1915 г., № 165; см.: *Collected Papers*. Vol. 8a. P. 221; *Collected Papers (translation)*. Vol. 8a. P. 161.

на протяжении всей его научной карьеры. В «Науке и гипотезе» Пуанкаре он нашел воодушевленное изложение взглядов автора о том, что физика занимается анализом именно таких принципов.

И все же термины «конвенция» и «принцип» для Эйнштейна (и многих немецких физиков того времени) не коррелировали между собой в той же степени, как для Пуанкаре. Все три значения французского слова *convention* (юридическая договоренность, научное соглашение, *Конвент*) были очевидны Пуанкаре и его окружению в отношении принятой Метрической конвенции или предложенной конвенции по децимализации времени. При переводе на немецкий язык эта цепочка ассоциаций терялась. Немецкие переводчики «Науки и гипотезы» иногда использовали немецкое существительное с юридическим оттенком (*Übereinkommen*), в других случаях — словосочетание, отражающее смысл общественного соглашения (*konventionelle Festsetzung*)⁴². Более того, напрасно было бы искать в трудах Эйнштейна представление о том, что принципы являются определениями, закрепившимися в использовании лишь благодаря их «конвенциональности». Для Эйнштейна (особенно в его последние годы) принципы представляли физику и, пожалуй, даже нечто выходящее за пределы науки. В другом контексте Эйнштейн размышлял:

Мой интерес к науке всегда был существенно ограничен изучением принципов, что лучше всего объясняет мою научную биографию в целом. Я публиковался так мало по той же при-

⁴² Чаще всего Линдерманны переводили конвенцию Пуанкаре как *Übereinkommen*; но, к примеру, когда Пуанкаре возражал философу Э. Леруа в «Науке и гипотезе» (с. ххiii), использовалось другое слово. Пуанкаре писал: «Некоторые были поражены характеристикой свободной конвенции [фр.: “de libre convention”, *Science et Hypothèse* (24)], которую можно увидеть в некоторых фундаментальных принципах науки». Линдерманны перевели предложение как «...den Charakter freier konventioneller Festsetzungen...» (*Poincaré. Wissenschaft und Hypothese*. 1904. P. xiii).

чине: мое неудержимое желание понять принципы заставило меня потратить большую часть своего времени на бесплодные попытки это сделать⁴³.

Физика принципов имела большое значение для Эйнштейна. Не меньшее — критические философские размышления, сводившие физические концепции до их основных элементов. Но было что-то еще. На протяжении лет, проведенных в Берне, Эйнштейн находил вдохновение в *машинах* как материализовавшихся принципах. С самого начала Эйнштейн рассматривал патентное ведомство не как бремя, мешающее его «реальной» работе, а, скорее, как продуктивную забаву. В середине февраля 1902 г. он вспоминал, как он натолкнулся на бывшего студента Политехникума, который теперь работал в патентном ведомстве. «Он считает, что там очень скучно, — некоторые люди все находят скучным, — я же уверен, что мне там понравится, и я буду благодарен Галлеру всю свою жизнь». Или, как позже утверждал Эйнштейн: «Работа над финальными формулировками технологических патентов была для меня настоящим благословением. Она развила во мне многостороннее мышление, а также дала важные стимулы для физической мысли»⁴⁴.

Что же насчет времени? К 1902 г. Лоренц уже давно экспериментировал с мысленными математическими вариациями

⁴³ Письмо Эйнштейна Соловину, 30 октября 1924 г., см.: *Einstein. Letters to Solovine*. 1993. P. 63. Среди прочих вспоминается Макс Планк, знаменитый теоретик — сторонник относительности, с презрением относившийся к разговорам об «удобстве» в физике, склоняясь вместо этого к универсальному и инвариантному. См.: *Heilbron. Dilemmas*. 1996. P. 48–52.

⁴⁴ *Einstein. Autobiographische Skizze // Helle Zeit, Dunkle Zeit / Seelig* (ed.). 1956. P. 12; Письмо Эйнштейна Милеве Марич, февраль 1902 г., № 137; см.: *Collected Papers (translation)*. Vol. 1. P. 193. 2 июня 1902 г. Эйнштейн получил официальное уведомление о назначении его на должность в патентном бюро с годовым окладом в 3500 швейцарских франков: № 140; см.: *Collected Papers (translation)*. Vol. 1. P. 194–195; см. также № 141, 19 июня 1902 г. P. 195; он должен был приступить к своим обязанностям 1 июля 1902 г.: № 142. P. 196.

в отношении того, как будет определена временная переменная t для объекта, движущегося в эфире. Артикулированное Пуанкаре и другими физиками понятие неподвижного эфира получило теоретическое обоснование. Как мы уже знаем, Пуанкаре *интерпретировал* одновременность (сначала полностью игнорируя эфир, а затем только для систем, движущихся сквозь него) посредством согласованных с помощью светового сигнала часов. Хотя роль эфира в его теории изменилась, Пуанкаре никогда не терял убежденности в чрезвычайной ценности эфира как инструмента для мышления, условия для применения плодотворной интуиции. Он никогда не отождествлял «кажущееся время» (время, измеряемое в движущейся системе координат) с «истинным временем» (временем, измеряемым в покоящемся эфире)⁴⁵.

Пуанкаре, Лоренц и Абрахам могли только *начать* свою теоретическую работу с анализа динамики — сил, которые сталкивали, сплющивали и соединяли движущиеся сквозь эфир электроны. Силы сжимали плечо интерферометра Майкельсона — Морли; силы удерживали в электроде весь негативный заряд от того, чтобы разнести этот электрон в ключья. Из таких сконструированных теорий они хотели вывести кинематику — поведение «обычной» материи, не подверженной действию «необычных» сил.

Задача Эйнштейна была совсем иной: время не начиналось для него с динамики. В середине 1905 г. он разрабатывал иной подход к пространству и времени, который должен был стать началом физики движущихся тел с простыми физическими принципами, подобно тому как термодинамика началась с сохранения энергии и невозможности уменьшения энтропии. Лоренц был полон решимости использовать искусственное понятие времени (t_{local}) из-за его удобства при решении уравнений. Пуанкаре видел физические следствия

⁴⁵ О взглядах Пуанкаре в области динамики и кинематики см.: *Miller. Frontiers*. 1986. Parts I, III; *Paty. Einstein Philosophy*. 1993. P. 264–276; *Darrigol. Electrodynamics*. 2000.

«локального времени» для систем отсчета в постоянном движении. Как бы то ни было, до Эйнштейна ни Пуанкаре, ни Лоренц не рассматривали координацию часов как решающий шаг на пути к согласованию фундаментальных физических принципов. Как и не ожидали, что переосмысление времени перевернет их представления об эфире, электронах и движущихся частицах. Или что само сокращение Лоренца можно будет рассматривать лишь как следствие переосмысления времени. Со своей стороны, до мая 1905 г. Эйнштейн признавал лишь основные положения физики Лоренца 1895 г. и не признавал ни одной работы Пуанкаре об электродинамике. Вместо этого он читал философские тексты об основаниях науки (включая работы Пуанкаре), публиковал работы по молекулярно-статистической теории теплоты и изучал электродинамику движущихся тел. Перед тем как переступить порог патентного бюро, он не проявлял ни малейшего интереса к часам, времени и одновременности.

ПАТЕНТНЫЕ ИСТИНЫ

Так обстояли дела для Эйнштейна, когда он прибыл в Бернское патентное бюро в июне 1902 г.⁴⁶ Оно было (и не только для Эйнштейна) не просто рабочим местом, но и возможностью дополнительного образования — строгой школой, приобщавшей к пониманию машин. В то время патентное бюро возглавлял Фридрих Галлер, взыскательный наставник для своих подчиненных, требовавший от молодого инспектора оставаться критичным на каждом этапе оценки

⁴⁶ Ход нашего повествования не позволяет провести полную реконструкцию всех аспектов пути Эйнштейна к специальной теории относительности. Читатель может обратиться к прекрасному обзору: *Stachel et al.* Einstein on the Special Theory of Relativity; редакторским замечаниям: *Collected Papers*. Vol. 2. P. 253–274 (особенно p. 264–265). О последовавшем развитии ранних идей см.: *Miller.* Einstein's Relativity. 1981; *Darrigol.* Electrodynamics. 2000; *Pais.* Subtle Is the Lord. 1982.

поступавших в бюро заявок: «Когда приступаешь к работе над заявкой, предполагай, что все, что пишет изобретатель, неверно». В первую очередь ему было наказано избавиться от легковёрности: всегда существует соблазн довериться «ходу мысли изобретателя, но это лишит вас ясности мышления. Вы должны оставаться предельно бдительным»⁴⁷. Эйнштейна, изначально склонного критически относиться ко всему, что он считал плодом устаревшего, неповоротливого и ленивого мышления, предписание культивировать скепсис могло только обрадовать. Привычка проверять на прочность самонадеянные построения о возможностях шестеренок и проводов нашла отражение в аналогичной критической установке в менее осязаемой области физики. Ибо в электродинамике движущихся тел Эйнштейн выбрал проблему, которая не давала ему покоя уже около семи лет и все больше волновала ведущих физиков того времени.

Работа Эйнштейна по электродинамике 1902 г. не включала в себя исследование природы времени. Но его буквально окружала всеобщая растущая заинтересованность электроординированной одновременностью. Каждый день Эйнштейн выходил из своего дома, поворачивал налево и шел в патентное бюро — совершая прогулку до рабочего места, которая, как он писал одному своему другу, «мне очень нравится, потому что она весьма разнообразна и дает много поводов к размышлению»⁴⁸. Каждый день ему приходилось идти мимо часовых башен, возвышающихся над Берном; время на их часах было скоординировано. Каждый день он проходил мимо множества электрических уличных часов, недавно подключенных к центральному телеграфу. Прогуливаясь от своего дома на Крамгассе до патентного ведомства, Эйнштейн проходил под одними из самых известных городских часов (рис. 5.3 и 5.4).

⁴⁷ *Flückiger*. Albert Einstein. 1974. P. 58.

⁴⁸ Письмо Эйнштейна Гансу Вольвенду, 15 августа — 3 октября 1902 г., № 2; см.: *Collected Papers (translation)*. Vol. 5. P. 4–5.



Рис. 5.3. Башня с координированными часами: Крамгассе
 Когда Эйнштейн выходил из своего дома на Крамгассе и поворачивал налево на пути к бернскому патентному бюро, он видел одни из главных (координированных к 1905 г.) часов города.

Источник: Bürgerbibliothek Bern, NEG. 10379.

Фридрих Галлер в патентном бюро был для Эйнштейна во многих отношениях таким же учителем, как Вебер или Клейнер в Политехникуме.

Под его эгидой патентное бюро действительно стало школой новых технологий — местом, где приходилось учиться весьма конкретному и последовательному разбору технологических концепций. С самого начала Галлер упрекал Эйнштейна: «Как физик вы ничего не понимаете в чертежах. Вы должны научиться читать технические чертежи и обозна-

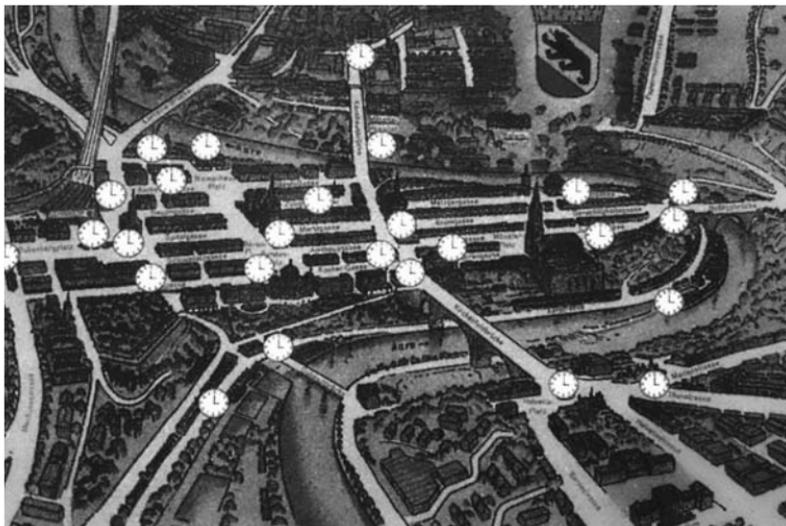


Рис. 5.4. Сеть электрических часов Берна (примерно 1905 г.)

Координированные электрические часы были предметом практической необходимости и культурной гордости. К 1905 г. они стали отличительным знаком модернизированного городского ландшафта Берна.

Источник: Bern City Map from The Harvard Map Collection; местоположение часов показано с помощью данных: Messerli. Gleichmässig. 1995.

чения, прежде чем я переведу вас на постоянную ставку»⁴⁹. В сентябре 1903 г. Эйнштейн, по-видимому, в достаточной мере овладел визуальным языком патентного мира; он получил уведомление о том, что принят на работу на постоянной основе. Тем не менее Галлер не был готов повесить его в должности, отмечая, что Эйнштейну «придется подождать до тех пор, пока он в совершенстве не овладеет машинной технологией; судя по его устремлениям, он физик». Мастерство было достигнуто, когда Эйнштейн погрузился в критическую оценку патентов, проходивших перед ним бесконечной чередой. Вскоре он смог сообщить Милеве, что «ладит с Галлером лучше, чем когда бы то ни было <...>. Когда патентный агент начал оспаривать мою оценку и даже цитировать

⁴⁹ *Flückiger*. Albert Einstein. 1974. P. 58.

решение немецкого патентного бюро в защиту своей жалобы, [Галлер] занял мою сторону по всем пунктам»⁵⁰. Спустя три с половиной года службы в патентном бюро Эйнштейн убедил руководство в том, что, хоть он и физик, он научился видеть сквозь диаграммы и обозначения самую суть инновационных технологий. В апреле 1906 г. Галлер повысил его в должности до технического эксперта второго класса, рассудив, что «Эйнштейн принадлежит к числу признанных экспертов патентного бюро»⁵¹, в которое тем временем все чаще поступали проекты по электризации времени.

Технологии времени стремительно патентовались по всем направлениям: патенты на низковольтные генераторы, патенты на электромагнитные приемники со спусковыми механизмами и арматурой, патенты на контактные прерыватели. Весьма типичным для такого рода электромеханических устройств, переживавших расцвет в первом десятилетии XX в., был новый приемник полковника Давида Перре: он обнаруживал и использовал хронометрический сигнал постоянного тока для работы осциллирующей арматуры. 12 марта 1904 г. на эту технологию был получен швейцарский патент № 30351. Приемник Фаварже работал по ровно противоположной схеме: он принимал переменный ток от материнских часов и превращал его в однонаправленное движение зубчатого колеса. Запрос на этот патент, позднее широко использовавшийся, был зарегистрирован 25 ноября 1902 г. и выдан 2 мая 1905 г. после длительного, но не такого уж необычного периода оценки. Поступали патенты на часовые механизмы, активирующие дистанционно установленные будильники, а также заявки, описывающие дистанционное электромагнитное регулирование маятника. Были предложения о передаче времени по телефонным линиям

⁵⁰ *Flückiger*. Albert Einstein. 1974. P. 67; письмо Эйнштейна Милеве Марич, сентябрь 1903 г., № 13; см.: *Collected Papers (translation)*. Vol. 5. P. 14–15.

⁵¹ Цит. по: *Pais*. *Subtle Is the Lord*. 1982. P. 47–48, где, в свою очередь, цит.: *Flückiger*. Albert Einstein. 1974.

и даже по беспроводным сетям. Другие патенты предлагали расширенные схемы для отслеживания отправок и прибытий поездов на железных дорогах или отображения времени в разных часовых поясах. Третьи указывали, как дистанционное управление электрическими часами можно защитить от атмосферного электричества или как сделать получение электромагнитных сигналов времени беззвучным. Настоящий фейерверк координированного времени.

Некоторые из этих патентов систематически обращались к проблеме одновременности.

Патент Перре под номером 27555 поступил в 17:30 7 ноября 1902 г. (выдан в 1903 г.) под названием «Электрическая установка для передачи времени»; Перре выступил с аналогичным предложением и в 1904 г. Господин Л. Агостинелли из Терни (патент № 29073, выдан в 1904 г.) предложил «Установку с центральными часами для одновременного указания времени в нескольких удаленных друг от друга местах и колоколами, звонящими автоматически в предустановленное время». Заявки на патенты поступали от таких гигантских электрических корпораций, как Siemens («Реле материнских часов», № 29980, выдан в 1904 г.), и от швейцарских фирм поменьше, но также важных, таких как Magneta (патент № 29325, принят 11 ноября 1903 г., выдан в 1904 г.), которая изготовила дистанционно настроенные часы, украсившие здание Федерального парламента в Берне. В начале 1904 г. болгарский изобретатель запросил патент на материнские часы с электрическими «вторичными» часами. Предложения копились в Берне десятками⁵². Изобретатели из Нью-Йорка, Стокгольма, Лондона и Парижа пытались убедить сотрудников патентного бюро в своих изобретениях, но именно швейцарская часовая индустрия доминировала в торговле (рис. 5.5).

⁵² Николас Стоичев, патент № 30224, представлен 6 января 1904 г., выдан в 1904 г.; американское электрическое нововведение Stromschliessvorrichtung an elektrischen Pendelwerken, патент № 31055, представлен 16 марта 1904 г. и выдан в 1905 г.

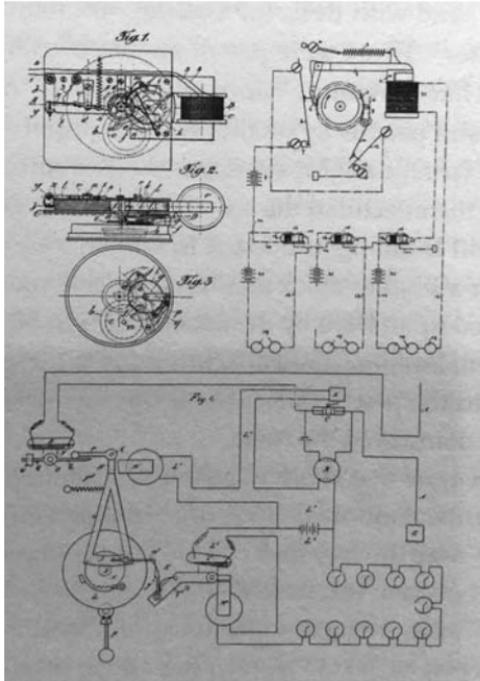


Рис. 5.5. Патент на координированное время

Патенты на электромагнитную координацию времени регистрировались в большом количестве около 1905 г. Вот только некоторые из них: швейцарский патент № 33700 (в верхнем левом углу) демонстрирует механизм для электрической дистанционной регулировки часов (12 мая 1905 г.). Швейцарский патент № 29832 (1903 г.) в верхнем правом углу демонстрирует модель электрической передачи времени. Часы, которыми предполагалось управлять дистанционно, можно видеть внизу схемы. Швейцарский патент № 37912 (1906 г.), изображенный внизу, представляет собой одну из самых первых зарегистрированных заявок, полностью посвященных радиопередаче времени. Подобные схемы начали появляться уже на заре радиотехнологий и широко обсуждались в 1905 г.

Источники: Патент № 33700 (Джеймс Безансон (James Besançon) и Якоб Штайгер (Jacob Steiger)); патент № 29832 (полковник Давид Перре (David Perret)); патент № 37912 (Макс Райтхоффер (Max Reithoffer) и Франц Моравец (Franz Morawetz)).

В годы службы Эйнштейна патентным инспектором интерес к электрически контролируемым часовым системам усиливался. С 1890 по 1900 г. поступало ежегодно по три-четыре заявки, связанных с электрическим временем (за исключением двух заявок в 1890 г. и шести в 1891 г.). По мере того как электрическая передача времени развивалась вместе с телеграфной системой, координированные часы стали играть все более важную роль как в публичной, так и в частной жизни. Вот примеры статистических данных: в 1901 г. выдано восемь патентов; в 1902 г. — десять; в 1903 г. — шесть, а затем в 1904 г. (максимум с 1889 по 1910 г.) — 14 патентов на электрические часы. Многие другие патенты, оставшиеся за бортом истории, очевидно, не выдержали критической оценки Эйнштейна и его коллег⁵³.

Все швейцарские хронометрические изобретения, а также многие другие, связанные с ними, должны были пройти через патентное бюро в Берне, и, несомненно, многие из них попадали на стол к Эйнштейну⁵⁴. Когда Эйнштейн начал работать как технический эксперт третьего класса, ему в основном приходилось заниматься оценкой электромагнитных и электромеханических патентов⁵⁵. За своей деревян-

⁵³ Согласно списку патентов, представленному в: *Berner. Initiation*. 1912. Ch. 10.

⁵⁴ Сотни соответствующих патентов перечислены в *Journal Suisse d'horlogerie* (в 1902–1905 гг.). К сожалению, Швейцарское патентное бюро уничтожило все просмотренные Эйнштейном документы спустя 18 лет после поступления; это была стандартная процедура в отношении оценки патентов, и даже слава Эйнштейна не стала поводом для исключения. См.: *Fölsing. Einstein*. 1997. P. 104.

⁵⁵ Наиболее отчетливо влияние работы Эйнштейна в патентном бюро на его научную деятельность прослеживается в его исследованиях, связанных с гиромангнитными компасами и открытием эффекта Эйнштейна — де Гааза, см.: *Galison. How Experiments End*. 1987. Ch. 2; кроме того, см.: *Hughes. Einstein*. 1993; *Pyenson. Young Einstein*. 1985. О назначении Эйнштейна экспертом по оценке электрических патентов см.: *Flückiger. Albert Einstein*. 1974. P. 62.

ной конторкой вместе с 12 другими техническими экспертами Эйнштейн разбирал каждую заявку на составные части, чтобы извлечь из нее ее основополагающие принципы⁵⁶.

Мастерство в работе с электромеханическими устройствами в случае Эйнштейна было отчасти обусловлено семейным бизнесом. Его отец Герман и дядя Якоб Эйнштейны основали свое предприятие, используя патенты Якоба на чувствительные электрические часы, предназначенные для учета электроэнергии. Один из электрических счетчиков J. Einstein & Co, с успехом представленный на Франкфуртской электротехнической выставке 1891 г., был всего в двух шагах от (типичного для того периода) механизма для установки резервных материнских часов для обеспечения непрерывной работы системы электрических часов. Электрические измерительные системы и технологии электрооборудования были так тесно связаны, что по крайней мере один из патентов Якоба Эйнштейна и Себастьяна Корнпробста явно сигнализировал о своей возможной применимости к часовым механизмам (рис. 5.6). И наоборот, многочисленные патентообладатели предлагали устройства, которые применялись в равной степени к электрическим измерительным системам и к электрическим часам⁵⁷.

⁵⁶ *Flückiger*. Albert Einstein. 1974. P. 66.

⁵⁷ J. Einstein & Co. und Sebastian Kornprobst. Vorrichtung zur Umwandlung der ungleichmässigen Zeigerausschläge von Elektrizitäts-Messern in eine gleichmässige, gradlinige Bewegung. Kaiserliches Patentamt 53546, 26 February 1890; J. Einstein & Co. und Sebastian Kornprobst. Neuerung an elektrischen Mess- und Anzeigervorrichtungen. Kaiserliches Patentamt 53846, 21 November 1889; J. Einstein & Co. und Sebastian Kornprobst. Federndes Reibrad, 60361, 23 February 1890; Elektrizitätszähler der Firma J. Einstein & Cie., München (System Kornprobst). 1891. P. 949. Также см.: *Френкель, Явелов*. Эйнштейн. 1990. С. 75 и далее; *Pyenson*. Young Einstein. 1985. P. 39–42. Более подробно о связи между электрическими часами и электрическими измерительными приборами см., например: *Moeller M*. Stromschlussvorrichtung an elektrischen Antriebsvorrichtungen fuer elektrische Uhren, Elektrizitätszähler und dergl. Swiss patent 24342.



Рис. 5.6. J. Einstein & Co

Дядя и отец Эйнштейна управляли электротехнической компанией, производившей, в частности, точное электроизмерительное оборудование, по технологии во многом схожее с производством электрических часов.

Источник: Offizielle Zeitung der Internationalen elektrotechnischen Ausstellung, Frankfurt am Main, 1891. S. 949.

Во время работы Эйнштейна в патентном бюро (с июня 1902 г. по октябрь 1909 г.) его окружали механизмы всевозможных видов. К сожалению, сохранилось лишь несколько экспертных заключений Эйнштейна, спасенных от автоматического бюрократического уничтожения только потому, что процесс патентования дошел до разбирательства в суде. В одном из них, датированном 1907 г., Эйнштейн рассматривает заявку на патент динамо-машины, выдвинутую одной из самых мощных электрических компаний в мире, Allgemeine

Elektrizitätsgesellschaft (AEG): «1. Заявка на патент подготовлена некорректно, неточно и неясно. 2. Мы можем перейти к конкретным недостаткам описания только после того, как предмет патента будет разъяснен в подготовленной надлежащим образом заявке»⁵⁸. Описание, схема, заявка: это были составные части любого патента; требовательность к качеству их выполнения Эйнштейн перенял у Галлера.

Второе сохранившееся заключение Эйнштейна касалось иска о нарушении патентных прав между немецкой фирмой Anschütz-Каемпфе и американской компанией Sperry.

Борьба за создание работающих гироскопических компасов в начале 1910-х годов была ожесточенной. Недавно электрифицированные металлические суда были не лучшим местом для магнитных компасов. В гонке за право оснащения кораблей и самолетов по всему миру Anschütz-Каемпфе подозревали американцев в том, что они украли их изобретение. Германн Аншютц-Кемпфе (основатель компании) обратился к Эйнштейну, который написал краткое возражение на заявления американцев о том, что патент 1885 г. фактически стоял за всеми их «новыми изобретениями». Отметив, что в патенте 1885 г. описывался гироскоп, не способный свободно перемещаться во всех трех измерениях, Эйнштейн опроверг утверждение американцев, указав, что более старый прибор не смог бы работать с той же степенью точности на корабле, попавшем в сильную качку в открытом море. Аншютц-Кемпфе выиграл дело. Эйнштейн стал настолько хорошо разбираться в гироскопах, что в 1926 г. смог внести решающий вклад в один из основных патентов

⁵⁸ Письмо из Швейцарского патентного бюро Эйнштейну, 11 декабря 1907 г., № 67; см.: *Collected Papers (translation)*. Vol. 5. P. 46. Об интересе Эйнштейна к динамо-машинам см.: *Miller. Frontiers of Physics*. 1986. Ch. 3. Эйнштейн настаивал, что брал на себя роль экспертного судьи только в том случае, если был уверен в правоте стороны, которую он защищал. Например, в 1928 г. он защищал Siemens & Halske против Standard Telephones & Cables Ltd. (см.: *Hughes. Inventors*. 1993. P. 34).

Anschütz-Kaempfe, за который впоследствии получал проценты до тех пор, пока фирма-дистрибьютор не была закрыта в 1938 г. Примечательно, что в 1915 г. гирокомпас явно служил моделью теории атомного магнетизма Эйнштейна. Диалог между машинами и теорией настолько увлек Эйнштейна, что он временно отложил работу над общей теорией относительности, чтобы сделать серию совместных экспериментов — весьма тонких, — показавших, что атом железа действительно вел себя как субмикроскопический гироскоп⁵⁹. Технология патентования и теоретическая физика были ближе друг другу, чем могло показаться.

Несколько лет спустя Эйнштейн признавался, что всегда писал и читал так, как будто критиковал патент, даже занимаясь вопросами, далекими от динамо-машин или гирокомпасов. В июле 1917 г. его давний друг, анатом и физиолог Генрих Цангер обратился к Эйнштейну с просьбой дать оценку его тексту о медицине, праве и причинности. Эйнштейн ответил, что ему нравятся «частные случаи», «но не нравятся некоторые абстрактные части; они часто кажутся мне неоправданно расплывчатыми (общими) и недостаточно ясно и четко сформулированными (не каждое слово точно подобрано и обдуманно). Как бы то ни было, я понял все; вполне возможно, что моя постоянная занятость в патентном бюро привела к завышенным стандартам в этом отношении»⁶⁰.

Увлечение машинами и конвенциями патентного бюро владело Эйнштейном не только в течение рабочего дня, но и всю оставшуюся жизнь. В непрекращающейся переписке о машинах со своими друзьями, Конрадом Хабахтом (из Академии «Олимпия») и братом Конрада Паулем (учеником-техником), Эйнштейн делился своими размышлениями

⁵⁹ Galison. *How Experiments End*. 1987. Ch. 2.

⁶⁰ Письмо Эйнштейна Генриху Цангеру, 29 июля 1917 г., № 365; см.: *Collected Papers*. Vol. 8a. P. 495–496.

о реле, вакуумных насосах, электрометрах, вольтметрах, регистраторах переменного тока и автоматических выключателях. Пауль, в частности, готовил одну схему за другой и иногда писал Эйнштейну каждые два дня. Однажды, отправив Эйнштейну подробное письмо о предполагаемом летательном аппарате (вертолетного типа), Пауль прямо попросил совета: «Стоит ли мне немедленно получить патент? Или опубликовать без патента или начать переговоры?»⁶¹.

Эйнштейн тоже задумывался о патентах. Среди его многочисленных идей была модель чувствительного электрометра, который бы измерял чрезвычайно малые разности напряжений. Эта «машинка» (*Maschinchen*) завораживала его во всех отношениях, от теоретической модели до технических мелочей ее изготовления⁶². Он писал одному из своих сотрудников о бензине, который понадобится им для очистки деталей из эбонита (вулканизированного каучука), а также для того чтобы правильно вдеть провод в ртутные бусины на эбонитовом диске. «Мне уже известно из моих экспериментов, — добавляет он, — что это можно сделать с помощью ртутных контактов. Иногда, правда, требуется время на то, чтобы привести систему в рабочее состояние, иначе, если работать слишком быстро, ртуть просачивается наружу»⁶³.

Возня с инструментами, а также эксперименты на реальных и воображаемых машинах поглощали все внимание Эйнштейна. В письмах к своим друзьям он переключался, не сбавляя темпа, с тонких теоретических вопросов на практико-технологические. В одном письме 1907 г., рассказывая Конраду Хабихту о статье, написанной им о принципе

⁶¹ Письмо Пауля Хабихта Эйнштейну, 19 февраля 1908 г., № 86; см.: *Collected Papers (translation)*. Vol. 5. P. 58–61 (особенно p. 60).

⁶² О «маленькой машинке» см. эссе редактора: *Collected Papers*. Vol. 5. P. 51–54; *Fölsing*. Einstein. 1997. P. 132, 241, 267–278; *Френкель, Явелов*. Эйнштейн. 1990. Гл. 4.

⁶³ Письмо Эйнштейна Альберту Гокелю, март 1909 г., № 144; см.: *Collected Papers (translation)*. Vol. 5. P. 102.

относительности и последних исследованиях о перигелии Меркурия, Эйнштейн уже в следующем предложении возвращался к «машинке». Примерно год спустя он сообщил своему другу и соавтору Якобу Лаубу: «...для того, чтобы протестировать [машинку] под напряжением в 1/10 вольт, я сконструировал электрометр и аккумулятор. Вы не смогли бы удержаться от улыбки, увидев эту чудесную вещь, которую я собрал сам»⁶⁴. Усилия, затраченные на машинку, и более поздняя работа над гирокомпасом и эффектом Эйнштейна — де Гааза являются лишь несколькими примерами особого интереса Эйнштейна к чувствительным электро-механическим устройствам, способным объединить миры электричества и механики. Предложения по координации электромагнитных часов были ему как нельзя кстати — они предлагали способы преобразования малых электрических токов в высокоточные вращательные движения.

Патенты по координации времени продолжали поступать в бюро в огромных количествах. Так, 25 апреля 1905 г. в 18:15 было зарегистрировано поступление заявки на патентование электромагнитного маятника, который будет способен принимать сигнал и координироваться с другим удаленным маятником⁶⁵. Подобные изобретения требовали тщательной документации, включая модель, точные чертежи и надлежащим образом подготовленные описания и притязания. Оценка этих заявок была кропотливой и часто продолжалась в течение нескольких месяцев.

⁶⁴ Письмо Эйнштейна Конраду Хабихту, 24 декабря 1907 г., № 69; см.: *Collected Papers (translation)*. Vol. 5. P. 47; Письмо Эйнштейна Якобу Лаубу, позднее 1 ноября 1908 г., № 125; см.: *Collected Papers (translation)*. Vol. 5. P. 90. «В настоящее время я веду чрезвычайно интересную переписку с Г.А. Лоренцем по проблеме излучения. Этот человек восхищает меня, как никто другой; я даже могу сказать, что люблю его». Письмо Эйнштейна Якобу Лаубу, 19 мая 1909 г., № 161; см.: *Collected Papers (translation)*. Vol. 5. P. 120–122 (особенно p. 121).

⁶⁵ *Vigreux, Brillié*. Pendule avec dispositif électro-magnétique pour le réglage de sa marche. Patent 33815.

Однажды в середине мая 1905 г. (отмечаем, что Эйнштейн переехал и покинул зону унифицированного времени Берна 15 мая) он и его ближайший друг Мишель Бессо со всех сторон рассматривали проблему электромагнетизма. «И вдруг, — вспоминал Эйнштейн, — я внезапно осознал, где находится ключ к решению этой проблемы». Когда на следующий день он встретился с Бессо, не успев даже поздороваться, он сказал: «Спасибо тебе. Я полностью решил проблему. Моим решением был анализ понятия времени. Время не может быть абсолютно определено, и существует неразрывная связь между временем и скоростью сигнала»⁶⁶. Указав на одну из башен Берна, оснащенную часами, — одними из знаменитых синхронизированных часов Берна, — а затем на единственную башню с часами в соседнем Мури (традиционный аристократический пригород Берна, еще не живущий с ним по единому времени), Эйнштейн изложил другу собственную версию синхронизации часов⁶⁷ (рис. 5.7, 5.8).

Через несколько дней Эйнштейн отправил письмо Конраду Хабихту, прося того прислать копию своей диссертации и обещая четыре новых работы взамен. «Четвертая статья пока находится лишь на стадии наброска и посвящена электродинамике движущихся тел, построенной на основе модифицированной теории пространства и времени; чисто кинематический раздел этой статьи [начинающийся с нового определения синхронизации времени], без сомнения,

⁶⁶ *Einstein*. How I Created the Theory. 1982. Ср. ремарки, записанные Эйнштейном на дискограф в 1924 г.: «Спустя семь лет бесплодных размышлений (1898–1905) решение пришло ко мне внезапно с мыслью о том, что наши концепции и законы пространства и времени могут претендовать на объективность лишь до тех пор, пока они непосредственно соотносятся с нашим опытом; и этот опыт вполне может привести к изменению этих понятий и законов. Переосмыслив концепцию одновременности, придав ей более податливую форму, я пришел к специальной теории относительности». *Einstein*. Collected Papers (translation). Vol. 2. P. 264.

⁶⁷ *Sauter*. Comment j'ai appris à connaître Einstein // Flückiger. Albert Einstein in Bern. 1972. P. 156; *Fölsing*. Albert Einstein. 1997. P. 155–156.

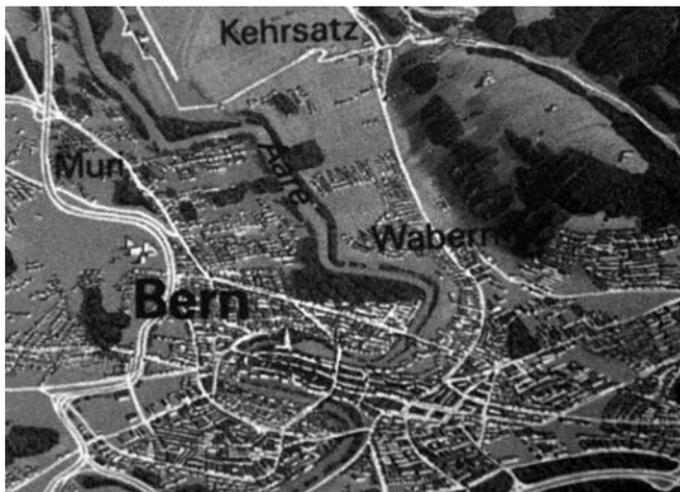


Рис. 5.7. Карта Берна — Мури

Мишель Бессо вспоминал, как Эйнштейн, взволнованно рассказывая ему, что время должно определяться через обмен сигналами, указал на часовую башню в старой части Берна и на другую (единственную) часовую башню в окрестностях города Мури. Поскольку существует всего одна точка, с которой можно видеть обе башни, Бессо и Эйнштейн должны были находиться где-то на возвышенности к востоку от центра Берна.

Источник: отредактированное изображение Skorpion-Verlag.

тебя заинтересует»⁶⁸. Десять лет размышлений о физике движущихся тел, свете, эфире и философии достигли своего пика в этой небольшой статье.

Конечно, синхронизация времени посредством обмена электромагнитными сигналами не исчерпывала собой специальную теорию относительности, однако она была заключительным шагом в развитии теории Эйнштейна. В отличие от Пуанкаре, Эйнштейн не рассматривал координацию часов в качестве физической интерпретации воображаемого «локального времени» Лоренца. Ничего подобного.

⁶⁸ Письмо Эйнштейна Хабихту, май 1905 г., № 27; см.: Collected Papers (translation). Vol. 5. P. 19–20.



Рис. 5.8. Часовая башня Мури (около 1900 г.)

Когда Эйнштейн указал на единственную часовую башню Мури, объясняя Бессо его новую схему координации часов, он имел в виду именно это строение.

Источник: Gemeindeschreiberei Muri bei Bern.

Эйнштейн начал свое рассуждение с определения положения точки по отношению к неподвижной системе координат (общее место), но теперь дополнил его новым *определением* одновременности: «Если мы хотим описать *движение* неподвижной точки, мы задаем значения ее координат как функцию времени. Тем не менее мы должны помнить о том, что для того чтобы подобное математическое описание имело физический смысл, мы должны сначала прояснить, что мы понимаем под “временем”».

Без системы координат покоящегося эфира, служившей основой единственному истинному времени, системы часов каждой инерциальной системы отсчета были эквивалентны в том смысле, что время одной системы было таким же «истинным», как и любое другое.

В этом контексте статья Эйнштейна, завершенная к концу июня 1905 г., может быть прочитана совсем по-другому в сравнении с нашей текущей устоявшейся интерпретацией. Вместо абстрактного «Эйнштейна ученого-философа», погрузившегося в теории и зарабатывающего на жизнь неинтересным механическим трудом в патентном бюро, мы можем увидеть его как «ученого — патентного специали-

ста», преломляющего метафизику теории относительности сквозь призму наиболее символических механизмов современности. Поезд прибывает на станцию ровно в 7 вечера, как и раньше, но теперь, после нашего долгого путешествия сквозь пространство и время, мы можем видеть, что не только Эйнштейн беспокоился о том, что это означает с точки зрения отдаленной одновременности. Определение времени прибытия поездов с использованием часов, согласованных посредством электромагнитных сигналов, было вопросом *совершенно* практического, технологического толка, терзавшим Северную Америку и Европу в течение последних 30 лет. Число соответствующих патентов продолжало расти: совершенствовались электрические маятники, изменялись приемники, вводились новые реле, расширялась пропускная способность системы. Координация времени в Центральной Европе 1902–1905 гг. была не просто сложным мысленным экспериментом; скорее, она оказывала влияние на индустрию часов, военную промышленность, железные дороги, а *также* служила символом постоянно ускоряющегося современного мира, где все взаимосвязано. Это было мышление с помощью машин.

Эйнштейн привнес в свой мир физики принципов мощную и в высшей степени наглядную новую технологию, находившую себе воплощение повсюду вокруг него: конвенциональную одновременность, которая синхронизировала железнодорожные пути и установила часовые пояса. Следы этой существовавшей системы координации времени можно увидеть в самой статье 1905 г. Посмотрим повнимательнее на схему координации, с которой Эйнштейн начинает работу: наблюдатель оснащен часами, находясь в центре системы координат. Эти ведущие часы, имеющие пространственное положение $(0,0,0)$, определяют одновременность, когда электромагнитные сигналы из удаленных точек прибывают туда в одно и то же локальное время. Но теперь эта стандартная, централизованная система больше

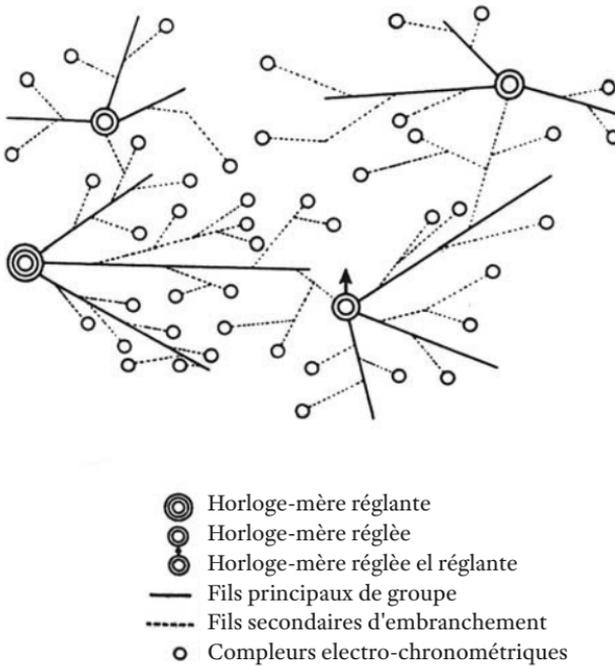


РИС. 5.9. Сеть часов Фаварже

Придя на смену Гиппу, Фаварже вывел швейцарскую компанию (с 1889 г. — A. Peyer, A. Favarger & Cie) на ведущие позиции в сфере электрокоординированных часов, не только в отношении производства, но также изобретения и патентования. Здесь Фаварже изобразил прототип сети вторичных часовых механизмов, соединенных с материнскими часами.

Источник: *Favarger. Electricité et Ses Applications. 1884–1885. P. 320*; воспроизведено в: *Favarger. L'Électricité. 1924. P. 394*.

не кажется абстрактным соломенным чучелом. Эта разветвленная, радиальная структура координированных часов — представленная в виде проводов, генераторов и часов, описывавшаяся в патенте за патентом, книге за книгой, — *была именно структурой европейской системы, состоящей из материнских и подчиненных часов второго и третьего порядка* (рис. 5.9–5.11). Эйнштейн обратил на эту систему критический взор физика — патентного специалиста: сохранил идею

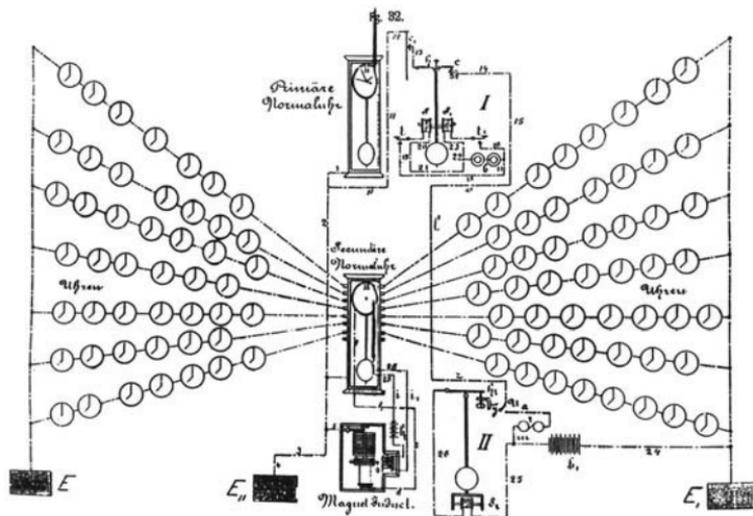


Рис. 5.10. Временная телеграфная сеть

Еще одно парадигмальное представление электрического распространения времени.

Источник: *Fiedler. Die Zeittelegraphen und die elektrischen Uhren vom praktischen Standpunkte. Vienna, 1890. P. 88–89.*

о том, что время нужно определять через обмен сигналов, добавил абсолютную скорость света и отменил зависимость системы от какого-либо специального, привилегированного пространственного источника или неподвижной системы координат эфира.

С некоторой осторожностью мы могли бы попытаться отследить предшествующие ходы Эйнштейна еще дальше, к середине мая 1905 г., моменту пересечения технологии и физики одновременности.

Одна из возможностей заключается в следующем: с учетом важности процессуально выведенных понятий, координации времени и его точности, патентных заявок, а также критически-философских дискуссий в Академии «Олимпия» Эйнштейн мог быть уже полностью подготовлен к тому, чтобы преобразовать понятие координации часов в контексте

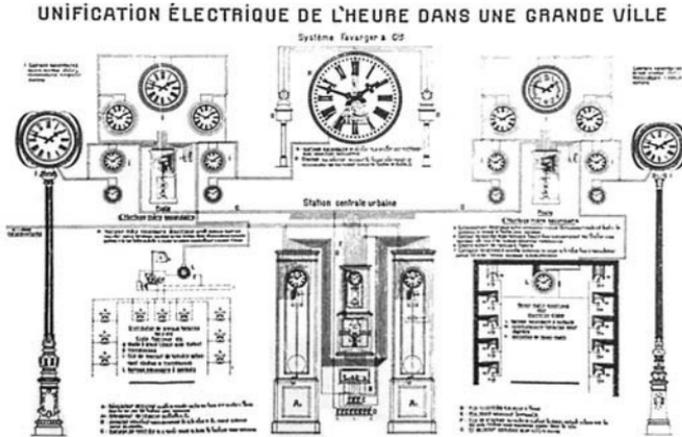


Рис. 5.11. Электрическая унификация

Фаварже хотел соединить проводами внутренние помещения зданий и — с еще большей амбициозностью — целые городские районы, о чем свидетельствует данная схема.

Источник: *Favarger. L'Electricite. 1924. P. 427–428 (plate 4).*

электродинамики движущихся тел. Возможно, на каком-то этапе Эйнштейн на самом деле прочел статью Пуанкаре 1900 г., в которой французский ученый дал свою первую физическую интерпретацию (приближенного) «локального времени», описав координацию часов путем обмена сигналами в эфире.

Можно с уверенностью сказать, что в определенный момент до 17 мая 1906 г. Эйнштейн все же прочитал статью Пуанкаре 1900 г. — в тот день Эйнштейн подал к публикации собственную рукопись, в которой открыто ссылался на содержание статьи Пуанкаре (хотя речь шла не о локальном времени)⁶⁹. Мог ли Эйнштейн изучить или хотя бы просмотреть статью Пуанкаре в промежуток между сентябрем 1900 г. и маем 1905 г.? Еще точнее: возможно ли, что Эйнштейн прочел и отверг рассуждения Пуанкаре об эфире и в

⁶⁹ *Einstein. Conservation of Motion. [1906] // Collected Papers (translation). Vol. 2. P. 200–206 (особенно p. 200).*

то же время на каком-то уровне сознания сохранил размышления своего старшего французского коллеги о синхронизации часов в контексте «локального времени» Лоренца? Эйнштейн не мог свободно читать по-французски. Но ему необязательно было читать Пуанкаре в оригинале; он вполне мог познакомиться с соответствующими идеями, прочтя (на немецком) статью Эмиля Кона «Об электродинамике движущихся систем», опубликованную в ноябре 1904 г.⁷⁰

Ученик страсбургского экспериментатора, известного своей работой о скорости звука, Кон был успешным теоретиком, который начал свою карьеру в лаборатории, измеряя явления магнетизма.

Даже когда он решительно перешел от стола лабораторного исследователя к доске теоретика, Кон неустанно настаивал на измеримых результатах своей работы. На рубеже столетий Кон стал признанным теоретиком и в числе других научных светил чествовал Лоренца в декабре 1900 г. Вполне вероятно, что он слышал лекцию Пуанкаре; во всяком случае, он наверняка видел печатную версию речи Пуанкаре в опубликованных материалах, в которые входила его собственная работа. Однако интересующая нас интрига в этой истории такова: в 1904 г. Кон, как и Пуанкаре, открыто включил концепцию координации часов в свое физическое определение локального времени, и сделал это с подозрительностью бывшего экспериментатора по отношению к чисто гипотетическим величинам. В этом отношении он скорее был ближе к Эйнштейну, чем к Пуанкаре. В отличие от последнего, Кон отказался от эфира, предпочтя ему «вакуум», и ввел локальное время, действительное не для механики, а для оптики, как определяемое часами, согласованными посредством световых сигналов.

Еще один вопрос без ответа: когда Эйнштейн познакомился с процессуальным локальным временем Кона? Здесь

⁷⁰ *Cohn. Elektrodynamik. 1904.*

снова нельзя сказать точно. Известно лишь, что до 25 сентября 1907 г. Эйнштейн держал в руках статью Кона (в тот день он написал редактору журнала, сообщая о неправильном написании фамилии: «Kohn» вместо «Cohn»). 4 декабря 1907 г. издатель зарегистрировал получение обзорной статьи Эйнштейна об относительности, которая содержала следующее загадочное примечание: «Соответствующие исследования Э. Кона также приняты мной во внимание, но я не использовал их здесь»⁷¹. Опять же, Эйнштейну пришлось бы пропустить внушительную часть конкретного подхода Кона к электродинамике и при этом извлечь идею координации часов как относящуюся к определению одновременности. (Еще один физик, Макс Абрахам, также начал исследовать одновременность и обмен сигналами в своей работе по электродинамике 1905 г., хотя недостаточно рано, чтобы Эйнштейн мог прочесть ее до подачи своей статьи⁷².) Таковы пределы возможной реконструкции событий, и они не сильно изменились бы, даже если бы имелось высеченное на камне свидетельство того, что Эйнштейн читал эти работы. Не будем терять из виду основную задачу: попытаться понять все возможное о философских, технических и физических факторах, которые заставили Эйнштейна посмотреть на координацию часов как на начальный принцип теории относительности. Конечно, можно очертить возможные варианты того, что послужило зерном этой идеи, избегая излишней конкретизации: смутно припоминаемая строчка из статьи Пуанкаре или Кона, попавшаяся на глаза

⁷¹ *Einstein*. Relativity Principle. [1907]. Document 47 // Collected Papers. Vol. 2. P. 432–488 (особенно p. 435); Collected Papers (translation). Vol. 2. P. 252–311 (особенно p. 254), перевод отредактирован автором; письмо Эйнштейна Штарку, 25 сентября 1907 г., № 59; см.: Collected Papers. Vol. 5. P. 74–75. О физике Кона см.: *Darrigol*. Electrodynamics. 2000. P. 368, 382, 386–392.

⁷² *Abraham*. Theorie der Elektrizität: Elektromagnetische Theorie der Strahlung. Leipzig, 1905. P. 366–379. Цит. по: *Darrigol*. Electrodynamics. 2000. P. 382.

в библиотеке; отдельная заявка на патент, прочтенная на работе; синхронизированные уличные часы в Берне или же философский текст, ставший предметом дискуссии в Академии «Олимпия». Мы находимся в положении метеоролога, который может дать детальный отчет о том, как сформировался грозовой фронт, изучив мощный восходящий поток влажного воздуха: но ему не дано знать, на какие частицы пыли упали первые капли дождя.

Кому что когда попало на глаза? Что осталось без внимания, что было принято к сведению, какие мысли вызвал конкретный комментарий или параграф? Ранжировать источники по степени доверия, будто заседа в некоем историческом комитете, было бы сомнительной попыткой достижения заведомо недостижимой цели. Вот что гораздо важнее и интереснее: за несколько лет до мая 1905 г. дискуссии об одновременности становились все оживленнее среди физиков, занятых электродинамикой движущихся тел. Технологии синхронизации прослеживаются в философских текстах и панорамах Берна, тянутся вдоль железных дорог Швейцарии и уходят за ее пределы, передаются по подводным телеграфным кабелям и сбиваются в стопки заявок в патентном бюро Берна. Посреди этого невероятного материального и теоретического бума синхронизации физики, инженеры, философы и сотрудники патентных бюро спорили о том, как сделать одновременность видимой.

Эйнштейн не выдумал различные потоки одновременности на пустом месте; он поместил переходник в электрическую схему и добился пересечения токов. Одновременность уже давно имела практическое значение в разных вопросах, Эйнштейн же показал, как один и тот же световой сигнал освещал их все: от микрофизики до региональных поездов и телеграфов и всеобъемлющих утверждений о времени и Вселенной.

Еще в 1900 г. Пуанкаре в своей лейденской речи — почти что в качестве отступления — представил интерпретацию

времени как обмена сигналами, приписав ее Лоренцу. Эйнштейн же придавал центральное значение теме синхронности сигнала при любой возможности, начиная с того дня в мае 1905 г., когда вместе с Бессо стоял на возвышенности, указывая на часы Мури и Берна. В обширном обзоре теории относительности в конце 1907 г. Эйнштейн повторно подчеркнул ключевую роль времени. По его мнению, прежняя теория Лоренца 1895 г. показала, по крайней мере приблизительно, что электродинамические явления не демонстрируют влияния движения Земли на эфир. Эксперимент Майкельсона и Морли доказал, что даже приближительная эквивалентность Лоренца была неудовлетворительной — движение сквозь эфир нельзя зафиксировать даже с помощью самых точных измерений. «Неожиданно, — добавляет Эйнштейн, — оказалось, что для преодоления этой трудности было достаточно в должной степени продумать концепцию времени». Концепции «локального времени» Лоренца 1904 г. (доработанной Эйнштейном) было достаточно для решения проблемы. Вернее, она решала проблему в том случае, если, как это сделал Эйнштейн, «локальное время» было переосмыслено как «время вообще». По мнению Эйнштейна, это «время вообще» было именно тем временем, которое задавала процедура обмена сигналами. За таким определением времени следовали уравнения Лоренца. Переосмыслив столь кардинальным образом теорию Лоренца 1904 г., ее можно было признать верной с еще одной немаленькой оговоркой: «Только концепция светового эфира как носителя электрических и магнитных сил не вписывается в описанную здесь теорию». Другими словами, Эйнштейн отказался от идеи о том, что электрические и магнитные поля являются «состояниями какого-либо вещества», на чем настаивали сторонники эфира. Для Эйнштейна электрические и магнитные поля были «независимо существующими объектами», настолько же автономными, как кусок свинца. Электромагнитные поля, как

и обычная осязаемая материя, могут подчиняться инерции. Но поля не зависят от состояния мистического эфира, который для Эйнштейна не имел никакого смысла.

Много различных точек зрения открывалось перед физиком, желавшим разобраться в полемике вокруг электродинамики движущихся тел после 1905 г. Лоренц и Пуанкаре, без сомнения, обладали большим авторитетом; репутация Эйнштейна росла. Десятки идей требовали его внимания: принцип относительности, статус эфира, абсолютная скорость света, изменяющаяся масса электрона, возможность объяснить массу электродинамикой. Лишь около 1909 г. из этого водоворота выросла поначалу сбивчивая, но впоследствии строгая формулировка времени. (Даже тогда оставались совсем иные прочтения теории относительности Эйнштейна; например, Эбенизер Каннингэм из Кембриджа точно не был единственным физиком, с энтузиазмом приветствовавшим эту теорию и в то же время *не* увидевшим в координации часов главного события великой драмы относительности.)⁷³

ЧАСЫ В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ

Герман Минковский, физик и математик из Гёттингена, одним из первых обратил свое внимание на часы Эйнштейна. Задолго до 1905 г. Минковский построил свою карьеру на том, что до него еще не делал никто, применив геометрию к, казалось бы, не визуализируемой теории чисел. (Нужно заметить, что молодой Эйнштейн решительно игнорировал Минковского, даже когда должен был посещать его курс в Политехникуме.) Когда Минковский прочел работы Лоренца, Пуанкаре и Эйнштейна, он снова обратился к геометрии. Он выделил атаку Эйнштейна на классическое представление о времени как ключевой момент, который, вместе с его

⁷³ *Warwick*. Cambridge Mathematics. 1992; 1993.

собственной формулировкой четырехмерной геометрии «пространства-времени», давал возможность нового понимания физики. Назвав новую физику «радикальной», он выразился еще сильнее в своих черновиках, провозгласив ее «кардинально революционной». В своей широко известной лекции «Пространство и время» Минковский ясно дал понять, что именно Эйнштейн освободил множество физических времен от статуса выдумки: «...время как понятие, однозначно определяемое событиями, было отвергнуто». Минковский прямо утверждал, что Эйнштейн первым показал: не существует «времени» как такового, есть только различные времена, зависящие от системы отсчета⁷⁴.

Работая над своей концепцией четырехмерного мира, Минковский обратился к Пуанкаре, который в 1906 г. также рассматривал возможность четырехмерного пространства-времени и отмечал, что среди всех изменений времени и пространства при переходе из одной системы отсчета к другой одна величина оставалась неизменной. Возможная аналогия: предположим, вы отметили местоположение обсерватории и прикрепили карту к доске единственным гвоздем, прошедшим через нее в том месте, где находится ваш дом. Поверните карту на 45 градусов по часовой стрелке, и вы измените горизонтальное расстояние от своего дома до обсерватории, одновременно изменяя вертикальное расстояние между домом и обсерваторией. Однако очевидно, что вращение карты таким образом не повлияет на реальное расстояние между домом и обсерваторией. То есть, если горизонтальное отстояние равно A , вертикальное отстояние равно B , а расстояние равно C , то поворот карты изменит A (если карта повернута так, чтобы дом и обсерватория были выровнены по вертикали, их положение по горизон-

⁷⁴ Цит. по: *Galison*. Minkowski. 1979. P. 98, 112–113. [Рус. изд.: Принцип относительности. Сборник работ по специальной теории относительности / сост. А.А. Тяпкин. М.: Атомиздат, 1973. С. 173.]

тали не меняется). Аналогичным образом вращение может изменить B , положение по вертикали. Но вращение карты не может изменить расстояние от дома до обсерватории, C . Минковский показал, что релятивистские трансформации пространства и времени могут со всей строгостью быть рассмотрены как вращения, сохраняющие расстояние в четырехмерном пространстве, состоящем из обычного пространства и времени. Так же как в евклидовой геометрии расстояние остается неизменным (несмотря на поворот), в теории относительности было новое расстояние, которое оставалось нетронутым преобразованиями пространства и времени по отдельности. [Пространственно-временное расстояние в квадрате] всегда равнялось [разнице во времени в квадрате] минус [расстояние в пространстве в квадрате].

В своем блестящем выступлении в Кёльне 21 сентября 1908 г. Минковский обратился к математике Пуанкаре, но предварил ее интерпретацию словами, мгновенно захватившими воображение многих физиков: «Отныне пространство само по себе и время само по себе обречены быть низведенными до роли теней, и только своеобразное объединение этих двух величин будет сохранять независимость». Для Минковского реальностью была не привычная нам область чувственных впечатлений (пространство само по себе, время само по себе), но четырехмерное слияние пространства и времени. В поиске выразительного образа проекций и вещей в четырехмерном пространстве-времени Минковский предлагал своей образованной публике вспомнить сюжет о пещере из «Государства» Платона. Платон описывает, как пленнику, привыкшему видеть лишь тени вещей на стенах пещеры, было бы больно смотреть на трехмерные объекты, находящиеся позади него, и еще труднее — на свет, который их освещает. Минковский утверждал, что в устаревшей физике «пространства и времени» ученые аналогичным образом пребывали в заблуждении. Говоря о пространстве и времени по отдельности, физики, как узники Платона,

рассматривали не что иное, как тени, проецируемые на три измерения. Увидеть полную и высшую реальность четырехмерного «абсолютного мира» можно было только через освобождение мысли и через идеи, которые могли бы дать математики⁷⁵.

Поначалу Эйнштейн сопротивлялся формулировке Минковского, видя в ней излишнюю математическую сложность. Но чем глубже он погружался в теорию гравитации, тем более существенным ему казалось понятие пространства-времени. Между тем всем вокруг метафора Минковского открыла путь к пониманию относительности, который многие физики нашли более доступным, чем путь Эйнштейна⁷⁶. Были и те немногие, кто отверг мнение Минковского о том, что реальность лежит в четырех измерениях и что сама физика должна быть полностью переформулирована, чтобы описать этот мир более высокого порядка. Среди сомневающихся в четырехмерной физике, по иронии судьбы, оказался сам Пуанкаре, который уже в начале 1907 г. упрекнул этот проект в бесполезности:

По-видимому, в самом деле возможно перевести нашу физику на язык геометрии четырех измерений; попытка такого перевода потребовала бы приложить огромные усилия для получения малой выгоды. <...> Кажется, что перевод всегда будет менее простым, чем текст, и что он всегда будет звучать искусственно, и что язык трех измерений, кажется, лучше приспособлен к нашему описанию мира, хотя его доскональное описание может быть выполнено и на другом языке⁷⁷.

По сложившейся привычке Пуанкаре указал на новые земли, обозначил пути достижения, после чего принял решение оставаться на *terra cognita*. Как только Эйнштейн начал свое

⁷⁵ Galison. Minkowski. 1979. P. 97.

⁷⁶ Отличный обзор того, как были восприняты идеи Минковского, см.: Walter. The non-Euclidean style. 1999.

⁷⁷ Цит. по: Galison. Minkowski. 1979. P. 95.

движение к четырехмерному пространству-времени, заданному неевклидовой геометрией, он уже никогда не останавливался.

Снова и снова Эйнштейн возвращался к проблеме сохранения времени. Например, в 1910 г. он вновь настаивал на том, что время невозможно понять без часов. «Что такое часы?» — спрашивал он. «Под часами мы понимаем любую вещь, характеризующуюся периодической сменой идентичных фаз, так что в силу принципа достаточного основания мы должны предполагать, что все, что происходит в данный период, идентично всему, что происходит в произвольный период»⁷⁸. Если нет причин думать иначе, мы должны предположить, что Вселенная постоянна. Если часы — это механизм, который вращает стрелки по кругу, то равномерное движение этих стрелок будет отмечать время; если бы часы были не чем иным, как атомом, время отмечалось бы его колебаниями. Уже одно только замечание Эйнштейна о значении «часов» продолжало серию философских исследований времени Маха, Пирсона или Пуанкаре в «Измерении времени». Теперь, однако, часам не обязательно быть макроскопическим объектом: часами может быть даже атом. Когда Эйнштейн сформулировал эту мысль, он писал естественно-научную статью, однако не трудно представить, что эти размышления практически сразу были восприняты как философские. С концепцией времени Эйнштейна, несомненно, ознакомилось новое поколение философов-сциентистов, включая Мориса Шлика и Рудольфа Карнапа из Венского кружка или их берлинского единомышленника Ганса Рейхенбаха.

16 января 1911 г. Эйнштейн предстал перед обществом «Naturforschende Gesellschaft» в Цюрихе. Набирающий по-

⁷⁸ *Einstein*. The Principle of Relativity and Its Consequences in Modern Physics [1910]. Document 2 // Collected Papers (translation). Vol. 3. P. 117–143 (особенно p. 125).

пулярность молодой ученый вновь изложил свои рассуждения, начиная с создания теории Лоренца и заканчивая исходными положениями относительности и процедурой координации часов. Явно испытывая удовольствие от собственного примера, Эйнштейн предложил вообразить «презабавнейшую штуку»: часы — более того, живые часы, организм, — отправляющиеся в путешествие туда и обратно на скорости, близкой к скорости света. По возвращении воображаемое существо почти не постареет, в то время как дома успеют смениться поколения. Несмотря на первоначальный скепсис, Эйнштейн снял шляпу перед Минковским, чьи «крайне интересные математические разработки» выявили метод, который «значительно упростил применение» теории относительности. Эта похвала была высказана слишком поздно, чтобы Минковский мог ее оценить; немецкий математик скоропостижно скончался в 1909 г. Теперь Эйнштейн, подобно Минковскому, начал отмечать привлекательность представления «физических событий <...> в четырехмерном пространстве» и физических отношений в виде «геометрических теорем»⁷⁹.

Клейнер, в прошлом научный руководитель Эйнштейна и с некоторых пор его сторонник, выступил с похвалой в адрес своего бывшего и некогда трудного ученика:

Что касается принципа относительности, его называют революционным. Это звучит особенно часто в отношении тех постулатов, которые являются уникальными нововведениями Эйнштейна в нашей физической картине мира. Это касается, прежде всего, формулировки понятия времени. До сих пор мы привыкли рассматривать время как нечто, что всегда и при любых обстоятельствах течет в одном и том же направлении, как нечто существующее независимо от наших мыслей. Мы привыкли воображать, что где-то в мире существуют часы, которые определяют время. По крайней мере, считается допусти-

⁷⁹ *Einstein*. The Theory of Relativity. [1911]. Document 17 // Collected Papers (translation). Vol. 3. P. 340–350 (особенно p. 348, 350).

мым представлять его себе таким образом. <...> Оказывается, что представлять время как некий абсолюте в старом смысле больше нельзя, а то, что мы теперь обозначаем как время, зависит от состояний движения⁸⁰.

Для самого Клейнера концепция относительности как таковая не являлась «революционной»; возможно, она была неким «разъяснением», но не чем-то «принципиально новым». Если добрый профессор Клейнер и оплакивал что-либо в физике Эйнштейна, то это была утрата эфира. Действительно, признавал он, это понятие становилось все более и более неясным. Но ведь без него не было бы «распространения в среде, которая не является средой». Хуже того, разве отказ от эфира не оставил бы нас с формулами, в которых не было никакого «мысленного образа»? В ответ Эйнштейн допустил, что эфир в эпоху Максвелла имел «реальную ценность для интуитивного представления». Но ценность концепции эфира исчезла, когда физики отказались от попытки представить эфир как механический объект с механическими свойствами. После потери действительной веры в существование эфира это понятие стало для Эйнштейна не чем иным, как обременительной фантастикой.

В тот январский день почти каждый выступающий прямо или косвенно затронул речь Минковского «Пространство и время», которая явно проложила путь для более широкого принятия теории Эйнштейна. Диалог Эйнштейна с одним из слушателей (выпускником Университета Цюриха 1904 г.) пролил свет на статус теории:

Д-р [Рудольф] Леммель: Является ли картина мира, вытекающая из теории относительности, неизбежной, или же эти предположения произвольны и целесообразны, но не необходимы?

⁸⁰ “Discussion” Following Lecture Version of “The Theory of Relativity.” Document 18 // Collected Papers (translation). Vol. 3. P. 351–358 (особенно p. 351–352).

Проф. Эйнштейн: Принцип относительности — это принцип, ограничивающий возможности; это не модель, так же как второй закон термодинамики не является моделью.

Д-р Леммель: Вопрос в том, является ли этот принцип неизбежным и необходимым или всего лишь целесообразным.

Проф. Эйнштейн: Принцип не является логически необходимым: он был бы таковым, если бы это следовало из опыта. Но опыт делает его только лишь вероятным.

Для Пуанкаре вероятность принципов тоже следовала из опыта, но принципы были именно тем, что было целесообразно; при малейшем противоречии опыту их можно было бы удерживать только ценой огромных неудобств. «Принципы, — писал Пуанкаре в “Науке и гипотезе”, — это замаскированные конвенции и определения». Для Эйнштейна принципы были чем-то большим, чем определения: они были столпами, поддерживающими структуру знания. И это несмотря на то, что наше знание принципов никогда не может быть точным; наше отношение к ним с необходимостью является условным, вероятным, никогда не принуждаемым логикой или опытом.

Для Эрнста Мейснера, на тот момент приват-доцента Политехникума, специализирующегося в области математической физики, работа Эйнштейна о времени стала моделью для обширной и критической переоценки всех физических концепций. Каждая из них должна быть пересмотрена, чтобы можно было выделить те, что остаются инвариантными при смене системы отсчета:

Мейснер: Дискуссия показала, что нужно сделать в первую очередь. Все физические концепции должны быть пересмотрены.

Эйнштейн: Главное сейчас — провести наиболее точные эксперименты, чтобы проверить фундаментальные основания. А иначе все эти размышления никуда нас не приведут. Интерес представляют только те, которые приводят к результатам, в принципе доступным для наблюдения.

Мейснер: Размышления привели вас к великолепной концепции времени. Вы обнаружили, что оно не является независимым. Таким же образом необходимо исследовать и другие понятия. Вы показали, что масса зависит от энергетического содержания, и сделали понятие массы более точным. Вы не проводили никаких физических исследований в лаборатории — вместо этого вы размышляли⁸¹.

О да, ответил Эйнштейн. Но задумайтесь о том затруднительном положении, в которое нас поставили размышления о времени.

Пересмотр времени Эйнштейном привлек внимание некоторых из его самых выдающихся современников. Макс фон Лауэ в 1911 г. отметил в своем тексте о принципе относительности, что «новаторская работа» Эйнштейна одним ударом своей радикальной критики времени разрешила головоломку реального, но неопределяемого эфира Лоренца⁸². Макс Планк, декан физического факультета в Германии (введший концепцию квантовой прерывности), пошел еще дальше. Выступая в 1909 г. в Колумбийском университете в Нью-Йорке, он заявил собравшимся: «Нет необходимости лишний раз подчеркивать, что этот новый взгляд на понятие времени предъявляет самые серьезные требования к способностям абстрактного мышления и силе воображения физика. По своей смелости он превосходит все, что было достигнуто до сих пор в спекулятивных исследованиях природы и даже в философских теориях знания: в сравнении с ним неевклидова геометрия — это детская игра»⁸³. Слова Планка подняли

⁸¹ “Discussion” Following Lecture Version of “The Theory of Relativity.” Document 18 // Collected Papers (translation). Vol. 3. P. 351–358 (особенно p. 356–358); см. также заметки к оригинальной версии: Collected Papers. Vol. 3. P. 448–449; *Poincaré*. La Science. 1905. P. 165.

⁸² *Laue*. Relativitätsprinzip. 1913. P. 34.

⁸³ *Planck*. Eight Lectures. 1998. P. 120; перевод слегка изменен в соответствии с: *Walter*. Minkowski. 1999. P. 106. О словах Планка и карьере Эйнштейна см.: *Ily*. Albert Einstein. P. 76.

репутацию Эйнштейна, транслируя его собственное мнение, что время было поворотным пунктом его работы. «Относительность одновременности, — заметил Эйнштейн вскоре после этого, — означает фундаментальное изменение нашей концепции времени. [Это] самая важная, но также самая противоречивая теорема новой теории относительности»⁸⁴.

Эмиль Кон, который размышлял о световой координате часов по меньшей мере еще в 1904 г., вернулся к этому вопросу в 1913 г. в небольшой, популярно написанной книге («Физический аспект пространства и времени»), чтобы рассмотреть одновременность полностью в духе Эйнштейна (в ней он ссылаясь на «Принцип относительности Лоренца — Эйнштейна», не упомянув при этом Пуанкаре). Помимо фотографий проводной и деревянной моделей координаты часов, Кон приложил десятки иллюстраций часов и масштабных линеек, с целью на каждом этапе своей аргументации показать, что кинематика Эйнштейна была физической, процессуальной и полностью визуализируемой в виде координируемых городских часов: «Синхронизация часов Страсбурга и Келя (которые, как показала проверка, идут с одинаковой скоростью) может и должна быть проведена таким образом: Страсбург посылает в момент 0 световой сигнал в Кель, который отражается там; в момент 2 он возвращается в Страсбург. Часы в Келе идут правильно, если в тот момент, когда туда поступает сигнал из Страсбурга, они показывают время 1 (а если нет, то это должно быть исправлено)». Эйнштейну понравился проект Келя, о чем он сообщил в публикации⁸⁵.

Сам Эйнштейн ни на секунду не переставал размышлять о времени; в 1913 г. он опубликовал новый и поразительно простой аргумент в защиту относительности времени. Пред-

⁸⁴ *Einstein*. On the Principle of Relativity. [1914]. Document 1 // Collected Papers. Vol. 6. P. 3–5 (особенно p. 4); Collected Papers (translation). Vol. 6. P. 4.

⁸⁵ *Cohn*. Physikalisches. 1913. P. 10; *Einstein*. On the Principle of Relativity. [1914]. Document 1 // Collected Papers (translation). Vol. 6. P. 4.

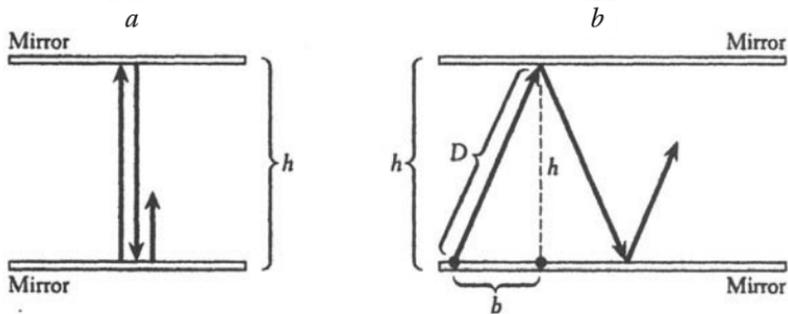


Рис. 5.12. Световые часы Эйнштейна (1913)

(а) В этом простейшем из всех объяснений растяжения времени Эйнштейн представлял себе два параллельных зеркала со световым импульсом, курсирующим между ними; каждое перемещение составляет один «тик». Если бы подобные часы двигались мимо «покоящегося» наблюдателя, он бы увидел пилообразную траекторию движения света (b). С каждым увеличением угла свет будет проходить все более длинное расстояние (по диагонали), чем по прямому пути вверх-вниз в аналогичных часах, находящихся в состоянии покоя. Поскольку свет распространяется с одинаковой скоростью в каждой системе отсчета, Эйнштейн заключил, что «тик» в движущейся системе отсчета будет измеряться как более долгий, чем в покоящейся. Следовательно, неподвижный наблюдатель должен заключить, что время замедляется в движущейся системе отсчета.

ставьте, писал он, что два параллельных зеркала образуют «часы», где каждый такт определяется путем прохождения пучка света от одного зеркала к другому (рис. 5.12a).

Теперь предположим, что эти световые часы двигаются вправо (рис. 5.12b). Для неподвижного наблюдателя движение вспышки света вверх и вниз, по-видимому, создает пилообразный рисунок, так же как мяч баскетболиста будет следовать по такой траектории с точки зрения зрителя. Вот в чем суть: наклонная траектория движущихся часов (как видно неподвижному наблюдателю), очевидно, длиннее перпендикулярной траектории собственных часов наблюдателя. Но скорость света предположительно одинакова в *любой* системе отсчета, поэтому свет движется по траектории со скоростью c . (Это неверно для примера с баскетболом, так как зрители увидели бы, что наклонное движение мяча

быстрее, чем простое движение вверх и вниз, наблюдаемое игроком.) Поскольку свет проходит большее расстояние по наклонной линии, по сравнению с перпендикулярной линией это занимает больше времени (D больше h). Из этого следует, что один «тик» часов с точки зрения движущегося наблюдателя (для неподвижного наблюдателя — движение по наклонной линии) для неподвижного наблюдателя равен нескольким «тикам» (движение по прямой вверх и вниз)⁸⁶.

Таким образом, с точки зрения неподвижной системы отсчета в движущейся системе все происходит медленно. Как бы то ни было, главный вывод Эйнштейна оставался тем же: абсолютное время больше не имело права на существование. Вместо него он предложил простую практическую процедуру: синхронизировать часы путем обмена световыми сигналами. Все остальное в его теории следовало из этой процедуры, наряду с фундаментальными предположениями об относительности и абсолютной скорости света.

⁸⁶ Будет более точным сказать, что этот простой треугольник показывает количественное отношение между временем, измеренным в двух системах отсчета. Допустим, Δt обозначает время, за которое свет проходит расстояние h (т.е. $h = c\Delta t$). Представим, что световые часы движутся вправо со скоростью v и наклонный путь светового импульса составляет расстояние D за время $\Delta t'$ (т.е. $D = c\Delta t'$). За время $\Delta t'$, требующееся лучу для достижения верхнего зеркала, точка запуска светового луча перемещается вправо на величину b , которая должна быть скоростью часов, умноженной на время $\Delta t'$, т.е. $b = v\Delta t'$. Таким образом, мы получаем нужный треугольник (см. рис. 5.12b), все стороны которого заданы. Применим теорему Пифагора: $D^2 = b^2 + h^2$. Подставим значения D , b и h , и мы имеем: $(c\Delta t')^2 = (v\Delta t')^2 + (c\Delta t)^2$. Вычтя $(v\Delta t')^2$ с обеих сторон и упростив, мы получаем $\Delta t' / \Delta t = 1 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$. Это *решающий* результат. Он говорит о том, что один «тик» покоящихся часов, длящийся время Δt в покоящейся системе отсчета (здесь свет проходит расстояние h), измеряется находящимся в покое наблюдателем как длящийся дольше ($\Delta t'$), когда часы движутся со скоростью v . Если $v/c = 4/5$ скорости света, отношение $1 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$ составляет $5/3$: часы, идущие со скоростью $4/5$ от скорости света, будут измеряться неподвижными часами как идущие с отставанием в $5/3$. Конечно, «покоящиеся» и «движущиеся» часы, согласно Эйнштейну, полностью относительны.

ЭЙФЕЛЕВО РАДИО

Когда центральные электромагнитные сигналы поступали в отдаленные точки, расположенные в соседних комнатах или на расстоянии 100 километров друг от друга, не только Эйнштейн и Пуанкаре определяли их как одновременные. Вовсе нет. На основе обмена электрическими сигналами планировщики железных дорог составляли расписания поездов, генералы поднимали по тревоге войска, операторы телеграфировали о деловых сделках, а геодезисты составляли карты. Именно в первые годы службы Эйнштейна в патентном бюро шли приготовления к координации времени с помощью радиосигналов — американский флот начал эксперименты с отправкой маломощных временных сигналов из Нью-Джерси в сентябре 1903 г.; в августе 1904 г. последовал приказ транслировать сигналы с Кейп-Кода (Массачусетс) и из Норфолка (Вирджиния). В свою очередь, американцы тоже были не единственными, кого интересовало радио. В 1904 г. в Швейцарии и во Франции наблюдался интенсивный рост активности, связанной с системами радиосвязи: рабочие тестировали, разрабатывали и вводили в оборот новые радиорелейные системы. Директор французского журнала *La Nature* сам взялся за перо, чтобы рассказать о новых разработках в передаче времени по беспроводной связи. Рапортуя об экспериментах, проведенных в Парижской обсерватории, он отметил, что с помощью хронографа теперь возможна дистанционная синхронизация в течение двух-трех сотых долей секунды. Беспроводные технологии обещали распространять время повсюду в Париже и его окрестностях, вытеснив не только устаревшую паровую систему, но и громоздкие наземные телеграфные линии передачи электрического времени. Трансляция времени по радио способствовала прогрессу науки в области более точного определения длительностей; радио избавило время от бремени материального носителя в виде проводов. На-

конец, синхронизированное время могло транслироваться на морские суда и даже в «обычные жилые дома»⁸⁷. Вскоре в патентное бюро Эйнштейна начали поступать схемы по радиосинхронизации времени⁸⁸.

Беспроводное время было хитом в первые годы XX в. (рис. 5.13), и Франция сильно продвинула новую технологию вперед. Пуанкаре сыграл в этом процессе ключевую роль благодаря своим научно-популярным и специально-техническим публикациям о радио, но еще в большей степени благодаря действиям «за кулисами». Как уже случалось ранее, Пуанкаре колебался между абстрактными размышлениями о статусе электромагнетизма и практической потребностью в немедленном использовании радиотехники. Постоянное взаимодействие с теорией и практикой коммуникаций, без сомнения, способствовало его назначению на должность профессора в *Ecole Professionnelle Supérieure des Postes et Télégraphes* в 1902 г. Свою статью о беспроводной телеграфии, опубликованную в ежегоднике Бюро долгот, он начал с рассмотрения знаменитых экспериментов Герца 1888 г., которые впервые продемонстрировали существование радиоволн. Затем Пуанкаре перешел к практическим вопросам: как мог новый «герцовский свет» заменить оптическую телеграфию, распространяясь на дальние расстояния и преломляясь вокруг кривизны Земли? Как радиоволны могут проникнуть в туман, который блокирует видимый

⁸⁷ *Howeth*. History. 1963. Более подробно о беспроводной настройке часов см.: *Premier Livre*. 1922. P. 150–152; *Boullanger, Ferrié*. La Télégraphie. 1909. Появление радиостанции на Эйфелевой башне датируется 1903 г. В работе *Ferrié*. Sur quelques nouvelles applications de la Télégraphie. 1911 (особенно p. 178) указывается, что планирование беспроводной координации времени началось одновременно с работой над беспроводными сетями; в работе *Rothé*. Les Applications de la Télégraphie. 1913 рассматриваются детали координации времени с помощью радиокommunikации.

⁸⁸ *Reithoffer, Morawetz*. Einrichtung zur Fernbetätigung von elektrischen Uhren mittels elektrischer Wellen. Швейцарский патент № 37912, представленный 20 августа 1906 г.

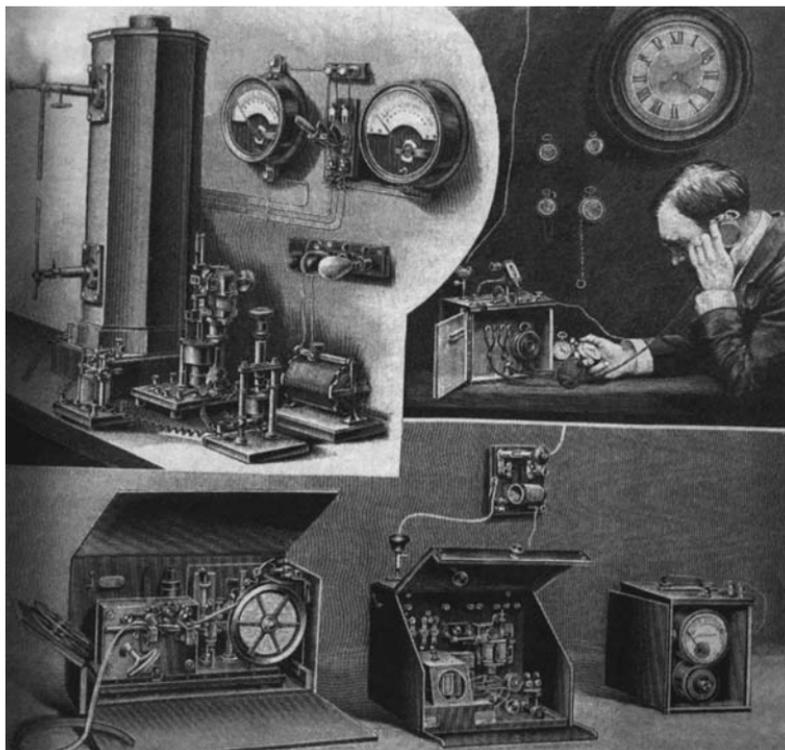


Рис. 5.13. Беспроводное время

В 1904–1905 гг. многочисленные группы исследователей проводили эксперименты по беспроводной передаче времени. Американский флот был пионером в этом отношении. Но и другие преследовали ту же цель. На этом фото из многотиражного французского журнала изображены передатчик, приемник и оператор.

Источник: *Bigourdan*. Distribution. 1904. P. 129.

свет? Могут ли новые виды антенн направлять и концентрировать радиоволны? Пуанкаре с равным энтузиазмом обсуждал особенности никель-серебряных покрытий и размышлял над возможностями использования радио в целях предотвращения столкновений кораблей в плохую погоду.

Как мы знаем, французы связывали с радио геополитические опасения, возникшие после демонстрации Велико-

британией возможностей перехвата и перерезки кабеля в конце 1890-х годов. Пуанкаре в полной мере разделял эти опасения с представителями французской политико-административной элиты. Один французский дипломат предупредил Французский колониальный союз о том, что пока Англия поддерживает свою телеграфную кабельную монополию, французы просто не могут рассчитывать на конфиденциальность своих государственных сообщений. Используя проектор, он продемонстрировал своим слушателям карту, окрашенную в разные цвета, чтобы они могли убедиться в собственном бедственном положении. Синим была отмечена горстка французских кабелей, связывающих Францию с Северной Африкой, а также одна тонкая линия, ведущая к Соединенным Штатам. «Взгляните теперь на мощнейшую сеть красных линий: они распространяются повсюду и опутывают мир, как настоящая паутина. Красными линиями обозначены кабели английских телеграфных компаний»⁸⁹. С учетом нестабильных отношений между Францией и Великобританией, отмеченных антиколониальными восстаниями и конфликтами, ситуация была очень серьезной. Неудивительно, что в этой напряженной атмосфере безопасность была для Пуанкаре главным преимуществом новой беспроводной сети: «Оптическая и волновая телеграфия имеют общее преимущество перед обычным телеграфом: во время войны враг не может прервать сообщение». Однако, если для перехвата светового сигнала противник должен был занять соответствующие позиции, сигналы широкопередаточной радиопередачи могли быть перехвачены гораздо проще и даже прерваны встречной передачей шума. «Мы помним, как Эдисон угрожал своим европейским конкурентам, что он помешает их экспериментам, если они захотят проводить их в Америке». Пуанкаре колебался между теоретическими и практическими задачами, как искра в радиопередатчике:

⁸⁹ Depelley. *Les Cables sous-marins*. 1896. P. 20.

его интересовали первичные и вторичные цепи, но также и безопасность французской дипломатической коммуникации⁹⁰.

В поисках все более высоких площадок для размещения антенн энтузиасты зарождающейся французской радиослужбы уже начали присматриваться к Эйфелевой башне, судьба которой в 1903 г. оставалась в значительной степени нерешенной. Элётер Маскар из Бюро метеорологии написал Пуанкаре письмо с просьбой уговорить министра обороны спасти башню (и, следовательно, станцию) от демонтажа. Он утверждал, что башня была ценным военным объектом не только для оптической телеграфии, но и для зарождающихся беспроводных экспериментов, которые к тому времени уже стартовали. Конечно, министр обороны прислушался бы к Пуанкаре — попытается ли он спасти башню по соображениям национальной безопасности? Тем временем Густав-Огюст Ферри, выпускник Политехнической школы, инженер и военный служащий в звании капитана, объединил усилия с Густавом Эйфелем; в 1904 г. им удалось добиться решения о переводе Эйфелевой башни в разряд станции французской радиослужбы. Когда в 1907 г. Ферри отправил радиооборудование на фронт на конных экипажах, чтобы французские войска, сражавшиеся с марокканскими повстанцами, могли общаться со своими командирами во Франции, их успех был окончательно закреплен благодаря широко освещавшемуся в прессе триумфу французской армии, оснащенной радио⁹¹.

Учитывая положение Пуанкаре в Бюро долгот, научном сообществе, а также в кругах французской интеллектуальной элиты в целом, его замыслы в отношении использования Эйфелевой башни в целях радиопередачи обладали влиянием. Во многом благодаря именно его усилиям в

⁹⁰ *Poincaré*. Notice sur la télégraphie sans fil. [1902].

⁹¹ *Amoudry*. Le Général Ferrié. 1993. P. 83–95.

мае 1908 г. Бюро настоятельно рекомендовало установить передатчик радиосигнала на Эйфелевой башне, который можно было использовать для определения долготы любого места получения сигнала. Заручиться поддержкой армии было легко. Зимой 1908 г. французское правительство учредило межведомственную комиссию по контролю над новой радиотехникой во главе с Пуанкаре. Министр обороны согласился, выделив необходимые средства. Беспроводная синхронизация стала военным, а также гражданским приоритетом⁹².

8 марта 1909 г. состоялось седьмое заседание комиссии, на котором председательствовал Пуанкаре. На нем присутствовал директор Парижской обсерватории, как и (недавно получивший повышение) майор Ферри, а также инженеры из различных министерств и военно-морского флота. Объясняя ситуацию собравшимся, Ферри разделил сигналы времени на два класса. Сигналы первого класса — грубые сигналы с точностью до полусекунды — можно было использовать для навигации в море. Такие сигналы сродни тем, что передаются по проводам из обсерватории. Помимо этого были «специальные» сигналы для высокоточной геодезии. Они требуют более кропотливой работы для достижения точности до сотой секунды⁹³.

Если бы радиооператор в одной из французских колоний захотел определить свои долготные координаты по отношению к Парижу, происходило бы следующее. Станция Эйфелевой башни транслирует сигнал каждые 1,01 секунды; он ждет сигналы, прибывающие незадолго до полуночи по парижскому времени. В то же время он устанавливает собственные часы, которые звонят коротким четким звон-

⁹² Conférence Internationale de l'heure // Annales du Bureau des Longitudes. Vol. 9. D17.

⁹³ Commission Technique Interministérielle de Télégraphe sans Fil, 7th Meeting, 8 March 1909. Archives of the Paris Observatory, MS 1060, II F1.

ком один раз в начале каждой секунды (по локальному времени). По договоренности он знает, что сигналы с Эйфелевой башни начнутся в полночь по парижскому времени и, таким образом, будут поступать в 12:00:00,00, 12:00:01,01, 12:00:02,02 и т.д. по парижскому времени. Подсчитав количество сигналов с Эйфелевой башни до того, как парижские и локальные звуковые сигналы совпадут, он сможет синхронизировать свои часы. Например, если локальный тональный сигнал впервые совпал с десятым сигналом от Эйфелевой башни, это означало бы, что в Париже полночь плюс десять сигналов (12:00:10,10 секунды). Локальное время случайного события можно узнать, просто посмотрев на часы. Чтобы получить разницу в долготе между отдаленной радиостанцией и Эйфелевой башней, нужно просто вычесть время Эйфелевой башни (12:00:10,10 секунды) из вашего локального времени. К марту 1909 г. комиссия Пуанкаре разработала план по трансляции сигналов точного времени по беспроводной сети.

В следующем месяце Пуанкаре отправился в Гёттинген, чтобы прочесть серию лекций по теоретической и прикладной математике. На первых пяти лекциях Пуанкаре представил свою техническую работу на немецком языке. Но на последней встрече он объявил собравшимся, что на этот раз, без опоры на уравнения, он перейдет на свой родной язык. Темой была «новая механика». Обедя взором присутствовавших, он заявил, что, казалось бы, неприступный бастион ньютоновской механики если еще не совсем разгромлен, то, по крайней мере, сильно поврежден. «Он подвергся атакам великих разрушителей: один из них присутствует среди вас, г-н Макс Абрахам. Другой — это голландский физик г-н Лоренц. Я хочу поговорить с вами <...> о руинах этого древнего сооружения и о новом здании, которое человек хочет возвести на его месте». Затем Пуанкаре спросил: «Какую роль играет принцип относительности в новой механике?» и продолжал: «Вначале мы должны поговорить о кажущем-

ся времени, выдающемся изобретении физика Лоренца». Представьте себе, предлагал он своим слушателям, «таких дотошных наблюдателей, какие вряд ли существуют на свете. Они требуют необычайно точной настройки часов; точности не до одной секунды, а до миллиардной доли секунды. Как они могут ее добиться? От Парижа до Берлина *A* отправляет телеграфный сигнал, если хотите, по беспроводной связи, чтобы быть совсем современным. *B* отмечает момент приема сигнала, и этот момент служит для двух хронометров [нулевым] моментом времени. Но сигналу требуется определенное время, чтобы дойти из Парижа до Берлина, так как он может идти только с определенной скоростью — скоростью света; часы *B* будут поэтому отставать; но *B* слишком умен, чтобы упустить это из виду; он позаботится об этом недостатке». Наблюдатели *A* и *B* решают проблему так, как это сделали бы любые два телеграфиста Бюро долгот, — обменом сигналами. *A* отправляет временной сигнал *B*, а *B* отправляет его *A*⁹⁴. Это как раз тот способ, который бюро практикует уже в течение многих десятилетий, передавая сигналы по кабелю туда и обратно между Парижем и Бразилией, Сенегалом, Алжиром, Америкой. Или, если уж на то пошло, именно таким образом посредством беспроводной связи транслировался сигнал между «совсем современной» Эйфелевой башней и Берлином, чему вскоре после этого доклада поспособствовал сам Пуанкаре.

В субботу 26 июня 1909 г. в 14:30 Пуанкаре и его комиссия собрались на Эйфелевой башне, чтобы осмотреть экспериментальную станцию. Капитан Колин описал и объяснил принцип работы устройства, подытожив новейшие исследования в области радиотелеграфии, а также представил доклад американского флота о недавней радиосинхронизации часов своих кораблей. Затем последовал его краткий отчет о постоянно растущем диапазоне действия самой

⁹⁴ Poincaré. La Mécanique nouvelle. 1910. P. 4, 51, 53–54.

башни: в течение последних дней войска Колина успешно получали сигналы в Вильжюифе, в 8 км от башни; в Меуне, в 48 км; в середине июня инженеры запеленговали сигнал в 166 км от Марсова поля. Представлялся возможным еще больший диапазон. Эксперименты на судах успешно проводились с 9 июня. «По окончании доклада господина Колина комиссия немедленно запустила устройство в действие». Амперметр, волномер и приемник работали без нареканий. Комиссия Пуанкаре стала свидетелем безупречной (чистой и стабильной) трансляции времени. Пуанкаре надавил на Палату депутатов, потребовав предоставления коммерческих услуг радиотелефонной связи и немедленного финансирования, чтобы Эйфелева башня могла стать самым мощным синхронизатором времени в мире. Одобрение было получено 17 июля 1909 г.⁹⁵

Ровно через неделю, 24 июля, Пуанкаре дописал свою вступительную речь для Французской ассоциации содействия развитию науки в Лилле. В начале августа, когда он прибыл в городской театр, чтобы прочесть ее (видоизмененный вариант речи, прочитанной в Гёттингене) и получить Grande Médaille d'Or, там его ждала городская элита, желавшая послушать про новую физику. Вновь он подчеркнул важность принципа относительности, ключевую роль «гениального» локального времени Лоренца и необходимость телеграфной координации времени с помощью «очень современной» беспроводной связи. Затем Пуанкаре представил, как обычно, «другую гипотезу» (т.е. выходящую за пределы гипотезы о принципе относительности и гипотезы «кажущегося времени») — сокращение Лоренца: идея «намного более удивительная, гораздо более трудная для вос-

⁹⁵ (Одобрение) *Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts*, à Monsieur le Directeur de l'Observatoire de Paris, 17 July 1909; (Протокол собрания) *Commission Technique Interministérielle de Télégraphe sans Fil*, 10th Meeting, 26 June 1909. Оба документа — Archives of the Paris Observatory, MS 1060, II F1.

приятия, совершенно противоречащая нашим устоявшимся стереотипам восприятия». Объект, движущийся через эфир, сокращается по направлению своего движения. В результате своего вращения вокруг Солнца земная сфера сжимается по направлению ее движения примерно на $1/200\,000\,000$ ее диаметра. Тем не менее, подчеркнул Пуанкаре, в системе координат движущегося наблюдателя замедление «локального времени» и сокращение «кажущейся длины» настолько точно компенсируют друг друга, что у наблюдателя не будет никакой возможности заметить собственное движение⁹⁶.

Пуанкаре описывает мир, сильно напоминающий мир Эйнштейна относительно того, что может видеть движущийся наблюдатель, но расходится с ним в объяснении причин. В августе 1909 г. Пуанкаре продолжал придерживаться (все менее физической) гипотезы эфира, тогда как Эйнштейн на каждом шагу полемизировал с тем, что считал устаревшим и избыточным понятием. Пуанкаре представлял сокращение Лоренца как самостоятельную гипотезу, Эйнштейн же вывел его из своего определения времени. Пуанкаре стоял на страже достопочтенных «локального времени» и «кажущихся длин» Лоренца, хотя его употребление терминов и отличалось от их использования самим Лоренцом: Пуанкаре рассматривал кажущиеся длины и времена как наблюдаемые, Лоренц продолжал относиться к ним как к фикциям. Для Эйнштейна существовало лишь «время конкретной системы отсчета», время одной системы было настолько же «истинным» и «реальным», как и время другой. Никаких фикций. Никакого эфира. Никаких объяснений неспособности наблюдателя заметить его постоянное движение. Никакого разделения на «истинное» и «кажущееся». Что касается границ кажущегося: в течение многих лет Пуанкаре понимал это так же хорошо, как Эйнштейн, — *для любого*

⁹⁶ Poincaré. La Mécanique Nouvelle. [1909]. P. 9. Копия манускрипта датирована 24 июля 1909 г. (Archives de l'Académie des Sciences).

постоянно движущегося наблюдателя *все* явления «хорошо согласуются с принципом относительности»⁹⁷.

С 1908 по 1910 г. деятельность Пуанкаре, связанная с электромагнитной одновременностью, варьировала от теории относительности до новой радиотехники. Оправившись после затопления штаб-квартиры радиостанции вышедшими из берегов водами Сены, 23 мая 1910 г. французская армия начала транслировать одновременность с Эйфелевой башни. Ее отчетливые сигналы можно было расслышать на всем пространстве от Канады до Сенегала⁹⁸. Сначала сигналы шли по парижскому времени; только в следующем году, 9 марта 1911 г., Франция согласилась перевести свои (а также алжирские) часы на 9 минут и 21 секунду назад, сориентировав их таким образом на Гринвич. Шарль Лаллеман, выступавший на стороне Пуанкаре по различным вопросам времени и долготы (Кито, десятичное время, часовые пояса), теперь усматривал реальную возможность применить унификацию времени на практике. Часы, радиоприемники и карты наконец соединились.

Еще до того как аппаратура Эйфелевой башни была запущена в действие, французские геодезисты начали корректировать свои карты с помощью радиосигналов, начиная с Монсури, Бреста и Бизерта, составляя планы использования военной телеграфии и радиокоординации времени для картографии французских колоний. Вскоре они начали сотрудничать со своими американскими коллегами в рамках обмена сигналами между Эйфелевой башней и Арлингтоном, штат Вирджиния, которые обладали достаточной точностью для коррекции времени передачи сигнала через океан. Это была полноценная реализация синхронизации с помощью светового сигнала, которую Пуанкаре описал сна-

⁹⁷ *Poincaré*. La Mécanique Nouvelle (вторник, 2 августа 1909 г.).

⁹⁸ *Amoudry*. Général Ferrié. 1993. P. 109; см.: Comptes rendus de l'Académie des Sciences (отчет за 31 января). [1910].

чала в своей метафизике одновременности, а затем в своей физике локального времени. В популярных журналах отмечалось: «Хотя радиосигналы проходят сквозь пространство со скоростью света, есть небольшая, но ощутимая потеря времени <...> между запуском такого сигнала <...> и его получением на другом конце». Когда американцы составили экспериментальные протоколы в 1912 г., они заявили, что французы уже решили проблему, используя метод совпадения, разработанный комиссией Пуанкаре несколько лет назад. «Здесь, — писал один американский репортер, — было найдено прекрасное решение»⁹⁹. Беспроводная связь сделала возможной всемирную синхронизацию: во всех направлениях, на огромных расстояниях, с практически безграничной точностью. Лаллеман и его союзники в вопросах долготы надеялись скоординировать Париж с другими передатчиками, снабженными временными сигналами аристократическим консорциумом обсерваторий, которые «избегали бы любых проявлений национального времени». Министры, руководители обсерваторий и сотрудники Бюро долгот согласились: французским идеалом было бы достижение рациональной скоординированной международной системы времени, разумеется, во главе с Францией¹⁰⁰. Опять же, триумф был бы во всех отношениях конвенцией, основанной на множестве международных конференций и соглашений, устанавливающих метр, Ом, нулевой меридиан, и в том числе на неудачной попытке универсальной рационализации времени с принятием десятичной секунды.

⁹⁹ Scientific American. 13 December 1913. Vol. 109. P. 445; также см.: *Mathys*. The Right Place at the Right Time (неопубликованная диссертация). Marquette University, 1991.

¹⁰⁰ *Lallemand*. Projet d'organisation d'un service international de l'heure. 1912. О сообщении между Эйфелевой башней и Арлингтоном см., например: *Amoudry*. Général Ferrié. 1993. P. 117; *Mathys J.M.* (неопубликованная диссертация). George Washington University, 1991; Scientific American. 13 December 1913. Vol. 109. P. 445.

Пока французские ученые обматывали проводами Эйфелеву башню, чтобы соединить часы по всей Европе, англичане ничего не предпринимали, отказываясь строить собственный передатчик времени. Согласно одному историку Гринвича, имперские телеграфисты и астрономы находили французские и другие зарубежные радио-временные службы полезными в мирное время (британцы быстро установили приемники в Гринвиче). В период войны, как они считали, никто не будет транслировать время¹⁰¹. Подобный расчетливый, прагматичный подход, безусловно, соответствовал тому, как британцы создавали и контролировали свою международную кабельную сеть. Со своей стороны, Пуанкаре едва ли был одинок в своем патриотическом беспокойстве о секретности радиотрансляции. Он подчеркнул этот момент в своей первой статье о радиотехнике в 1902 г. В ходе подготовки к международной конференции по времени и радиотелеграфии 1912 г. на совещаниях различного уровня, в которых Пуанкаре принимал участие, безопасность «секретной коммуникации» была одной из часто обсуждавшихся тем. Представители французских министерств неоднократно обращали внимание, что немецкие и британские радиопередатчики превосходили французские аналоги в колониальной Африке¹⁰². Таким образом, включение Эйфелевой башни в качестве маяка мирового времени (и нулевой точки коммуникации в рамках Французской империи) стало одновременно практическим и символическим, военным и гражданским, националистическим и интернационалистическим проектом (рис. 5.14, 5.15). Сельские жители XIV в. устанавливали часы на колокольнях, чтобы властвовать над всеми, кто мог их услышать;

¹⁰¹ Howse. Greenwich. 1980. P. 155.

¹⁰² См.: 11-е и 12-е заседание Commission Technique Interministérielle de Télégraphe sans Fil (21 марта и 21 ноября 1911 г.). Archives of the Paris Observatory, MS 1060, II F1.

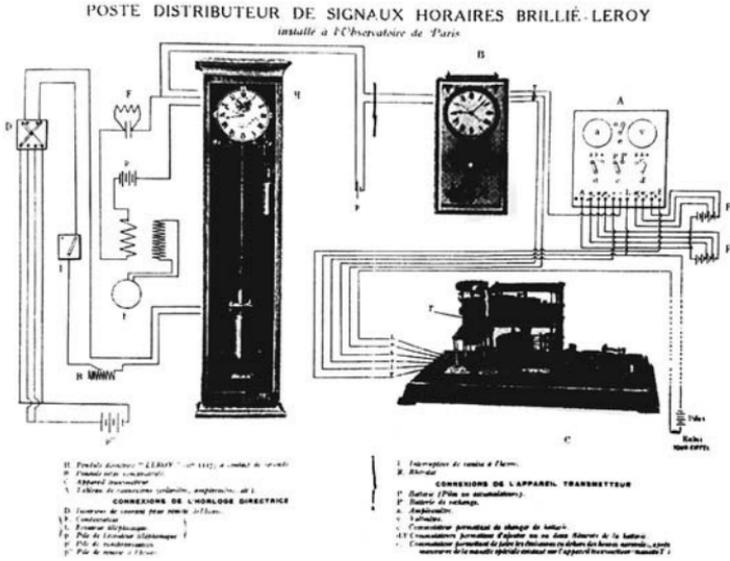




Рис. 5.15. Радиовремя Эйфеля (около 1908 г.)

Радиостанция Эйфелевой башни находилась в этих непривлекательных лачугах у подножия строения.

Источник: *Boulanger, Ferrie. La Telegraphie Sans Fil et les Ondes Electriques. 1909. P. 429.*

радиостанцией; это была британская кабельная сеть, обвившая медными щупальцами свои кросс-континентальные колонии. Это был мощный радиопередатчик американского флота, направлявший корабли в открытом море и фиксирующий позиции наземных станций в Северной и Южной Америке в разгар политики большой дубинки.

Спираль технологической, символической и абстрактной физики продолжала раскручиваться. Телеграфисты, геодезисты и астрономы *понимали* координацию часов Пуанкаре — Эйнштейна довольно буквально — как повседневную проводную (и беспроводную) синхронизацию часов. В *Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes*, где Пуанкаре преподавал с 1902 г., телеграфные и беспроводные сети никогда не имели *только* метафорического значения.

Это был бизнес. 19 ноября 1921 г. физик Леон Блох объяснил значение времени в основательной лекции по

теории относительности, используя технологию, которую студенты и преподаватели в его аудитории знали как свои пять пальцев:

Что мы называем временем на поверхности Земли? Возьмем часы, которые показывают астрономическое время, — главный маятник Парижской обсерватории — и передадим это время по беспроводной связи в отдаленные места. В чем заключается эта передача? Она состоит из регистрации двумя станциями, подлежащими синхронизации, прохождения оптического или электрического сигнала¹⁰³.

К моменту лекции Блоха координация часов путем обмена электромагнитными волнами стала *практической* рутинной. В течение целого десятилетия почтовые станции и телеграфы, Бюро долгот и французская армия регулярно корректировали время посредством сигналов в нескончаемой череде междугородних синхронизаций¹⁰⁴. Координация времени Эйнштейна и Пуанкаре родилась в мире машин и не ограничивалась только территорией Франции. В Германии Кон, «экспериментатор, ставший теоретиком», вслед за Пуанкаре занялся синхронизацией с помощью светового сигнала и не терял времени после выхода статьи Эйнштейна в 1905 г., используя фотографии часов и моделей для подготовки публикации о новой одновременности. В английском Кембридже именно экспериментаторы

¹⁰³ Bloch. Le Principe de la relativité. 1922. P. 15–16. Доминик Пестр характеризует Блоха (и его брата) как физиков, выделявшихся среди своих коллег во Франции того времени, поскольку они написали учебник, в котором положительно характеризовалась физика начала XX в. и приводился ряд последовательных обобщений от конкретного к абстрактному (без сомнения, ради привлечения их более экспериментально ориентированных коллег). См.: Pestre. Physique et Physiciens. 1984. P. 18, 56, 117.

¹⁰⁴ См.: Bureau des Longitudes, Réception des signaux horaires: Renseignements météorologiques, seismologiques, etc. y transmis par les postes de télégraphie sans fil de la Tour Eiffel, Lyon, Bordeaux, etc. (Bureau des Longitudes, Paris, 1924). P. 83–84.

(а не математики-теоретики) впервые обратились к процедуре синхронизации часов. Для американского физика-теоретика Джона Уилера соотнесение теории с механизмами и устройствами стало делом всего его профессионального пути: от ранних экспериментов с радио и взрывчатыми веществами до работы с инженерами-физиками во время Второй мировой войны. Когда они с Эдвином Тейлором написали широко цитируемый текст «Физика пространства-времени» в 1963 г., они также использовали универсальную машину и поместили ее изображение в начале своей книги (рис. 5.16).

Машины способствовали сближению часов и карт. В начале Второй мировой войны ученые из Массачусетского технологического института использовали усовершенствованные часовые механизмы в разработке системы дальней радионавигации (LORAN), которая направляла корабли союзников по всему Тихому океану. Послевоенные проекты американского флота и ВВС выходили под такими названиями, как «Транзит» и «Проект 621В». По мере эскалации холодной войны американские военные нуждались во все более точных системах определения местоположения для наведения межконтинентальных баллистических ракет и ориентировании солдат в джунглях Юго-Восточной Азии.

В течение 1960-х годов американские военные специалисты превратили спутники в радиостанции, которые передавали сигнал на Землю. Более точные и стабильные часовые механизмы вытеснили эти орбитальные передатчики, отсчитывающие время сначала из кристаллов кварца, а затем из цезиевых колебаний космических атомных часов. К тому времени, когда в 1990-х годах была запущена система глобального позиционирования спутников (GPS) стоимостью 10 млрд долл. США, ее 24 спутниковых часовых механизма добились точности, о которой Пуанкаре мог только мечтать

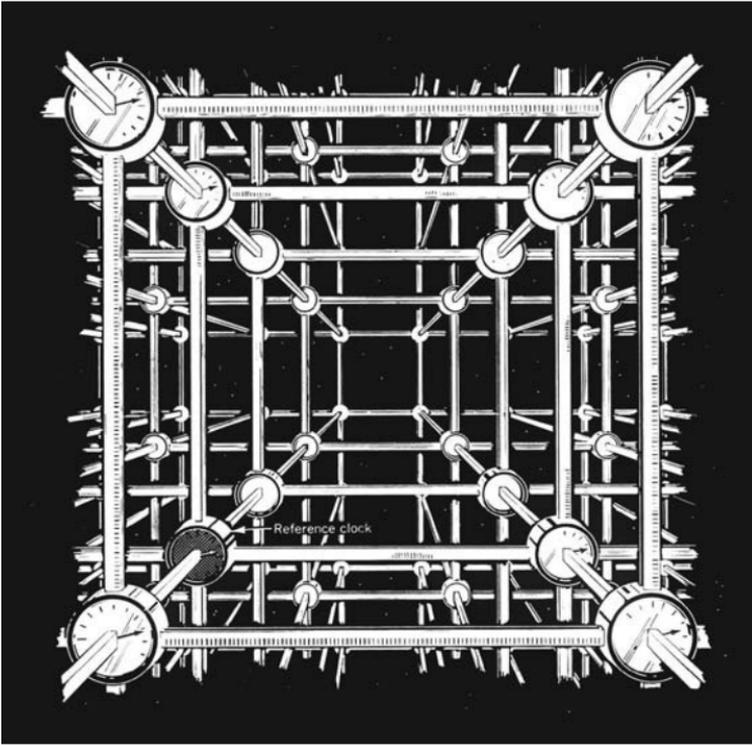


Рис. 5.16. Решетка пространства и времени

Затерявшимися в многочисленных дискуссиях об относительности оказались механические процедуры, с помощью которых должны были отмечаться координаты времени и пространства. Они ясно представлены в этой причудливой машине, изображенной в учебнике по теории относительности Эдвина Тейлора и Джона Уилера.

Источник: *Taylor, Wheeler. Spacetime Physics. 1966. P. 18.*

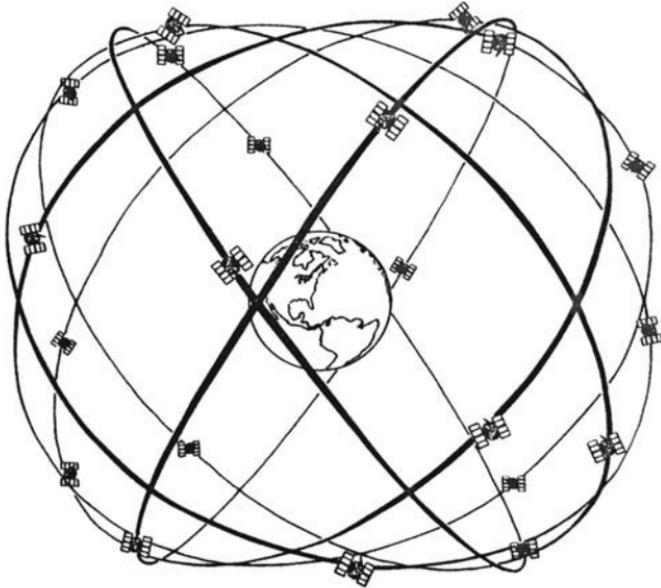
в своих лекциях в Гёттингене или Лилле в 1909 г.: 50 миллиардных долей секунды в день, обеспечивающих разрешение на поверхности Земли в 50 футов. В определенном смысле система напоминала время Эйфелевой башни: GPS также использовала своеобразный метод совпадений для синхронизации часов. Но теперь спутники транслировали ряд псевдослучайных чисел (т.е. достаточно случайных для этих

целей) — шесть тысяч миллиардов цифр. Затем приемник сопоставлял эту строку с его собственным идентичным набором цифр. Определив смещения между двумя сериями, логические операции приемника могли определить разницу во времени и, с учетом скорости света, расстояние от приемника до спутника. Если приемник уже был синхронизирован, для определения его положения в трехмерном пространстве требовалось только три спутника; но поскольку мобильный наземный приемник обычно не был настроен на точное время, требовался четвертый спутник (для установки времени).

В зоне обмена инженерии, философии и физики относительность стала технологией, быстро заменившей традиционные исследовательские инструменты. За счет повторной обработки данных, полученных благодаря использованию GPS, относительно одной позиции пользователи данной системы в начале XXI в. могут определять координаты другой неизвестной позиции с точностью до миллиметров.

Система достигла такой точности, что даже «фиксированные» точки на поверхности Земли обнаружили свое движение, сделав зримым нескончаемое тектоническое движение континентов, дрейфующих на поверхности планеты. Вместо «абсолютных континентов» геологам потребовалась новая универсальная система координат, не привязанная к какой-либо конкретной поверхности, а вращающаяся (перед мысленным взором науки) в беззвучной координации с внутренним пространством Земли. Вскоре GPS сажала самолеты, направляла ракеты, следила за слонами и подсказывала дорогу водителям в семейных автомобилях.

Для всех этих целей релятивистская координация времени была глубоко встроена в машину. Согласно теории относительности, спутники, которые вращались вокруг Земли со скоростью 12 500 миль в час, замедляли свои часы (относительно Земли) на 7 миллионных долей секун-



- 24 спутника
- Наклон в 55°
- Повторяющиеся дорожки (23 часа, 56 минут)
- 5 спутников, всегда находящихся в поле зрения

Рис. 5.17. Система глобального позиционирования

Не так уж сильно отличавшиеся от передающей время Эйфелевой башни Пуанкаре, запущенные в конце XX в. спутники GPS передавали точное время (и, следовательно, позиционирование) гражданским и военным пользователям. В эту орбитальную машину встроены программные и аппаратные настройки, которых требует теория относительности Эйнштейна. Результатом является теоретическая машина стоимостью 10 млрд долл., служащая глобальным компасом.

Источник: RAND Corporation, RAND MR614-A.2.

ды в день. Даже общая теория относительности (теория гравитации Эйнштейна) должна была быть заложена в эту систему (рис. 5.17). Согласно общей теории относительности, на расстоянии 11 тыс. миль в космосе, где вращались спутники, более слабое гравитационное поле заставляло спутниковые часы идти быстрее (относительно земной по-

верхности) на 45 миллионов долей секунды в день¹⁰⁵. Учет этих двух поправок приводил к ошеломляющей коррекции в 38 миллионов (т.е. 38 тыс. миллиардных) долей секунды в день в системе GPS, которая должна обладать точностью до 50 миллиардных долей секунды каждый день. До первого запуска цезиевых атомных часов в июне 1977 г. некоторые GPS-инженеры выражали сомнение относительно этих огромных релятивистских эффектов, настаивая на том, что атомные часы спутника транслируют свое время «необработанным». Механизм корреляции относительности располагался на борту спутника и до поры до времени просто простаивал. В какой-то момент поступал сигнал, который за первые 24 часа почти укладывался в предсказанные 38 тыс. миллиардных долей секунды. Спустя 20 дней отклонение возрастало, наземное командование приказало активировать частотный синтезатор, корректирующий транслируемый временной сигнал¹⁰⁶. Без этой релятивистской коррекции потребовалось бы менее двух минут, чтобы си-

¹⁰⁵ Корректировки многочисленны и учитывают эффекты, связанные с движением спутников, нижним гравитационным полем на высоте спутников и вращательным движением Земли. Релятивистская составляющая доплеровского сдвига равна $v^2 / 2c^2$, которая для скоростей спутников составляет около семи миллионов долей секунды в день. Поскольку скорость света значительно превышает скорость движения спутников, большая часть общей теории относительности не обязательно должна приниматься во внимание, однако принцип эквивалентности является значимым. (Принцип эквивалентности гласит, что в физическом смысле свободно падающая коробка неотличима от той же коробки без гравитационного поля.) Более строгий анализ будет учитывать (помимо прочего), что орбита спутников не всегда находится в одном и том же гравитационном поле, что земной наблюдатель может двигаться по поверхности Земли, что гравитационное поле Земли не одинаково везде на земной поверхности, что гравитационное поле Земли по-разному воздействует на часы, расположенные на Земле и на спутнике, и что на воспринимаемую скорость света влияет гравитационное поле Земли.

¹⁰⁶ *Ashby*. General Relativity in the Global Positioning System. www.phys.lsu.edu/mog/mog9/node9.html (дата обращения 28 июня 2002 г.).

стема 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. Относительность — или, скорее, относительности (специальная и общая) — присоединились к аппарату, накидывающему невидимую сеть на планету. Теория стала машиной.

Исторические прецеденты, символические и физические протесты против глобализированного инструментализованного времени уже маячили на горизонте. Одна из групп протестующих явно хотела ограничить использование GPS при наведении орудий, борьбе с повстанцами, полицейских операциях и планировании ядерной войны. В преддверие часы 10 мая 1992 г. два активиста из Санта-Крус, штат Калифорния, переоделись в рабочих Rockwell International и ворвались в «чистую комнату» на Сил-Бич, Калифорния, где компания занималась последними приготовлениями спутников NAVSTAR GPS для передачи их американским ВВС. Нанеся 60 ударов топором по одному из спутников, они причинили компании ущерб почти в 3 млн долл. Когда они приблизились ко второму спутнику, сотрудники службы безопасности Rockwell взяли их на прицел и затем передали полиции. Назвав себя «командой Харриет Табман и Сары Коннор» (связав тем самым героиню подземной железной дороги с героиней фильма «Терминатор 2: Судный день»), оба налетчика впоследствии признали свою вину и провели около двух лет в тюрьме¹⁰⁷. В 1996 г. ФБР сообщило, что Унабомер, известный своей 18-летней террористической кампанией против ученых, вдохновился другим часовым анархистом — персонажем книги Джозефа Конрада «Секретный

¹⁰⁷ Хронология действий активистов: www.plowshares.se/aktioner/plowcron5.htm (дата обращения 19 февраля 2002 г.); также см.: Men Arrested in Space Satellite Hacking Called Peace Activists // Los Angeles Times. 12 May 1992. Metro part B, 12.

агент», которую он перечитывал десятки раз¹⁰⁸. Вокруг оси глобального времени вращались вымышленные, научные и высокотехнологичные часовые машины (и их противники).

Отсчитывая удары на шпильках церквей, в обсерваториях и спутниках, синхронизированные часы никогда не стояли в стороне от политического порядка — ни в 1890-х, ни в 1990-х годах. Универсальные машины времени Пуанкаре и Эйнштейна связали технологии, философию, политику и физику. Или, может быть, нужно сказать иначе: эти синхронизирующие машины никогда не функционировали всецело в области абстрактного или материального. Координация времени обречена быть абстрактно-конкретной.

Европа и Северная Америка конца XIX в. были пересечены линиями координации: железнодорожные пути, телеграфные провода, метеорологические сети и долготные исследования — все это существовало благодаря бдительной, все более универсальной часовой системе. В этом контексте система координации часов, введенная Пуанкаре и Эйнштейном, была глобальной машиной: огромная, поначалу только воображаемая, сеть синхронизированных часов, которая к началу следующего века превратилась из сети подводных кабелей, прокладываемых специальными морскими судами, в микроволновую сеть, передающуюся со спутников. В определенном смысле специальная теория относительности Эйнштейна всегда была машиной, воображаемой, разумеется, но встроенной в постоянно развивающуюся реальную сеть проводов и импульсов, синхронизировавшую время путем обмена электромагнитными сигналами.

Такое *технологическое* прочтение этой наиболее *теоретической* разработки наводит на одно заключительное наблюдение. Внимание исследователей уже обращает на себя

¹⁰⁸ *Taylor*. Propaganda by Deed (n.d.). P. 5, в: Greenwich Park Bomb file. Cambridge University archives; *Kovaleski*. 1907 Conrad Novel May Have Inspired Unabomb Suspect // Washington Post. 9 July 1996, A1.

то, что стиль Эйнштейна в работе «Об электродинамике движущихся тел» далек от стиля обычной физической статьи. Здесь нет ссылок на других авторов, очень мало уравнений, нет упоминаний новых экспериментальных данных, зато много шуток о простых физических процессах, кажущихся далекими от передового края науки¹⁰⁹. Для сравнения достаточно заглянуть в любой номер *Annalen der Physik*, где любая статья написана совсем в другом стиле: за стандартную отправную точку берется экспериментальная проблема или коррекция вычислений. Типичные физические статьи всегда изобилуют ссылками на другие статьи; статья Эйнштейна не вписывается в этот формат. Может быть, юношеское высокомерие Эйнштейна взяло над ним верх, возможно также, что он отказался от сносок, изменил форму обычного введения и переработал типичное заключение по причинам индивидуального вкуса. Безусловно, уверенность в себе была последним из качеств, которых не доставало Эйнштейну.

Но попробуйте прочесть работу Эйнштейна глазами сотрудника патентного бюро, и внезапно она зазвучит гораздо менее своеобразно, по крайней мере в отношении стиля. Заявки на патенты характеризуются *именно* тем, что они отказываются помещать себя в один ряд с другими патентами посредством ссылок. Если вы стремитесь во что бы то ни стало продемонстрировать оригинальность своей новой машины (а от оригинальности зависит получение патента), нет ничего глупее, чем обрушить на сотрудника бюро поток ссылок на уже существующие работы. К примеру, в около 50 швейцарских патентов на электрические часы, выданных в 1905 г. (они похожи друг на друга), нет ни

¹⁰⁹ Эта особенность была отмечена много раз: Albert Einstein. 1950. P. 23; *Holton*. Thematic Origins. 1973; *Miller*. Einstein's Relativity. 1981; *Miller*. The Special Relativity Theory. 1982. P. 3–26. Эйнштейн упоминает «теорию Лоренца» в тексте (но не оформляет упоминание как ссылку).

одной ссылки ни на один другой патент, ни на одну другую научную или техническую статью¹¹⁰. Эта аналогия, конечно, не *доказывает*, почему Эйнштейн не цитировал других исследователей в этой первой статье. Но это может помочь понять, почему молодой сотрудник патентного бюро, возможно, не чувствовал себя обязанным размещать свою работу в матрице статей Лоренца, Пуанкаре, Авраама или Кона. После трех лет оценивания сотен патентов по строгим требованиям Галлера особенности патентной работы определили для Эйнштейна образ жизни, форму работы и (как он предположил в беседе с Занггером) точный и строгий стиль письма¹¹¹.

Относительно простое изложение проблемы, так, как это делает с проблемой пространства и времени Эйнштейн, — вторая натура для патентного эксперта. Согласно швейцарскому патентному законодательству (и не только швейцарскому), описание изобретения должно быть «представимо через модель, единство изобретения обосновано, последствия патента однозначно изложены и четко упорядочены, следовательно, полностью понятны квалифицированным

¹¹⁰ Myers. From Discovery to Invention. 1995. P. 77.

¹¹¹ Согласно закону, патентные специалисты были обязаны искать оригинальность. В Швейцарии охота за новизной имела особое значение: «Открытия не считаются новыми, если на время их регистрации в Швейцарии они достаточно известны, и тем самым их разработка уже возможна техническими специалистами». Контраст с соседними странами заслуживает упоминания. Во Франции отказ в оригинальности основывается на «общеизвестности» предшествующей работы над изобретением, тогда как в Германии подобный отказ следовал при двух условиях: об изобретении уже сообщалось в официальной публикации прошлого века, либо его применение было настолько хорошо известным, что стало возможным его использование другими техническими специалистами. Согласно патентным инструкциям на рубеже веков, швейцарский закон был ближе к французскому; оригинальность в Швейцарии означала, что изобретение не было фактически известно в Швейцарии, независимо от того, что могло быть напечатано в какой-нибудь никому не известной иностранной публикации.

техникам, а также специалистам»¹¹². Все свои теоретические работы, написанные около 1905 г., Эйнштейн заканчивает рядом утверждений о том, каковы будут их экспериментальные последствия. Статью об относительности он завершил четкими, пронумерованными пунктами, иногда встречающимися в физических статьях, но более характерными для раздела «Претензии», наличие которого требуется швейцарским законом в конце каждого патента¹¹³. Примечательно, что с 1905 г. Эйнштейн начал описывать (и иногда рисовать) устройства не только для своей маленькой электростатической *Maschinchen*, но и в качестве ключевых составляющих своих теоретических аргументов.

Смог бы генерал-фельдмаршал фон Мольтке оценить иронию? Шестнадцатилетний Эйнштейн, молодой человек, отказавшийся от немецкого гражданства, издевающийся над «стадным менталитетом» милитаристского прусского государства, в возрасте 26 лет в определенном смысле завершил проект пожилого офицера¹¹⁴. Время все сильнее отождествлялось с хронометражем, а *Einheitszeit* (единое время) означало технологическое установление процессуальной, дистанционной одновременности по всему миру. Система синхронизации часов Эйнштейна, как и ее более прозаические предшественники, сводила смысл времени к процедуре синхронизации, связывающей часы друг с другом электромагнитными сигналами. Схема единства часов Эйнштейна шла гораздо дальше, простираясь за пределы города, страны, империи, континента, да и за пределы мира, до бесконечной, псевдокартезианской вселенной в целом.

И здесь еще один иронический поворот. Хотя процедура координации часов Эйнштейна основана на десятилетиях интенсивных усилий по объединению электромагнитного

¹¹² *Schanze*. *Patentrecht*. 1903. P. 33.

¹¹³ *Ibid*. P. 33–34.

¹¹⁴ *Einstein*. *The World as I See It // Einstein. Ideas and Opinions*. 1954. P. 10.

времени, он отказался от важнейшего элемента видения фон Мольтке. В бесконечном воображаемом часовом механизме Эйнштейна не было ни национальных, ни региональных *Primäre Normaluhr*, ни *horloge-mère*, ни главных часов. Он был скоординированной системой бесконечной пространственно-временной формы, и ее бесконечность была без центра — никакой Силезский вокзал не связывал Берлинскую обсерваторию с небесами сверху и железными дорогами на задворках империи снизу. Бесконечно расширяя единицу времени, которая первоначально была задумана в соответствии с императивами немецкого национального единства, Эйнштейн как завершил, так и подорвал проект. Он открыл «зону унификации», но в процессе не только лишил Берлин статуса *Zeitzentrum*, но и создал машину, которая дезавуировала саму категорию метафизической центральности.

Абсолютное время было мертво. Поскольку координация времени теперь определялась *только* обменом электромагнитными сигналами, Эйнштейн мог завершить свое описание электромагнитной теории движущихся тел без пространственной или временной привязки к любой специально подобранной покоящейся точке отсчета, будь то в эфире или на Земле. Не осталось ни одного центра, исчезла даже рудиментарная централизованность системы покоящегося эфира, которую сохранил Пуанкаре. Эйнштейн выстроил свою абстрактную теорию относительности из материального мира синхронизированных часов.

Глава 6

Место времени

БЕЗ МЕХАНИКИ

В ДЕКАБРЕ 1907 г. служащий патентного бюро по фамилии Эйнштейн уже не был никому не известным чиновником. Минковский прислал ему запрос на перепечатку статьи об относительности, поздравив молодого ученого с успехом. Вильгельм Вин спорил с ним о возможности передачи сигналов со скоростью, превосходящей скорость света. Макс Планк и Макс фон Лауэ вступили в диалог с молодым физиком; один из лучших экспериментаторов Германии, Йоханнес Штарк, просил у него статью о принципе относительности. Эйнштейн больше не мог оставлять работы своих современников без внимания. Его участие в научных дискуссиях стало более активным, и это отразилось на количестве ссылок в статьях. В списке литературы к обзорной статье Эйнштейна об относительности 1907 г. были упомянуты работы Эмиля Кона и Х.А. Лоренца, так же как и экспериментаторов Альфреда Бухера, Вальтера Кауфманна, Альберта Майкельсона и Эдварда Уильямса Морли¹.

¹ *Einstein*. On the Relativity Principle and the Conclusions Drawn from It. [1907]. Document 47 // Collected Papers. Vol. 2. P. 432–488; Collected Papers (translation). Vol. 2. P. 252–255.

Эйнштейн даже напрямую обратился к «локальному времени» Лоренца, чего не сделал в 1905 г. Но среди 32 ссылок по-прежнему не было имени Пуанкаре. Эйнштейн продолжал игнорировать своего старшего коллегу².

Эйнштейн начал с *предположения*, что между одними и теми же физическими процессами, наблюдаемыми в состоянии покоя и в постоянно движущемся вагоне поезда, не существует измеримой разницы. Таким образом, в качестве отправной точки он принял то, что ранее старательно пытались *доказать* Пуанкаре, Лоренц и другие ведущие физики. Пуанкаре и другие ученые задавались вопросами, *как* электроны сплющиваются, когда они движутся через всепроникающий эфир, *как* электрон может оставаться стабильным, несмотря на его искажение, *как* эфир реагирует на проходящие сквозь него электрические частицы и свет. Но в статье Эйнштейна все эти измышления французского ученого исчезли. И не только то, что касалось эфира или структуры электрона: отсутствовали также любые ссылки на проведенное Пуанкаре упрощение и исправление преобразований в теории Лоренца, значимые математические достижения Пуанкаре (включая введение четырехмерного пространства-времени), артикуляцию Пуанкаре физики принципов и, что самое, пожалуй, важное, на интерпретацию Пуанкаре «локального времени» Лоренца как конвенции о координации часов посредством обмена световыми сигналами. От них не осталось и следа.

Из Парижа Пуанкаре также отвечал Эйнштейну молчанием. Молодой ученый, несомненно, не был известен ему

² Эйнштейн сослался на работу Пуанкаре по инерции энергии при выводе формулы $E = mc^2$ в 1906 г. (*Einstein. The Principle of Conservation of Motion of the Center of Gravity.* [1906]. Document 35 // *Collected Papers (translation).* Vol. 2. P. 200–206); затем: *Einstein. On the Inertia of energy.* [1907]. Document 45 // *Collected Papers (translation).* Vol. 2. P. 238–250. Он вновь оставил Пуанкаре без упоминания, когда снова написал об инерции энергии.

в 1905 г. Нет никакой необходимости объяснять отсутствие ссылок на Эйнштейна в работе Пуанкаре 1906 г. «О динамике электрона». Молчание французского физика продолжалось еще семь лет, несмотря на то что и он, и Эйнштейн часто публиковали свои статьи по вопросам времени, пространства и принципа относительности. Учитывая, что имя Эйнштейна было на слуху у всех, включая Лоренца, Минковского, Лауэ и Планка, — это не могло быть случайностью. Эйнштейну Пуанкаре, вероятно, казался старомодным: очередной физик старшего поколения, который в 1905 г. не смог понять отказа Эйнштейна от эфира или от различения истинного и кажущегося времени. Пуанкаре, должно быть, воспринимал Эйнштейна в качестве второстепенной фигуры, возможно, как автора эвристических аргументов для выведения преобразований Лоренца, но все же как того, кто не смог даже подступить к фундаментальным вопросам физики: эфиру и структуре электрона.

Но как Эйнштейн ни в коей мере не был второстепенной фигурой, так и Пуанкаре несправедливо было бы считать отставшим от мира консерватором. Напротив, в своей лекции в Гёттингене в 1909 г. Пуанкаре с энтузиазмом приветствовал электродинамику движущихся тел как новую механику; еще в 1904 г. в Сент-Луисе он объявил о резких изменениях во всей физике. В то же время в речи Пуанкаре в 1909 г. в Лилле слышалась некоторая меланхолия, когда он упоминал классическую физику, чьи мраморные колонны пошли трещинами: «Если какое-то научное знание кажется прочным, это, безусловно, ньютоновская механика; мы с уверенностью опираемся на нее, и она будто бы никогда не ослабевает. Но научные теории подобны империям, и если бы Боссюэ был здесь, он, без сомнения, нашел бы красноречивые слова для отражения их хрупкости»³.

³ *Poincaré. La Mécanique Nouvelle. 1909. P. 9.* (Копия манускрипта датирована 24 июля 1909 г.) Archives de l'Académie des Sciences.

Жак-Бенинь Боссюэ, учитель дофина, сына Людовика XIV, написал в 1681 г. по королевскому поручению свое «Рассуждение о всеобщей истории». Одно из основных произведений французской классической литературы — «Рассуждение» Боссюэ — занимало особое место в сборнике 1912 г., который Пуанкаре издал вместе с коллегами по Французской академии наук. С целью просвещения общественности по научным и литературным вопросам в сборник была помещена та выдержка из сочинения Боссюэ, которая содержала предостережение гордому человечеству: «Итак, вы видите, как перед вашими глазами будто в одно мгновение проносятся даже не короли и императоры, а те великие империи, которые заставляли трепетать весь мир. Когда вы видите, как ассирийцы, древние и нынешние, мидяне, персы, греки и римляне предстают перед вами одни за другими и исчезают в бездне, этот ужасающий хаос заставляет вас почувствовать, что нет ничего устойчивого среди людей и что непостоянство и смятение — неизбежная судьба человеческого рода»⁴. Для Пуанкаре научные теории были великими империями, описанными Боссюэ. На протяжении десятилетий он наблюдал противостояние между империями времени, работая с конвенциями, которые смягчали столкновение с новой философией и физикой. И все же, глядя на две великие империи, которым он посвятил столько лет своей жизни, — ньютоновскую и французскую, — Пуанкаре теперь видел хрупкость их обеих.

Эйнштейн и Пуанкаре встретились — в первый и последний раз — на Сольвеевской конференции, состоявшейся в Брюсселе в конце 1911 г. Эти двое ученых были бесконечно близки и в то же время бесконечно далеки друг от друга. Оба были с юности очарованы электродинамикой движущихся тел. Оба успешно выстроили свои теории на пересечении техники, философии и физики. Оба понимали

⁴ *Faguet. Après l'École. 1927. P. 41.*

огромный потенциал работы Лоренца, и оба подчеркнули формальную структуру его преобразований. Оба использовали принцип относительности как фундаментальную основу физики. Наконец, оба настаивали на том, что время в движущихся системах отсчета должно интерпретироваться с помощью часов, синхронизированных посредством обмена световыми сигналами. Но дистанция между двумя учеными была столь же серьезной, как и их сходство. Пуанкаре рассматривал свой вклад в науку как своего рода реставрацию мира, восстановительную работу, предполагавшую корректировку, внесение изменений и переписание физики Лоренца в новой механике, к которой он относился с волнением и трепетом. Молодого Эйнштейна мало привлекала реставрация. Его воодушевляло и радовало свержение старого. Пока Пуанкаре продолжал подчеркивать значимость эфира в своей речи в Лилле в 1909 г., Эйнштейн практически в это же время выступил с докладом, в котором сослался на одного физика (не Пуанкаре), непоколебимо верившего в существование эфира. Затем он разбил его позицию в пух и прах⁵.

Ввиду всех вышеперечисленных причин неудивительно, что встреча двух ученых (Пуанкаре на тот момент было 57 лет, Эйнштейну — 32 года) прошла не слишком гладко. Морис де Бройль: «Я помню, как однажды в Брюсселе, когда Эйнштейн объяснял свои идеи, Пуанкаре спросил его: “Какую механику вы используете в вашей аргументации?”. Эйнштейн ответил: “Никакую”, что, по-видимому, оказалось для собеседника сюрпризом»⁶. «Сюрприз» — это еще, пожалуй, мягко сказано. Для Пуанкаре, чья концепция физики сводилась к механике, неважно, старой или новой, от-

⁵ *Einstein*. On the Development of our Views Concerning the Nature and Constitution of Radiation. Document 60 // *Collected Papers* (translation). Vol. 2. P. 379.

⁶ *Discours du Duc M. de Broglie* // *Poincaré. Livre du centenaire*. 1935. P. 71–78, 76.

казаться от нее казалось невысказанным. В конце концов, абстрактная механика составляла для Пуанкаре и его коллег по Политехнической школе самую суть, «фабричный штамп» их уникальной образовательной модели на службе благоденствию Третьей французской республики.

На Сольвеевской конференции Эйнштейн представил аудитории свои мысли о световых квантах и квантовых разрывах, после чего публика перешла к дискуссии. Среди слушателей был Лоренц; там же был и Пуанкаре. Эйнштейн инициировал дискуссию, напомнив слушателям, что квантовая теория в ее нынешнем виде является вовсе не теорией «в обычном смысле этого слова», но скорее полезным инструментом. Конечно, Эйнштейн не рассматривал свои комментарии как детальное математическое описание в духе того, что Пуанкаре обозначил бы термином «механика» (в своем сочинении, опубликованном за шесть лет до того, он назвал свой рассказ о квантах света «эвристическим»). Скорее, Эйнштейн надеялся предложить отправную точку для будущего более последовательного исследования. Тем временем он охотно жертвовал непрерывными причинными отношениями, которые описывались дифференциальными уравнениями. Но это прохладное отношение к основанию интуитивной, математически описываемой механики не было пустяком для Пуанкаре. Подводя итог конференции со своей точки зрения, Пуанкаре не мог сказать о ней ничего лестного. В его замечаниях слышится глубокая обеспокоенность тем направлением, в котором двигались новая физика и новые физики:

Мне кажется, что это новое исследование пытается поставить под вопрос не только фундаментальные принципы механики, но также и то, что до сих пор казалось нам неотделимым от самого понятия закона природы. Можем ли мы еще выражать законы в виде дифференциальных уравнений?

Кроме того, в дискуссиях, которые мы только что услышали, меня поразило, что одна и та же теория иногда опирается на

старую механику, а иногда на новые гипотезы, которые ей противоречат; нельзя забывать, что нет положения, которое нельзя было бы вывести из двух противоречащих друг другу посылок⁷.

Здесь слышится разочарование мастера «старой механики», ужас ученого, использовавшего дифференциальные уравнения для изучения, развития, проверки и (против его собственных намерений) опровержения устойчивости и наглядности ньютоновской физики. Это голос *savant'a*, который всеми известными ему способами стремился навстречу «новой механике». Точно так же Пуанкаре значительно развил теорию Лоренца, «крутя ее со всех сторон», как он часто выражался. При этом, шаг за шагом, годами он старался разобраться с меняющимися представлениями о массе, длине и в особенности — о времени. Больше чем кто бы то ни было, он настаивал в своей математике и философии, что, в соответствии с обстоятельствами, можно переходить с языка евклидовой геометрии на язык неевклидовой геометрии. Вскоре после Сольвеевской конференции Пуанкаре углубился в изучение нового волнующего понятия — квантового разрыва.

Пуанкаре был кем угодно, но не чопорным консерватором. Он утверждал, что есть лучшие и худшие способы введения инноваций. Новая физика, по словам Пуанкаре, сбилась с пути, отбросив в своем безумном стремлении вперед принципиальную основу *любой* физики — механику. «Честные функции» и дифференциальные уравнения, которые удостоверяли причинность и интуицию, были утрачены. Это был не спор о том, каким законом лучше всего описывается явление, а водораздел, который, по мнению Пуанкаре, отделил Эйнштейна и его сторонников от верного «понятия закона природы». Перефразируя высказывание Пуанкаре, можно сказать, что квантовая физика Эйнштейна казалась

⁷ Общие заключения Пуанкаре в: *Langevin, de Broglie. Théorie du rayonnement*. 1912. P. 451.

ему подходящей не столько для науки, сколько для тератологического музея.

Реакция Эйнштейна на встречу с Пуанкаре на Сольвеевской конференции была короткой и нелестной. Спустя несколько недель он писал одному из своих друзей: «Х.А. Лоренц — чудо интеллекта и такта. Он — живое произведение искусства! На мой взгляд, он был самым умным среди присутствующих теоретиков. Пуанкаре был настроен негативно и, несмотря на всю его сообразительность, кажется, мало что понимал в происходящем»⁸. Между ними так и не состоялся разговор об относительности. Разногласия в отношении квантовой теории ширили пропасть между двумя учеными.

Как бы то ни было, Пуанкаре вернулся в Париж с Сольвеевской конференции в 1911 г. под большим впечатлением от Эйнштейна. В ноябре того же года Эйнштейн, недавно переехавший в Прагу, претендовал на должность в своей альма-матер, Швейцарском федеральном технологическом институте. Несмотря на свою обеспокоенность научным радикализмом Эйнштейна, Пуанкаре высказался в его пользу, заверив физика Пьера Вайса, что Эйнштейн «одна из самых оригинальных личностей, с которыми я когда-либо был знаком». Молодость не имела значения; по мнению его старшего коллеги, Эйнштейн «уже занял в высшей степени почетное место среди ведущих ученых своего времени. Больше всего в нем восхищает способность адаптироваться к новым концепциям и на их основании делать умозаключения. Он не держится за классические принципы и рассматривает все возможные решения физических проблем. В его голове сразу возникает предположение о новом явлении, которое

⁸ Я заново перевел эту цитату, а также исправил ложную вставку, которая уже успела получить распространение во вторичных источниках. Фраза «gegen die Relativitaetstheorie» попросту отсутствует в оригинальном тексте. Письмо Эйнштейна Генриху Цанггеру, 15 ноября 1911 г., № 305; см.: Collected Papers. Vol. 5. P. 249–250.

когда-нибудь может быть подтверждено экспериментально. Я не хочу сказать, что все эти предположения пройдут проверку экспериментами, когда это станет возможным. Пока он ведет поиск во всех направлениях, нужно, напротив, ожидать, что большинство путей окажутся тупиковыми; но в то же время стоит надеяться, что одно из направлений, которые он указал, будет верным; и этого вполне достаточно. Нужно лишь продолжать поиск. Роль математической физики состоит в том, чтобы правильно задавать вопросы, и только эксперимент может дать на них ответ». Это было письмо, полное похвал. «В будущем достоинства г-на Эйнштейна станут все более и более очевидными, — заключил Пуанкаре, — и университет, который примет этого молодого гения, может быть уверен, что этим сделает себе честь»⁹.

Помимо этого официального письма, невозможно точно сказать, какой эффект оказала встреча с Эйнштейном на Пуанкаре. Здоровье Пуанкаре ухудшалось, и в этот чрезвычайно продуктивный период своей жизни он мог все чаще замечать симптомы скорой кончины. Возможно также, что более поздние размышления Пуанкаре о разительном новом видении физики, предложенном Эйнштейном на Сольвевской конференции, побудили математика задуматься о ценности временных, эвристических, ориентированных на результат усилий, которые приложил Эйнштейн для достижения такого эффекта. Всего несколько недель спустя после составления отзыва о работе Эйнштейна для Вайса, в декабре 1911 г., Пуанкаре написал редактору-учредителю журнала *Circolo matematico* в Палермо. По-прежнему работая над проблемой трех тел, с которой он начинал свою карьеру десятилетиями ранее, Пуанкаре сообщил редактору, что в течение двух долгих лет он пытался решить эту проблему без особого прогресса. Теперь он должен был сделать паузу,

⁹ Письмо Пуанкаре Вайсу, датированное редакторами бумаг Пуанкаре ноябрем 1911 г., в: Poincaré et les Physiciens (неопубликованная переписка из архива Анри Пуанкаре в Цюрихе).

по крайней мере на время. «Хотел бы я быть уверен, что смогу снова приняться за нее; но в моем возрасте нельзя за это ручаться. Полученные результаты, способные вывести исследователей на новый и неизведанный путь, кажутся мне слишком многообещающими, чтобы пожертвовать ими, несмотря на разочарования, которые они мне принесли». В 57 лет Пуанкаре едва ли можно было назвать старым, но всего за несколько лет до этого он перенес серьезную операцию на предстательной железе. Готов ли редактор опубликовать неполную работу, которая лишь поставит проблему и сообщит промежуточные результаты? (Да) «Меня смущает, что придется приложить много изображений, именно потому что я не смог прийти к общему правилу, а только накопил отдельные решения». Как Пуанкаре часто повторял, визуально-геометрическая интуиция могла проникнуть туда, куда еще нельзя было попасть с помощью алгебры.

Пуанкаре считал «полезными» эти отдельные решения сопровождавшей его всю жизнь проблемы. Так и было: статья содержала идеи, послужившие основой для создания топологии, новой отрасли математики. Вскоре молодой американский математик Джордж Д. Биркгоф доказал главную гипотезу, лежащую в основе исследования Пуанкаре¹⁰.

Возможно, глухие отголоски идей Эйнштейна прозвучали в последней лекции Пуанкаре об относительности, хотя имя своего коллеги французский ученый ни разу не упомянул эксплицитно. 4 мая 1912 г. Пуанкаре выступил с докладом «Пространство и время» в Лондонском университете. Он снова повторил: «Таким образом, свойства времени — это просто свойства наших часов, так же как и свойства пространства — это просто свойства измерительных приборов»¹¹. За последние годы эфиру отводилось все меньше места в сочинениях Пуанкаре, поскольку сократи-

¹⁰ *Darboux*. *Eloge historique*. [1913]. lxvii.

¹¹ *Poincaré*. *Space and Time*. 1963. P. 18, 23.

лась его роль в теории. Теперь всепроникающее вещество просто растворилось в тишине. Никакого отрицания, но и ни одного упоминания. В своей речи Пуанкаре отбросил устаревший механический «принцип относительности», заменив его «принципом относительности по Лоренцу». События, одновременные согласно часам, скоординированным в одной системе отсчета, не будут одновременными согласно часам, скоординированным в другой системе отсчета.

Означает ли это, что Пуанкаре отказался от эфира или перенял радикальный подход Эйнштейна? Нет. Начав свое выступление с вопроса о том, должны ли все его предыдущие заключения о пространстве и времени в свете последних разработок быть пересмотрены, он заявил: «Конечно, нет; мы приняли конвенцию, потому что это показалось удобным, и провозгласили, что ничто не заставит нас отказаться от нее». Но конвенции не даны нам Богом.

Сегодня некоторые физики хотят принять новую конвенцию. Дело не в том, что они вынуждены это делать; они считают эту новую конвенцию более удобной; вот и все. И те, кто придерживается иного мнения, с полным правом могут и дальше придерживаться старой концепции, не изменяя своим привычкам. Я считаю, — только между нами, — что они будут поступать так еще в течение долгого времени¹².

У Пуанкаре оставалось мало времени. Проблемы со здоровьем беспокоили его все чаще и сильнее. Тем не менее, когда его попросили стать председателем Французской лиги светского образования и прочесть вступительную речь 26 июня 1912 г., Пуанкаре согласился. Для него научный престиж был неразрывно связан с гражданской ответственностью. В разгар битв между антиклерикальными и клерикальными движениями, на грани эскалации конфликта с Германией в Северной Африке Пуанкаре искал объединяющие Фран-

¹² Ibid. P. 24.

цию моральные устои. Он видел в дисциплине единственную защиту против тех, кто готов был манипулировать ненавистью. Дисциплина, нравственность — это все, что защищало человечество перед лицом «бездны страданий». «Человечество <...> как армия на войне», армия, которая должна дисциплинированно готовиться к битве в мирное время, а не в последний момент, за минуту до встречи с врагом. Ненависть может вызвать столкновения между людьми, столкновения, которые рискуют изменить их веру. «Что произойдет, если новые идеи, которые они принимают, — это те самые идеи, которые их учителя передали им как самое отрицание нравственности? Может ли эта умственная привычка быть утрачена за один день? <...> Слишком старые для нового образования, они потеряют плоды прежнего!»¹³ В морали, в физике, в математике Пуанкаре хотел построить абсолютно новые структуры, используя при этом старые кирпичи, не обесценивая наследие прославленного прошлого.

9 июля 1912 г. Пуанкаре вновь перенес операцию. В течение нескольких дней родственники и друзья надеялись на его выздоровление. Однако этого не последовало; Пуанкаре умер от эмболии 17 июля 1912 г. Десятки некрологов были написаны по всему миру. Возможно, самый подходящий памятник был самым анонимным: в том же году Эйфелева башня начала передавать свой точный временной сигнал. Эти импульсы окунали мир в расширяющуюся световую сферу Герца, фиксируя одновременность (и долготу) от Африки до Северной Америки через Атлантический океан на основе практик, которые Пуанкаре ввел в геодезию, эпистемологию и физику.

¹³ *Poincaré. Moral Alliance // Poincaré. Last Essays. 1963. P. 114–117* (особенно р. 114, 117); о последних днях Пуанкаре см.: *Darboux. Éloge. 1916*. Великолепную дискуссию о политической активности Пуанкаре см. в: *Rollet. Henri Poincaré. Des Mathématiques à la Philosophie. Etude du parcours intellectuel, social et politique d'un mathématicien au début du siècle* (неопубликованная докторская диссертация). University of Nancy 2, 1999 (особенно р. 283–284).

ДВЕ СОВРЕМЕННОСТИ

Обращаясь к Анри Пуанкаре в 1954 г., Луи де Бройль (герцог де Брольи), физик, который показал, что частицы могут действовать как волны, посетовал, что великий математик упустил возможность первым развить теорию относительности во всей ее полноте «и принести тем самым славу Французскому государству». «Невозможно подойти к этой мысли Эйнштейна ближе, чем он, — утверждал де Бройль. — И все же Пуанкаре не сделал решающего шага; он предоставил Эйнштейну триумфальную возможность осмысления всех следствий принципа относительности и, в частности, установление посредством основательной критики измерения длины и длительности истинного физического характера отношения между пространством и временем. Почему Пуанкаре не довел свою мысль до конца? Причиной тому, несомненно, были его убеждения, возможно, слишком критичные, ставшие следствием его чисто математического образования». По мнению де Бройля, математическое образование Пуанкаре заставило его воспринимать науку как выбор одной теории (наиболее удобной) из множества логически возможных. Согласно де Бройлю, Пуанкаре не удалось выбрать наилучший путь, следуя интуиции физика¹⁴. Он был слишком математичен, слишком безразличен к реальному миру, чтобы сформулировать относительность, как это сделал Эйнштейн.

Мое мнение? Оценка де Бройля была слишком узкой. Я бы сказал, что Пуанкаре «довел свою мысль до конца», до образа знания — включая его взгляд на математическое познание, — которое несло в себе оптимизм XIX в., воодушевление выпускника Политехнической школы времен Третьей республики с его полными надежд представлениями об исчислимом, совершенствующемся, рациональном мире. Если на то пошло, Пуанкаре уделял даже слишком много

¹⁴ Discours du Prince Louis de Broglie. 1955. P. 66.

внимания реальному миру: в 1898–1899 гг., сравнивая «релятивистские» погрешности светового сигнала с «обычными» временными погрешностями долготы реального мира, он пришел к выводу, что поправки к ньютоновскому времени в принципе были необходимы, но одновременно были слишком малы, чтобы приниматься во внимание. Назвать подход Пуанкаре «консервативным» или «реакционным» — значит упустить его смысл; Пуанкаре ориентировался непосредственно на идеалы революционного Просвещения, которое к концу века (время Пуанкаре) превратилось в институционализированную Французскую империю. Все наши великие конструкции в итоге дают трещину, часто повторял Пуанкаре. Но реагировать на эти трещины и кризисы мы должны не мистицизмом или меланхолией интеллектуальной элиты, а систематическими рациональными действиями, с удвоенным усилием латая эти разрывы. По мнению Пуанкаре, ученый-инженер мог одинаково успешно применять аналитический подход как в ходе расследования аварии на угольной шахте, так и к планетарному движению, как к картографированию мира, так и к реконструкции теории движущихся электронов Лоренца.

Для Пуанкаре стволем древа знания была именно основательная механика, интуитивно обоснованное математическое понимание природы, которое раскинуло свои ветви также на экспериментальные и технологические области. В своих нескончаемых поисках он стремился к достижению картины мира, которая, с одной стороны, могла бы помочь студентам найти свое место в уязвленной Франции, с другой стороны, могла бы поддержать ученых, картографов и политиков в соединении частей империи посредством телеграфных проводов: Парижа с Дакаром, Хайфона с Монреалем. Он стремился к механике сил и энергий, позволяющей продвинуться в анализе небесной механики, изучении формы Земли или настройке бесперебойного функционирования телеграфных проводов. Как он напомнил своим *anciens po-*

lytechniciens в 1903 г., заветная комбинация включает в себя теорию и действие. В случае Пуанкаре это означало, с одной стороны, ответ на британскую телеграфную гегемонию благодаря развитию французской радиосвязи, а с другой — дискредитацию псевдонаучного обвинительного приговора по делу Дрейфуса с помощью астрономических методов и исчисления вероятностей.

В его мире истина и конечная реальность вещей значили гораздо меньше, чем установление коммуникабельных, стабильных и долговечных отношений — тех надежных отношений, которые делали возможным действие. Как говорил сам Пуанкаре, «наука — это только классификация и <...> классификация не может быть истинной, но только лишь удобной. Верно и то, что она удобна не только для меня, но и для всех людей; верно, что она останется удобной для наших потомков; верно, наконец, что она не случайна. В целом единственная объективная реальность состоит в гармоничном отношении вещей»¹⁵. Мир научной рациональности без метафизической глубины: объективные отношения вместо метафизических объектов.

Для Пуанкаре объединение абстрактного и конкретного в плоскости отношений означало возможность обсуждения спорных конвенций в человеческом мире. Фиксация и обсуждение потребностей и требований железнодорожных магнатов, астрономов, физиков и мореплавателей занимало первоочередное и центральное место в проекте перевода времени в десятичную систему исчисления. Как ведущая фигура в Бюро долгот, Пуанкаре воспринимал время через подробные материальные процедуры технических протоколов: организацию, анализ, составление отчетов об экспедициях с участием военных, а также ученых, которых он так высоко ценил, которые прозябали в лачугах (самодельных

¹⁵ *Poincaré*. *Foundations of Science*. 1982. P. 352 (перевод незначительно отредактирован).

обсерваториях) на вершинах Анд или на побережье Сенегала. Для Пуанкаре время принадлежало *нашему* миру, служило *нашему* удобству, устанавливалось *нашим* обменом оптическими и электрическими телеграфными сигналами. Метафизического мира по ту сторону явлений не существовало. Как он писал в «Измерении времени», мы «выбираем эти правила [одновременности] не потому, что они верны, а потому, что они наиболее удобны».

Для Пуанкаре возможность фиксировать одновременность различными способами делала время богаче, а не беднее. Это означало, что он мог помещать концепцию времени в контекст проектов долготы или децимализации, абстракций сциентистской философии и принципов новой физики. «Давайте смотреть [на ученых (*savants*)] за работой и искать правила, по которым они исследуют одновременность», — призывал Пуанкаре¹⁶. Именно это он и сделал, пытаясь синтезировать и систематизировать работу философов, физиков и картографов своей команды. Во всех трех сферах время понималось как процедура:

Одновременность — это конвенция, не что иное, как согласование часов посредством перекрестного обмена электромагнитными сигналами с учетом времени прохождения сигнала.

Этот шаг создал основную интригу данной книги, наполнив ее исторический контекст разноцветьем критической опалесценции. Что это было? В некотором смысле это была обычная, регулируемая процедура, практичный, все более точный метод ежедневного установления одновременности для определения долготы, теоретическая машина. Как техническая конвенция она снова и снова появлялась на страницах *Annales du Bureau des Longitudes*. В то же время для Пуанкаре это было философское исследование вопросов времени и одновременности — утверждение, которое

¹⁶ Poincaré. Foundations of Science. 1982. P. 232.

он мог бы предъявить в качестве яркого примера *конвенциональной* позиции в отношении научных законов и принципов. Одновременность была не более чем электромагнитной координатой, основанной на согласии принципов. На этой философской волне высказывание прозвучало уместным и значительным в *Revue de Métaphysique et de Morale*, прекрасно вписавшись в более длительный разговор, который Пуанкаре вел с французскими философами, многие из которых вышли из Политехнической школы. Наконец, начиная с 1900 г., Пуанкаре представил этот простой тезис об одновременности аудитории физиков как интерпретацию «локального времени» Лоренца, как если бы Лоренц все это время неявно придерживался такого мнения. Когда Пуанкаре обратился к построению теории электрона, процедура одновременности смогла занять почетное место на страницах опубликованных материалов физической конференции, посвященной Лоренцу (*Proceedings of the Academy of Sciences*).

Что такое координата часов «на самом деле» — технологическая, метафизическая или физическая процедура? И то, и другое, и третье. С тем же успехом мы могли бы спросить, находится ли Площадь Звезды на Елисейских полях, авеню Клебер или авеню Фош. На самом деле, как и в случае с пересечением улиц, главная изюминка вопроса одновременности заключается именно в его расположении в центре яркого пересечения великих интеллектуальных путей.

Неоднократно практиковавшаяся от Восточной Африки до Дальнего Востока процедура электромагнитной координаты часов была одновременно технологической и теоретической. Это были и латунные трубки с чувствительными подвесными зеркалами, и глобальный контроль над «универсальным временем»; и длинный медный кабель, защищенный тяжелым гуттаперчевым изоляционным материалом, лежащий на глубине океана и обслуживаемый латунными телеграфными ключами, размещенными внутри сырых обсерваторских лачуг; это были и фантасмагорические просторы

империи. Геодезисты и астрономы корпели над уравнениями, вычисляли и корректировали одновременные измерения на пути к созданию карт — желанному конечному результату их работы — с точными долготными координатами. Но координация часов означала также сборку синхронизированных часов, нанизанных одни за другими, как бусинки, на трансконтинентальную нить, проходившую через Европу, Россию и Северную Америку. Сочетание технологий и науки объединяло (хотя и зачастую в масштабном противоборстве) швейцарские *horlogiers*, американские расписания поездов, британских астрономов и членов немецкого генерального штаба. С одной стороны, синхронизация времени представляет собой ежедневную процедуру настройки технологии на каждом полустанке. Таким образом, она является значительной частью социальной истории Новой Англии или бранденбургской деревни. С другой стороны, она символизирует всеохватность современности, в которой действовали мэры, физики и философы, провозглашавшие условность времени, в то время как поэты подчеркивали уничтожение пространства скоростью. В этом смысле координация часов была разреженной историей, возведенной на вершину европейской философии и математической физики.

Для Пуанкаре современная технология времени не была чем-то внешним по отношению к его научной жизни — не была лишь «контекстом», который с какой-то мифической «внешней стороны» формировал или искажал его мысль. Пуанкаре был внутри и снаружи этого сложного мира, выпускник и профессор Политехнической школы, где материальное и абстрактное формировали друг друга в каждый момент времени. Он с гордостью носил «фабричный штамп». Работа Пуанкаре о времени была продуктом своей исторической эпохи, а также места, где она писалась; все взаимосвязано. Обособление Политехнической школы или Бюро долгот как отдельных сущностей за пределами личности самого Пуанкаре означало бы разрыв связи между техническими

и культурными событиями, которые он и его современники представляли себе неразрывно взаимосвязанными. Пуанкаре не только трижды занимал пост председателя Бюро долгот, он также в течение 20 лет был одним из видных членов Французской академии наук, регулярно публиковался в своем журнале и играл ведущую роль в наиболее активных комитетах по проблемам измерения времени. Так же и для физики Эйнштейна не является внешним тот факт, что он учился в Политехникуме — учреждении, приверженность которого к совмещению теории и практики была прописана в самом его уставе; или то обстоятельство, что он семь лет проработал экспертом по контролю качества в патентном бюро Берна — производственной машине современной электротехники. Нет, отнюдь не внешние факторы повлияли на Эйнштейна и Пуанкаре. Скорее решающими оказались поля их деятельности, позволившие оценить высокую значимость рационализированных машин: источник развития технологий (через науку) и науки (через технологии).

В 1900 г. разговор о синхронизации часов, предполагающей коррекцию передачи сигнала, был одновременно насущным и обыденным. Коррекция при передаче времени была привычной практикой для поиска долготы и рутиной для городских инженеров Парижа и Вены, которые слишком хорошо знали о задержке времени благодаря неудачным попыткам перекачать точное время по своим подземным пневматическим трубам. К 1898 г. задержка передачи импульса времени считалась стандартной проблемой среди множества инженеров, картографов, физиков и астрономов, которые ежедневно работали над одновременностью.

Итак, когда в январе 1898 г. Пуанкаре опубликовал свой тезис о рассмотрении времени как конвенции, он говорил на языке технологии часов, а также на языке философии. Одни и те же высказывания теперь можно было услышать в разных регистрах. «Одновременность — это конвенция», или «синхронизация часов требует электрической коорди-

нации с коррекцией передачи сигналов». Являются ли эти высказывания философскими измышлениями, или же они «действительно» относятся к миру технологий? Площадь Звезды находится на авеню Клебер или авеню Фош?

В декабре 1900 г. Пуанкаре проложил третий путь через Place de la Simultanéité (Площадь Одновременности), когда он начал использовать синхронизацию часов, сначала неявно, а затем все более отчетливо, для того чтобы придать новый смысл «локальному времени» Лоренца. Здесь были задействованы три области: телеграфное измерение долготы, философский конвенционализм, электродинамическая теория относительности. К сожалению, мы уничтожили этот замечательный симбиоз, раскололи его на фрагменты и рассеяли их по не связанным между собой академическим дисциплинам философии, физики и метрологии. Пуанкаре изо всех сил старался удержать этот современный, постоянно модернизирующийся мир в единстве — исправить, подержать, защитить его.

Молодой Эйнштейн также стоял на пересечении философии, техники и физики. Но он никогда не стремился реставрировать и спасти какую-либо империю — будь то французскую, прусскую или ньютоновскую. С удовольствием посмеиваясь над старшими физиками, учителями, родителями, предшественниками и всевозможными авторитетами, охотно именуя себя «еретиком», гордясь своим самобытным подходом к физике, Эйнштейн отбросил эфир XIX столетия с иконоборческим наслаждением маргинала. Все более отчаянная погоня за стабильным основанием Солнечной системы или за общефизическим фундаментом в виде механики или электродинамики были не для него. Вместо этого Эйнштейну было достаточно — более чем достаточно — найти теоретические конструкции, которые оказались бы функциональными. Эвристическим — временным, но эффективным — средством продвижения теории были машины. Ими же были световые часы или мириады

механизированных мысленных экспериментов, которые он использовал в ходе размышлений об инерции энергии, $E = mc^2$. И таким средством была, что наиболее важно для наших целей, его машина времени, бесконечное множество часов, связанных и координируемых хорошо регулируемым обменом световых сигналов.

Если координация времени была важна для Пуанкаре как прагматичный, конвенциональный инструмент в построении новой механики, еще более значимой она была для Эйнштейна — как процедурно определяемое время, которое послужило отправной точкой для выведения сокращения Лоренца. Как арочный мост, синхронизация времени для Эйнштейна соединяла два берега: принцип относительности с принципом абсолютности скорости света.

Действительно ли Эйнштейн открыл относительность? Или Пуанкаре уже сделал это до него? Эти старые вопросы столь же непродуктивны, сколь и скучны. Вне всякого сомнения, вызванный агрессивными, широко распространенными нападениями нацистов на положение Эйнштейна в физике спор по поводу «открытия относительности» продолжался на протяжении десятилетий: кто первым создал теорию? В чем здесь суть? *Действительно* ли ядром теории относительности является отказ от эфира, или же все дело в математической формуле преобразования пространства и времени? Что представляет собой эта теория — непоколебимую приверженность принципу относительности или применимость этого принципа ко всем физическим взаимодействиям, или же эту теорию справедливо отождествляют с выводом временных и пространственных преобразований из синхронизации часов?

Или же относительность — это просто не более чем правильное предсказание того, что можно наблюдать в экспериментах? Прежде всего, относительность — и относительность времени в частности — стала синонимичной применительно к современной физике и современности в целом.

С нашей точки зрения, распределение призовых мест за вклад в теорию между Эйнштейном и Пуанкаре — наименее интересная часть в истории времени и одновременности.

Гораздо важнее расположить Пуанкаре и Эйнштейна в двух узловых точках координации времени на рубеже веков, вникая в характерные способы, с помощью которых каждый из них прокладывал свой путь в технологии, физике и философии и стремился сорвать одновременность с метафизического небосвода, чтобы принести ее на землю в качестве процедурно определяемой величины. Стандартизация времени была в порядке вещей. В те годы для всех ученых она являлась естественным продолжением процесса стандартизации длины. Она заявляла о себе на циферблатах общественных часов, в железнодорожных расписаниях, внутри учебных аудиторий и фабричных помещений. В Парижской обсерватории 1890-х годов Вольф заводил электромагниты, чтобы следить за астрономическими часами и контролировать распределение времени по десяткам других часов на улицах Парижа. Корню настраивал гигантский маятник на своих часах-регуляторах, объединив механику и электромагнетизм, чтобы провести строгий анализ электросинхронизации. Команды странствующих исследователей осуществляли постоянный обмен временными сигналами с Сенегалом, Кито, Бостоном, Берлином и Гринвичем. Англосаксонские астрономы распространяли время по железной дороге, в то время как французские звездочеты надеялись, что прославленная точность обсерватории будет растиражирована по всей стране — как отражение материнских часов, переходящее из одного зеркала в другое до тех пор, пока свет темпоральной рациональности не просочится на каждую улицу Республики.

Установление стандартизированного, процедурного времени было монументальным проектом, в котором использовались пропитанные креозотом опорные столбы и подводные кабели. Для этого требовались металл и резина, но

также бумага для составления заявок, рекламаций и финальных версий региональных постановлений, национальных законов и международных конвенций. В результате конвенциональная синхронизация времени, происходившая на рубеже веков, никогда не осуществлялась в изоляции от промышленной политики, научного лоббирования или политической пропаганды. Было бы легче приписать толчок к стандартизации в конце XIX в. одному ведущему колесу: сказать, что весь этот процесс в конечном счете сводился к усилиям железнодорожных магнатов, или главным образом ученых, или исключительно философов. Но реорганизация времени была не такой простой.

Время было комплексной проблемой, потому что задолго до XIX в. вопрос о часах и одновременности вышел за рамки шестеренок, маятников и стрелок. Например, в XVIII в. точные хронометры многострадального британского часовщика Джона Гаррисона упоминались в работах о проблеме долготы, а также в дневниках и сатирических записках о хронометрии и картографии. С самого начала точные часы Гаррисона претендовали на «планетарное» значение¹⁷. Часы, использовавшиеся до XVIII в., неотделимы от культуры, в которой они были созданы. Песочные часы и часы на крыше церкви показывали намного больше, чем просто время; они служили свидетельством пересечения власти Бога, феодального лорда и смерти. Невозможно найти некий первоначальный момент в истории культуры, когда время было только лишь песком, тенью или механической стрелкой.

То, что появилось в конце XIX в., было не просто вопросом конкретного изобретения — согласованные часы, безусловно, существовали и ранее. Европа и Северная Америка испытали резкое, глобальное изменение масштаба и плотности электрораспределяемого времени. Взаимосвязанные часы конца XIX в. охватили весь мир. Шестерни этих широ-

¹⁷ *Sherman. Telling Time. 1996.*

копрофильных технологий приводили друг друга в движение. Поезда тянули за собой телеграфные линии, телеграфы способствовали созданию карт, карты направляли прокладку рельсов. Все три фактора (поезда, телеграфы, карты) способствовали нарастающему пониманию того, что одновременность на больших расстояниях сделала вопрос «Сколько сейчас времени где-то в другом месте?» практически и одновременно будящим воображение. Когда мы читаем многочисленные размышления Эйнштейна и Пуанкаре о новых идеях времени и пространства, изложенные в терминах автомобилей, телеграфов, поездов и пушек, мы видим условия, в которых эти вопросы стали обычной вещью, повседневностью.

Мы можем рассматривать одновременность как пересечение различных траекторий, каждая из которых обозначает длинную последовательность «ходов» внутри некоторой области знания. Возьмем, к примеру, физику, которую мы только что рассмотрели. Очевидно, что с начала 1890-х по 1905 г. не существовало единого, неизменного понятия одновременности. Географическое локальное время (*Ortszeit*) превратилось в теоретическое «локальное время» Лоренца, которое затем было преобразовано Пуанкаре посредством световых сигналов в *наблюдаемое* локальное время, чтобы впоследствии уступить место относительному времени в концепции Эйнштейна. Подобные сдвиги в понятии времени происходили не сразу и не исключительно в области физики. Напротив, они лучше понимаются как серия ходов в продолжающейся игре. В соответствии с повседневным пониманием слова «ход» в контексте различного рода игр, «ход» в этом более техническом смысле иногда был словесным утверждением (например, в виде конвенции), а иногда — физической процедурой. Примечательно, что Пуанкаре и Лоренцу хватало чувства непрерывности, чтобы вести свою работу последовательно шаг за шагом, хотя цели игры, в которую они играли, также видоизменялись. (Если в 1894 г. цель Лоренца

состояла в том, чтобы решить уравнение, представив движущееся тело в электрическом и магнитном поле в виде тела, покоящегося в эфире, в 1904–1905 гг. его [и Пуанкаре] задача заключалась в формулировке законов физики, которые приводили бы к одним и тем же измеримым результатам в любой постоянно движущейся системе отсчета.)

Таким образом, одной из опор одновременности была физика — серия ходов, преобразовавших электродинамику движущихся тел. Но мысль Пуанкаре о световой синхронизации ввела в игру еще по крайней мере две опоры: телеграфное определение долготы и французскую философию конца XIX в. Со времен Гражданской войны в США определение долготы через установление одновременности стало распространенным методом. С подачи Американской береговой службы европейцы быстро переняли этот метод, используя его на земле и под водой. К 1899 г. Бюро долгот под председательством Пуанкаре стало глобальной точкой отправки, получения, обработки и определения одновременности. В конце XIX в. все разработки Бюро долгот были посвящены времени: методы распределения времени в городах, теории улучшения электросинхронизации, дебаты о введении десятичной системы. Телеграфное определение долготы было важно для французов в целях правильного указания координат собственных колоний при нанесении их на карту мира и детализации их внутренней географии. Под руководством Пуанкаре Бюро включило Эйфелеву башню в схему беспроводной передачи времени. Фиксируемый в отчете за отчетом обмен телеграфными сигналами с опорой на коррекцию времени, затраченного на передачу сигнала, стал рутинной практикой по определению пространственного положения и времени. Другой опорой была философия. Без сомнения, Пуанкаре мог воспринять философский подход через знакомство с Бутру или через философию физики его коллег по Политехнической школе Огюста Калинона и Жюля Андрада, которые анализировали время на свой лад.

Пересечение этих трех регистров концептуализации времени не делает пересмотр одновременности Пуанкаре *необходимым*. Но исследование тройного пересечения проблем в таких учреждениях, как Политехническая школа и Бюро долгот, дает возможное объяснение тому, почему Пуанкаре в то время и в том месте счел измерение времени важным вопросом, связанным с конвенциями, физикой и долготой, или почему абстрактное время могло быть понято и реконструировано с помощью машин.

Каждая из трех опор — физика, философия и технология — несет в себе определенное новаторство. «Новая механика» заявляла о своем разрыве со старыми представлениями о массе, пространстве и времени, электрические кабели телеграфного мира были прославленным триумфом и инструментом «насаждения цивилизации» в растущей империи. Пуанкаре связывал представления о конвенциональности времени и одновременности с идеей о философской конвенциональности законов физики и принципов математики. Но для Пуанкаре конвенции также могли ассоциироваться с множеством международных конвенций о мере и исчислении точного времени. Время застыло в движении на этом наиболее современном тройном пересечении.

На протяжении всей своей работы Пуанкаре относился к задачам, стоявшим перед ним, с модернизмом математического инженера, т.е. с глубокой верой в человеческую способность понимать и совершенствовать мир технически, просчитывать, так сказать, все ходы наперед. Сразу после смерти Пуанкаре его племянник Пьер Бутру попытался в письме к Миттаг-Леффлеру определить воодушевляющую цель жизни своего дяди. Примечательно, что он выбрал в качестве направляющей нити не математику или физику, а географию. Бутру вспоминал, как всю свою жизнь Пуанкаре с интересом следил за сообщениями об исследованиях и путешествиях; как внутри, так и вне науки вся его работа

характеризовалась стремлением «заполнить белые пятна на карте мира»¹⁸.

Пуанкаре не терял веры в то, что пустые области на карте мира могут быть восполнены. Пробелы в области знания могли быть заполнены, как, например, на нарисованной Пуанкаре карте катастрофы в шахте Маньи, прослеживающей развитие событий в обратном порядке вплоть до нанесенной киркой пробоины в решетке шахтерской лампы номер 476. В более глобальном смысле он заполнял лакуны с помощью карты Пуанкаре, которую он использовал, чтобы изобразить не визуализируемые движения хаотических планетарных орбит, разукрашивая ее поверхность последовательностями точек. Чтобы заполнить пробелы в географической карте мира, он сотрудничал с Бюро долгот, составляя телеграфические карты Сент-Луиса, Дакара и Кито, что также имело последствия для теоретических попыток точного описания формы Земли, уже давно предпринимаемых физиками. Другие белые пятна могли быть ликвидированы исследованиями эфира и структуры электрона, интуитивными математическими функциями и формулами интуиционистской логики, плодотворными прозрениями в отношении эфира.

Пуанкаре был присущ оптимистический модернистский взгляд на отношения, доступные нашему познанию безотносительно Бога, платоновских идей и (хотя он и был впечатлен априорными формами Канта, благодаря которым опыт становится возможным) кантовских вещей в себе. Вместо того чтобы обращаться к объектам, Пуанкаре всегда выявлял отношения, поскольку именно отношение сохраняется, даже когда объекты, которые оно связывало, исчезли в тумане истории. Истина? Учитывая сложности конвенций, определений и принципов, которые вошли в законы физики, он предпочитал ей объективность, которая пришла вместе

¹⁸ Lettre de M. Pierre Boutroux à M. Mittag-Leffler, 18 June 1913 // Poincaré. Oeuvres. Vol. 11. 1956. P. 150.

с общепринятыми, устойчивыми концепциями простоты и удобства. Истинные отношения, а не истина сама по себе. Видимые поверхности, а не скрытые глубины. Пуанкаре следовал этому переформулированному девизу Просвещения, даже если это означало необходимость вписать радикально новые концепции пространства, времени и физической стабильности в обширные пробелы в области знания.

Модернизм Эйнштейна также можно разглядеть на тройном перекрестке: в физике движущихся тел, в философском преодолении концепции двух абсолютов и в более общей технологии синхронизации часов. Задача Эйнштейна носила более физический характер, чем задача Пуанкаре, и была связана, скорее, с конкретными материальными машинами, чем с абстрактными. Невозможно представить себе Пуанкаре, вращающего эбонитовое колесо в сконструированном дома механизме; в равной степени сложно представить Эйнштейна во главе команды, занятой проектировкой кабельных сетей от Кито до Гуаякиля с целью установления точного электрического времени. Несмотря на более практическое обращение с материальностью объектов, Эйнштейн также придерживался более метафизической концепции отношения теорий к явлениям, которая во многих контекстах заставила его требовать строгого соответствия между элементами теории и элементами мира. Пуанкаре никогда не отказывался от различия «кажущегося» локального времени и «истинного» времени. Поскольку Эйнштейн не находил похожего различия в самих явлениях, он не стал использовать эту теоретическую дихотомию. Время и пространство в одной инерциальной системе отсчета были настолько же «истинными» (или «относительными») для Эйнштейна, как и в любой другой: часы были часами, линейки были линейками. Если Пуанкаре сохранил эфир в качестве интуитивной основы, на которой можно было бы представить дифференциальные уравнения, Эйнштейн насмеялся над эфиром как над бесполезной деталью, оставшейся от уста-

ревшего механизма. Он отбросил его с тем же удовольствием, с каким вычеркивал лишние элементы из патентных заявок. Когда Эйнштейн эвристически описывал квант света, не обращаясь к волновым уравнениям, понятным внутри эфира, это вызвало у Пуанкаре опасения, что молодой физик и его сторонники отбросили те самые условия, которые делали возможным реальное понимание физического мира. В этой догадке Пуанкаре был прав: Эйнштейн действительно был готов использовать интеллектуальные конструкции как промежуточные эвристики, которые связывали элементы теории с элементами явлений, даже если это противоречило интуиции (в специфическом смысле Пуанкаре).

Пуанкаре изо всех сил старался изобразить мир через дифференциальные уравнения, выбранные для удобства в самом широком смысле, вплоть до третичных ручейков, питающих вторичные потоки. Давали ли эфир и «кажущееся время» что-то для интуиции, не упуская при этом «истинные отношения» между наблюдаемыми явлениями? Для Пуанкаре результат был удовлетворительным, даже если это означало определенную избыточность. Напротив, Эйнштейн хотел описать время и пространство теорией, которая бы *точно соответствовала* явлениям, что подразумевало не только возможность прогнозирования, но и отсутствие лишних элементов. Если явления были симметричными (например, не было никакого способа отличить подвижный магнит/неподвижную катушку от неподвижного магнита/движущейся катушки), то теория должна быть формально основана на этой симметрии. Позднее, в дискуссии о квантах, Эйнштейн выразил дополнительное сомнение: существовали предсказуемые особенности физического мира, которым не соответствовал ни один элемент теории.

Для Пуанкаре пространство и время были привязаны к строгой поверхности объективных отношений, построенных для удовлетворения нашей человеческой потребности в психологическом, объективном и простом удобстве. Он был

сторонником безжалостного секуляризма Третьей республики. Эйнштейн, напротив, не считал, что теория выполнила свою задачу, удобным образом запечатлев истинные отношения между явлениями. Он стремился к постижению глубинной взаимосвязи явлений на основе фундаментальной теории. Подобно Пуанкаре, Эйнштейн считал, что законы должны быть простыми, но не ради нашего удобства, а потому (как выразился Эйнштейн), что «природа представляет собой реализацию простейшего из математически мыслимого». Таким образом, форма теории должна была в подробном виде представить реальность явлений: «В известном смысле, — настаивал Эйнштейн, — я считаю, что чистая мысль способна постичь реальность, о чем мечтали древние»¹⁹. Эйнштейн считал, что надлежащая теория будет в точности соответствовать явлениям. В глубине этого требования лежало созерцательное богословие. Не религиозная вера в личного, мстительного или вершащего суд Бога, а скорее вера в скрытого Бога основополагающего естественного порядка: «Ученый одержим ощущением всемирной причинности. Будущее для него с необходимостью детерминировано прошлым. <...> Его религиозное чувство принимает форму восторженного изумления перед гармонией естественного закона, который раскрывает столь превосходящий разум»²⁰. Иногда физику приходилось прибегать к дополнительному применению эвристических инструментов; они могли бы поддержать теорию до тех пор, пока не становилось возможным ее дальнейшее развитие. Временное использование формальных принципов сыграло определенную роль в термодинамике, квантовой теории и теории относительности²¹. Однако Эйнштейн упорно на-

¹⁹ Обе цитаты — в: *Einstein. Ideas and Opinions*. 1954. P. 274.

²⁰ Высказывания Эйнштейна о религиозном духе науки опубликованы в: *Mein Weltbild*. 1934; перепечатаны в: *Ideas and Opinions*. 1954. P. 40.

²¹ Предисловие редакторов ко второму тому: *Einstein. Collected Papers*. P. xxv–xxvi.

стаивал на том, чтобы, насколько это было возможно, ученые разрабатывали теории, в которых так или иначе отражался элементарный, простой и гармоничный естественный порядок. Поскольку Эйнштейн считал, что в явлении истинное время не отличалось от кажущегося, этого не должно было быть и в теории.

Ни Пуанкаре, ни Эйнштейн не впадали в наивный реализм или антиреализм. Да, действительно, на протяжении всей своей карьеры Пуанкаре подчеркивал свободу выбора при описании мира: в геометрии, в физике, в технике. Однако объединение конвенционализма с любой формой антиреализма полностью исказило бы позицию Пуанкаре. Как в практических, так и в абстрактных вопросах он использовал все возможности, чтобы подчеркнуть центральную роль объективных «истинных отношений» причем в максимально простой и доступной форме, которой не так-то легко достичь. На Эйнштейна, напротив, часто навешивают ярлык прямолинейного реалиста; в конце концов, именно он без смущения задавался вопросом, является ли теория «истинным Иаковом». Тем не менее Эйнштейн утверждал, что существуют разные способы характеризовать «реальность», а плодотворная часть теории заключается вовсе не в событиях, которые можно классифицировать с помощью пространственно-временных координат или даже воспринимать непосредственно, а в связях между ними, и эти связи не устанавливаются раз и навсегда²². Оба ученых признавали силу принципов и конвенций в определении объяснительного потенциала теории и возможностей измерения. Оба были полностью готовы отказаться от концепций, даже если эти концепции, казалось бы, подтверждались историей, интуицией и были самоочевидны. Глубоко встроенные

²² Письмо Эйнштейна Шлику, 21 мая 1917 г.; см.: *Collected Papers (translation)*. Vol. 8. P. 333. Кроме того, со временем акцент в работе Эйнштейна сместился с метафизики, см.: *Holton. Thematic Origins*. 1973.

в меняющийся электротехнический мир, больше, чем когда-либо признававший важность *выбора* в измерениях, стандартизации и построении теории, Эйнштейн и Пуанкаре по отдельности сбросили одновременность с ее метафизического пьедестала и заменили ее конвенцией, данной посредством машин.

Читая Пуанкаре уже *после* Эйнштейна, слишком легко принять его за реакционера, устремившегося к теории относительности Эйнштейна, но так и не сумевшего к ней приблизиться. Такой ретроспективный взгляд упустит осуществленное Пуанкаре переосмысление физики пространства и времени как «новой механики». Это все равно что пренебрежительно назвать Пикассо антисовременным, сравнив его с Поллоком, а Пруста уличить в несоответствии модернизму позднего Джойса. Читая и Пуанкаре, и Эйнштейна по отдельности, мы видим, как каждый из них по-своему преодолевает прошлое.

Два великих модерниста от физики, две неистово амбициозные попытки охватить весь мир в его полноте. Модернизм Пуанкаре шел путем установления объективных, простых, удобных и истинных отношений повсюду, вплоть до мельчайшего пробела. Эйнштейн продвигался вперед, оттачивая теорию, которая стремилась схватить явления, не только прогнозируя, вычисляя их, но и описывая лежащие в их основе физические принципы. Один из них был конструктивным, склонным к сложности, которая адекватно отражала бы структурные отношения мира. Другой был более критичным, более охотно отбрасывал сложность, чтобы понять строгие принципы, отражающие господствующий порядок природы. У этих двух взглядов на новую и современную релятивистскую физику было много общего. Тем не менее Эйнштейн и Пуанкаре оставались в амбивалентных отношениях и были способны воспринять альтернативное видение современности друг друга не более, чем Фрейд прочитал Ницше. Слишком близкие и слишком далекие,

чтобы вступить в диалог, их подходы к пониманию относительности никогда не пересекались, даже когда оба ученых радикально переосмыслили «время» таким образом, что потрясли основания физического, философского и технического знания.

С биографической точки зрения примечательно, что Эйнштейн и Пуанкаре смогли принять участие в таких разнообразных технических и философских событиях, как если бы они были гроссмейстерами, играющими на чемпионате по шахматам сразу с несколькими противниками одновременно, и нашли бы *один* успешный ход, гарантирующий победу в каждой из партий. Однако шахматы в данном случае служат лишь слабой аналогией. «Игры» физики, философии и технологии имели совершенно иную конструкцию; последствия «хода» одновременности оказались значительными в каждой области. Философы Венского кружка, как и ведущие физики 1920-х годов, инженеры Глобальной системы позиционирования 1980-х годов — все они рассматривали одновременность Пуанкаре — Эйнштейна как модель для построения будущих научных концепций.

Многоаспектная история координации времени ошибочно редуцируется до биографических фактов. Из-за кадрирования изображения до размера портрета остаются вне поля зрения обширные, принятые в ходе ожесточенных дискуссий стандартизированные конвенции измеряемого времени и пространства, которые пронизывали Европу и Соединенные Штаты. Дело не в том, что фантазия Эйнштейна или Пуанкаре была ограниченной, но в том, что «мера времени» колебалась во многих масштабах. Координация времени стала современной проблемой благодаря конвенциональности и регулировке времени, проходящего через обсерватории, кабели, железнодорожные сети и города. Более удачная аналогия будет такой: изобары и изотермы трансформировались и частично сделали возможным метеорологическое прогнозирование. Точно так же электри-

ческий мир часов превратил дистанционную синхронизацию в абсолютно современную проблему, разрешаемую машинной процедурой, — даже если эта машина оказалась бесконечной и теоретической.

Времена и места, где технология, философия и наука одновременно оказываются в центре, встречаются редко, гораздо реже, чем те физические события, которые традиционно называются «революциями». В XIX в. энтропия и энергия могли предложить истории потрясения схожего масштаба: вспомним о судьбоносном пересечении паровых двигателей, термодинамики и квазитеологических дискуссий о неминуемой «тепловой смерти» Вселенной. В поисках более близкого сочетания абстракции и конкретности такого рода мы можем обратиться к взрыву «информационных наук» середины XX в.: кибернетики, информатики, когнитивной науки. Здесь темная история устройств обратной связи военного времени, которые были вытеснены из производства оружия, переплетается с еще более загадочными траекториями теории информации и моделей человеческого разума. Время, термодинамика, компьютерные вычисления: все эти концепции определяли свою эпоху символически и материально. Все они представляли момент критической опалесценции, когда становилось невозможно мыслить абстрактно, не прибегая к машинам, или мыслить материально, не оперируя концепциями глобального масштаба.

СМОТЯ ВВЕРХ, СМОТЯ ВНИЗ

Времена изменились. Эйнштейн покинул патентное бюро Берна 15 октября 1909 г. ради Цюрихского университета; 1 апреля 1911 г. он переехал в Университет Карла-Фердинанда в Праге, а весной 1914 г. переступил порог Берлинского университета. Здесь он закончил работу над созданием общей теории относительности. Здесь же он стал активным противником начала Первой мировой войны.

После того как боевые действия закончились, Фаварже, это воплощение швейцарского хронометрического единства, с которым мы уже успели познакомиться, опубликовал 550-страничное третье издание своего трактата по электротехнической хронометрии, в очередной раз поместив детализированное электромеханическое содержание работы в более широкий культурный контекст. Мировая война, по его мнению, способствовала мощному технологическому развитию, но она же разрушила значительную часть человеческого капитала, накопленного в мирное время. То, что осталось, было, напротив, «грудой развалин, несчастий и страданий»²³. Человечество нуждалось в работе по преодолению этой катастрофы, и эта работа неизменно была связана со временем.

Время, писал Фаварже, «не может определяться его субстанцией; в метафизическом смысле оно так же загадочно, как материя и пространство». (По-видимому, время заставляло обратиться к метафизике даже флегматичных швейцарских часовых мастеров.) Вся деятельность человека, сознательная или бессознательная, — сон, еда, мышление или игра — происходит во времени. Без установленного порядка, без намеченных планов мы рискуем скатиться в анархию, о которой Фаварже предупреждал задолго до того, как Гаврило Принцип выстрелил в эрцгерцога Фердинанда. Теперь, после мировой войны, риск «физического, интеллектуального и морального несчастья» был для человечества гораздо выше. Его решение? Измерение и определение времени с точностью астрономической обсерватории. Но чтобы противоядие подействовало, измеренное время не могло томиться в башне из слоновой кости; временная строгость должна была быть электрически передана всем, кто в ней нуждался: ради жизни и процветания человечества «мы должны, одним словом, популяризировать ее, мы

²³ Favarger. L'Électricité. 1924. P. 10.

должны демократизировать время». Мы должны каждого человека сделать «*maître du temps*, повелителем не только часа, но и минуты, секунды и в особых случаях даже десятой, сотой, тысячной, миллионной доли секунды»²⁴. Всеобщее, координированное точное время значило для Фаварже нечто большее, чем деньги; речь шла о приобщении каждого человека к порядку, внутреннему и внешнему, — свободе от анархии времени.

С конца XIX до начала XX в. координированные часы никогда не были лишь шестеренками и магнитами. Ни для Пуанкаре, ни для Эйнштейна время не сводилось к его технической стороне. Оно также значило нечто намного большее, чем провода и анкерные механизмы, и для сельских старост Новой Англии, участников кампании по введению часовых поясов, прусских генералов, французских метрологов, британских астрономов и канадских энтузиастов. Измерение скорости передачи нервных импульсов и времени реакции, структурирование рабочих процессов и развитие астрономии — все это имело отношение к часам в многоаспектной истории временной координации. Бюро долгот, среди руководителей которого был Пуанкаре, являлось одним из важнейших временных центров создания карт. Швейцарское патентное ведомство, где Эйнштейн стоял на страже в качестве патентного часового, было большим инспекционным пунктом для технологий, призванных синхронизировать время на железных дорогах и в городах.

Приступая к изучению истории координации часов, я надеялся определить местоположение Пуанкаре и Эйнштейна во вселенной действий, соединивших механизмы с метафизическими конструкциями; действий, ставших абстрактной конкретностью или, если угодно, конкретными абстракциями. В более широком смысле, возможно, нам удастся избежать двух равно проблематичных позиций касательно

²⁴ Favarger. *L'Électricité*. 1924. P. 11.

отношения вещей и мыслей в науке. С одной стороны, есть давняя традиция так называемого редукционистского материализма, сводящего идеи, символы и ценности к ряби на поверхности океана объектов. Сквозь эти эмпирические очки 1920–1950-х годов теоретическая физика и ее философия часто казались лишь временным дополнением, а не оплотом науки. В этом контексте Эйнштейн сделал последний, неизбежный шаг в индуктивном процессе, который постепенно вытеснил эфир и абсолюты пространства и времени. Движение Земли через эфир не могло быть определено точнее, чем отношение скорости Земли к скорости света (v/c , т.е. около одной десятитысячной). Позже гораздо более точные измерения не выявили признаков движения (v/c второго порядка, или около одной стомиллионной), и Эйнштейн пришел к выводу об избыточности идеи эфира²⁵. Многое можно сказать о склонности Эйнштейна полагаться на эксперименты. Его увлечение детальной процедурой проведения экспериментов и его работа с гирокомпасом в *Physikalisch-Technische Reichsanstalt* дают представление об Эйнштейне как о теоретике с ясным пониманием процедуры работы в лаборатории и управления машинами. С эмпирической точки зрения вещи структурировали мысли.

²⁵ Распространено представление о теории относительности Эйнштейна как о кульминации все более точных измерений, проводившихся после отказа от понятия эфира; возможно, наиболее научная попытка представить формулировку Эйнштейна лишь как вариант ранних теорий, посвященных эфиру и электрону, осуществлена в: *Whittaker. History of the Theories of Aether*. 1987. P. 40, где глава «Теория относительности Пуанкаре и Лоренца» содержит ремарку: «Эйнштейн опубликовал статью [1905], в которой изложил теорию относительности Пуанкаре и Лоренца с рядом дополнений. Статья привлекла к себе большое внимание. Он утверждал неизменность скорости света в качестве фундаментального принципа <...>, который в тот момент получил широкое признание в научном сообществе, но жестко критиковался более поздними авторами». См.: *Holton. Thematic Origins*. 1973 (особенно гл. 5) и *Miller. Einstein's Relativity*. 1981.

С другой стороны, набирало обороты антипозитивистское движение, ставшее популярным в 1960–1970-х годах. Мысли структурировали вещи. Антипозитивисты стремились перевернуть эпистемологический порядок старшего поколения; они отдавали онтологическое первенство программам, парадигмам и концептуальным схемам и призывали к полному пересмотру экспериментов и инструментов. Эйнштейн появился на антипозитивистском горизонте как философский новатор, который отказался от материального мира в устойчивом стремлении к симметрии, принципам и операционным определениям. В этом немало правды — чтение истории сквозь антипозитивистские очки раскрывает те моменты, когда Эйнштейн с осторожностью воспринимал экспериментальные результаты, к примеру, сомневался в предполагаемых лабораторных опровержениях специальной теории относительности и астрономических наблюдениях, угрожавших общей теории.

Представляя оба взгляда на историю, я не хочу сделать акцент на их противоречии. Напротив, моменты критической опалесценции дают возможность выйти за пределы бесконечного колебания между пониманием истории исключительно как истории идей или истории материальных объектов. Часы, карты, телеграфы, паровые двигатели, компьютеры — все эти изобретения поднимают вопросы, находящиеся по ту сторону стерильной дихотомии вещей и мыслей²⁶. В каждом случае проблемы физики, философии и технологии пересекаются. Через метафорическое мы можем понять буквальное; через буквальное мы видим метафорическое.

Когда Эйнштейн начал работу в патентном бюро Берна в 1902 г., он оказался в учреждении, где триумф электрического над механическим был уже символически связан

²⁶ *Schaffer*. Late Victorian metrology. 1992. P. 23–49; *Wise*. Mediating Machines. 1988; *Galison*. Image and Logic. 1997.

с мечтами о современности. Координация часов была практической проблемой (поезда, войска и телеграфы), требующей действенных, патентообразных решений именно в той области, которая представляла для Эйнштейна наивысший профессиональный интерес: точная электромеханическая аппаратура. Патентное бюро было чем-то вроде одинокого глубоководного плавучего маяка, по которому уже немолодой Эйнштейн тосковал, выступая в Альберт-холле в смутные дни октября 1933 г. Рассматривая один патент за другим, Эйнштейн наблюдал за парадом современных технологий из первых рядов. И когда мимо него шествовали согласованные часы, они проходили не одни. Сеть электрически координированного времени воплощала сразу политическое, культурное и техническое единство. Эйнштейн воспринял эту новую, конвенциональную, всемирную машину одновременности и поставил ее в основание своей новой физики. В определенном смысле он завершил грандиозный проект координации времени XIX в., разработав новую, значительно более общую машину времени, действительную во всех возможных и постоянно движущихся системах отсчета во Вселенной. Однако, отказавшись от материнских часов и переосмыслив конвенционально установленное время как *начальную точку*, Эйнштейн получил славу ученого, изменившего мир, — как среди физиков, так и среди широкой общественности.

Пуанкаре в поздний период своего творчества выступил соавтором книги «О чем говорят книги, о чем говорят вещи». Этот причудливый сборник объединил усилия двух великих академий, к которым он принадлежал: литературной Académie Française и естественно-научной Académie des Sciences. Со стороны литературы поступали статьи о выдающихся деятелях культуры, включая Гюго, Вольтера и Босюэ. Сам Пуанкаре собственноручно написал главы о звездах, гравитации и теплоте, но также о добыче угля, батареях и динамо-машинах. Чувствуя себя одинаково комфортно среди философов и среди математиков и инженеров, Пуан-

каре был авторитетом для них всех, в том числе как автор работ об одновременности.

Позиция Эйнштейна в отношении прославленных академий наук была иной. Сразу после Первой мировой войны Артур Эддингтон, британский астрофизик, воспользовался полным затмением, чтобы измерить отклонение звездного света за счет гравитационного поля Солнца (или, как сказал бы Эйнштейн, за счет пространственно-временного изгиба рядом с Солнцем). Попав на первые полосы в связи с последовавшим подтверждением общей теории относительности, Эйнштейн за ночь стал мировой знаменитостью. Оказавшись в центре внимания, его теория относительности после 1919 г. сдвинулась в сторону абстрактного объединения физических сил и прочь от машинной культуры патентного ведомства. Спустя несколько дней после выступления в 1933 г. в Королевском Альберт-холле Эйнштейн отправился в Соединенные Штаты, где, окруженный почитанием, вел почти монашескую жизнь в Институте перспективных исследований в Принстоне. Наполовину визионер, наполовину оракул, он в пророческих выражениях говорил обо всем — от Бога до перспектив ядерной войны. В апреле 1953 г., за два года до смерти, Эйнштейн писал из Принстона Морису Соловину о смехе и прозрениях их совсем неакадемической Академии времен его жизни в Берне, когда патенты, физика и философия существовали бок о бок:

Бессмертной Академии «Олимпия»

За твое короткое активное существование ты с детским восторгом встречала все, что было ясно и разумно. Твои участники создали тебя для потехи назло твоим старшим сестрам, пыхтевшим от гордости. Я в полной мере смог оценить, насколько далеко [твои члены] продвинулись в своих свободных и тщательных наблюдениях, растянувшихся на долгие годы.

Мы, три участника, остались стойкими. Хотя и несколько одряхлев, мы по-прежнему следуем одинокой тропой своей

жизни, ведомые твоим чистым и вдохновляющим светом, ведь ты вовсе не постарела и не одряхлела, как твои воспитанники, подобно растению, идущему на семена. Тебе я клянусь в верности и преданности до последнего вздоха!

От того, кто отныне будет всего лишь твоим членом-корреспондентом, А.Э.²⁷

Занимаясь на рубеже веков проблемами времени, философии и относительности, Пуанкаре обитал в парижских академиях искусств и наук, Эйнштейн — в (не)Академии «Олимпия». 15 марта 1955 г. умер Мишель Бессо. Именно с ним Эйнштейн так продуктивно беседовал в течение нескольких недель, прежде чем наткнулся на координацию часов как заключительный элемент для завершения работы над специальной теорией относительности. Эйнштейн написал семье Бессо письмо 21 марта, закончив его ссылкой на эти беседы и на изначальную природу времени, которая проявилась в теории относительности: «... мы снова встретились [после Цюриха] в патентном бюро. Наши беседы по пути домой имели несравненный шарм; казалось, ничего более человеческого не существовало. <...> Теперь он покинул этот странный мир немного раньше меня. Это ничего не значит. Для нас, убежденных физиков, различие между прошлым, настоящим и будущим — всего лишь иллюзия, пусть даже и навязчивая»²⁸.

Борьба между различными интерпретациями настраиваемой координации часов продолжалась достаточно долго после смерти Эйнштейна. Синхронизированное время оставалось гиперсимволизированным. *Einheitzeit* [единое время] так и не возникло из борьбы между империей, демократией, космополитизмом и антианархизмом. Общим

²⁷ Письмо Эйнштейна Соловину, Принстон, 3 апреля 1953 г.; см.: *Einstein. Letters to Solovine*. 1987. P. 143 (перевод отредактирован).

²⁸ Письмо Эйнштейна сыну и сестре Мишеля Бессо, 21 марта 1955 г.; см.: *Albert Einstein Michele Besso Correspondance*. 1972. P. 537–539.

для этих идей было понимание, что каждые отдельные часы означали человека, так что координация часов стала элементом связи между людьми и народами, всегда колебавшейся между буквальным и метафорическим. Именно потому что проект координации времени был абстрактно-конкретным (или конкретно-абстрактным) в городах, регионах, странах и в конечном счете по всему земному шару, он превратился в одну из определяющих структур современности. Синхронизация часов остается неразделимым сочетанием социальной, культурной и интеллектуальной истории; технологии, философии и физики.

За последние 30 лет стало привычной практикой переворачивать с ног на голову объяснения, выстроенные сверху вниз. Ни тот ни другой вектор по отдельности не годится в отношении времени. Средневековое изречение, призванное показать связи между алхимией и астрономией, гласит: «Смотря вниз, мы видим то, что наверху; смотря вверх, мы видим то, что внизу». Такое представление о знании хорошо подходит для наших целей. Смотря вниз (на электромагнитно регулируемую сеть часов), мы видим то, что наверху: империи, метафизику и гражданское общество. Смотря вверх (на философию Эйнштейна и процедурные концепции времени, пространства и одновременности Пуанкаре), мы видим то, что внизу: провода, шестеренки и электрические сигналы, которыми занимались в патентном бюро Берна и парижском Бюро долгот. Мы находим метафизику в машинах и машины в метафизике. Современность — появившаяся как раз вовремя.

Библиография

- Abraham M.* Theorie der Elektrizität: Elektromagnetische Theorie der Strahlung. Vol. II. Leipzig: B.G. Teubner, 1905.
- Albert Einstein — Mileva Maric. The Love Letters / J. Renn, R. Schulmann (eds); transl. S. Smith. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1992.
- Alder K.* The Measure of All Things. N.Y.: The Free Press, 2002.
- Allen J.S.* Standard Time in America. Why and How it Came about and the Part Taken by the Railroads and William Frederick Allen. N.Y.: National Railway Publication Company, 1951.
- Allen W.F.* Report on the Subject of National Standard Time Made to the General and Southern Railway. Time Conventions. N.Y.: National Railway Publication Company, 1883.
- Allen W.F.* History of the Adoption of Standard Time Read before the American Metrological Society on December 27th, 1883, with other Papers Relating Thereto. N.Y.: American Metrological Society, 1884.
- Ambromn F.A.L.* Handbuch der astronomischen Instrumentenkunde. Eine Beschreibung der bei astronomischen Beobachtungen benutzten Instrumente sowie Erläuterung der ihrem Bau, ihrer Anwendung und Aufstellung zu Grunde liegenden Principien. Vol. I. Berlin: Verlag von Julius Springer, 1889.
- Amoudry M.* Le général Ferrié. La naissance des transmissions et de la radiodiffusion / Préface de Marcel Bleustein-Blanchet. Grenoble: Presses universitaires de Grenoble, 1993.
- Ampère A.-M.* Essai sur la philosophie des sciences. Ou exposition analytique d'une classification naturelle de toutes les connaissances humaines. Paris: Bachelier, 1834.
- Andersson K.G.* Poincaré's Discovery of Homoclinic Points // Archive for History of Exact Sciences. 1994. Vol. 48. P. 133–147.
- Andrade J.* Leçons de mécanique physique. Paris: Société d'éditions scientifiques, 1898.
- Aubin D.* The Fading Star of the Paris Observatory in the Nineteenth Century: Astronomers' Urban Culture of Circulation and Observation // Science and the City (Osiris 18) / S. Dierig, J. Lachmund, A. Mendelsohn (eds).

- Baczko B.* Le Calendrier républicain // Les lieux de mémoire. [1984]. Vol. 1 / P. Nora (ed.). Paris: Gallimard, 1992.
- Barkan D.K.* The First Solvay. The Witches' Sabbath: The First International Solvay Congress of Physics // Einstein in Context. 1993. Vol. 6. P. 59–82.
- Barkan D.K.* Walther Nernst and the Transition to Modern Science. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- Barnard F.A.P.* A Uniform System of Time Reckoning // The Association for the Reform and Codification of the Law of Nations. The Committee on Standard Time. Views of the American Members of the Committee, As to the Resolutions Proposed at Cologne Recommending a Uniform System of Time Regulation for the World. N.Y.: Moggowan & Slipper, 1882. P. 3–4.
- Barnard F.A.P.* The Metrology of the Great Pyramid // Proceedings of the American Metrological Society. 1884. Vol. 4. P. 117–219.
- Barrow-Green J.* Poincaré and the Three Body Problem // History of Mathematics. Vol. 11. Providence, RI: American Mathematical Society, 1997.
- Barthes R.* Mythologies / select. and transl. from the French by A. Lavers. London: Paladin Grafton Books, 1972. (Reprinted 1989.)
- Bartky I.R.* The Invention of Railroad Time // Railroad History Bulletin. 1983. Vol. 148. P. 13–22.
- Bartky I.R.* The Adoption of Standard Time // Technology and Culture. 1989. Vol. 30. No. 1. P. 25–57.
- Bartky I.R.* Selling the True Time. Nineteenth-Century Timekeeping in America. Stanford: Stanford University Press, 2000.
- Bennett J.* The Travels and Trials of Mr. Harrison's Timekeeper // Instruments, Travel, and Science / M.-N. Bourguet, C. Licoppe, H.O. Sibus (eds). N.Y.: Routledge, 2002.
- Bergson H.* Time and Free Will. N.Y.: Dover, 2001.
- Bernardières O., de.* Déterminations télégraphiques de différences de longitude dans l'Amérique du Sud // Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. 1884. Vol. 98. P. 882–890.
- Berner A.* Initiation de l'horloger à l'électricité et à ses applications / preface de L. Reverchon. La Chaux-de-Fonds, Switzerland: Invention-Revue, ca. 1912.
- Bernstein A.* Naturwissenschaftliche Volksbücher. Berlin: Ferd. Dummlers Verlagsbuchhandlung, 1897.
- Blaise C.* Time Lord. Sir Sandford Fleming and the Creation of Standard Time. London: Weidenfeld & Nicolson, 2000.
- Bloch L.* Principe de la relativité et la théorie d'Einstein. Paris: Gauthier-Villars et Fils, 1922.
- Bond W.C.* Report to the Director [4 December 1850] // Annals of the Astronomical Observatory of Harvard College. 1856. Vol. 1. P. cxi–cl.
- Boulanger J.A., Ferrié G.A.* La Télégraphie sans fil et les ondes électriques. Paris: Berger-Levrault et Fils, 1909.
- Bouquet de La Grye A., Pujazon C.* Différences de Longitudes entre San Fernando, Santa Cruz de Tenerife, Saint-Louis et Dakar // Annales du Bureau des Longitudes. 1897. Vol. 18.
- Breguet A.* L'unification de l'heure dans les grandes villes // Le Génie civil. Revue générale des industries Françaises et étrangères. 1880–1881. Vol. 1. P. 9–11.
- Broglié L.-V., de.* Discours du Prince de Broglié // Le livre du centenaire. Paris: Gauthier-Villars et Fils, 1955. P. 62–71.

- Broglie M., de.* Discours du Duc Maurice de Broglie. Henri Poincaré et la Philosophie // Le Livre du centenaire. Paris: Gauthier-Villars et Fils, 1955. P. 71–78.
- Bucholz A.* Moltke, Schlieffen, and Prussian War Planning. N.Y.; Oxford: Berg, 1991.
- Bucholz A.* Moltke and the German Wars, 1864–1871. N.Y.: Palgrave, 2001.
- Burnett D.G.* Masters of All They Surveyed. Chicago: The University of Chicago Press, 2000.
- Burpee L.J., Fleming S.* Empire Builder. Oxford: Oxford University Press, 1915.
- Cahan D.* An Institute for an Empire. The Physikalisch-Technische Reichsanstalt 1871–1918. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- Calinon A.* Étude critique sur la mécanique // Bulletin de la Société de Sciences de Nancy. 1885. Vol. 7. P. 76–180.
- Calinon A.* Étude sur les diverses grandeurs en mathématiques. Paris: Gauthier-Villars et Fils, 1897.
- Canales J.* Exit the Frog: Physiology and Experimental Psychology in Nineteenth-Century Astronomy // British Journal for the History of Science. 2001. Vol. 34. P. 173–197.
- Canales J.* Photogenic Venus. The “Cinematographic Turn” and its Alternatives in Nineteenth-Century France // Isis. 2002. Vol. 93. P. 585–613.
- Cassidy D.* Uncertainty. The Life and Science of Werner Heisenberg. N.Y.: Freeman, 2001.
- Cassidy D.* Understanding the History of Special Relativity // Science and Society: The History of Modern Physical Science in the Twentieth Century. Vol. 1: Making Special Relativity / P. Galison, M. Gordon, D. Kaiser (eds). N.Y.: Routledge, 2001. P. 229–247.
- Chaos and Order. Complex Dynamics in Literature and Science / K.N. Hayles (ed.). Chicago: The University of Chicago Press, 1991.
- Chapuis A.* Histoire de la Pendulerie Neuchâteloise (Horlogerie de Gros et de Moyen Volume) / avec la collaboration de L. Montandon, M. Fallet, A. Buhler; préface de P. Robert. Paris, Neuchâtel: Attinger Frères, 1920.
- Christie K.C.B.* Telegraphic Determinations of Longitude (Royal Observatory Greenwich). Made in the Years 1888 to 1902. Edinburgh: Neill & Co, 1906.
- Cohen I.B., Whitman A.* Isaac Newton. The Principia. California: University of California Press, 1999.
- Cohn E.* Zur Elektrodynamik bewegter Systeme // Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe der Akademie der Wissenschaften. 1904. Vol. 10. P. 1294–1303, 1404–1416.
- Cohn E.* Physikalisches über Raum und Zeit. Leipzig; Berlin: B.G. Teubner, 1913.
- Comptes rendus des séances de la Douzième conférence générale de l'association géodésique internationale. Réunion à Stuttgart du 3 au 12 Octobre 1898. Neuchâtel: Paul Attinger, 1899.
- Comptes rendus de l'Association Géodésique Internationale, 25 Septembre — 6 Octobre 1900 [4 October 1900]. Neuchâtel: Paul Attinger, 1901.
- Conceptions of Ether / G.N. Cantor, M.J.S. Hodge (eds). Cambridge: Cambridge University Press, 1981.
- Conférence générale des poids et mesures. Rapport sur la construction, les comparaisons et les autres opérations ayant servi à déterminer les équations des nouveaux prototypes métriques. Présenté par le Comité International des Poids et Mesures. Paris: Gauthier-Villars et Fils, 1889.

- Conférence Internationale de l'heure // Annales du Bureau des Longitudes. Vol. 9. P. D17.
- Conrad J.* The Secret Agent. A Simple Tale. Stuttgart: Tauchnitz, 1953.
- Cornu M.A.* La synchronisation électromagnétique (Conférence faite devant la Société internationale des Électriciens le 24 janvier 1894, Paris) // Bulletin de la Société internationale des Électriciens. 1894. Vol. 11. P. 157–220.
- Cornu M.A.* 1897. La Décimalisation de l'heure et de la circonférence // L'Eclairage Electrique. Vol. 11. P. 385–390.
- Creet M.* Sandford Fleming and Universal Time // Scientia Canadensis. 1990. Vol. 14. P. 66–90.
- Darboux G.* Éloge historique d'Henri Poincaré // Poincaré H. Oeuvres. Vol. 2. 1916. P. VII–LXXI.
- Darrigol O.* Electrodynamics from Ampère to Einstein. Oxford: Oxford University Press, 2000.
- Daston L.J.* The Physicalist Tradition in Early Nineteenth Century French Geometry // Studies in History and Philosophy of Science. 1986. Vol. 17. P. 269–295.
- Davis C.H., Norris J.A., Laird C.* Telegraphic Determination of Longitudes in Mexico and Central America and on the West Coast of South America. Washington: U.S. Government Printing Office, 1885.
- Débarbat S.* An Unusual Use of an Astronomical Instrument: The Dreyfus Affair and the Paris "Macro-Micromètre" // Journal for the History of Astronomy. 1996. Vol. 27. P. 45–52.
- Depelley M.J.* Les cables sous-marins et la défense de nos colonies. Paris: Léon Chailley, 1896.
- Diacu F., Homes P.* Celestial Encounters. The Origins of Chaos and Stability. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1996.
- Documents de la Conférence Télégraphique Internationale de Paris (May-June 1890). Bureau International des administrations Télégraphiques. Berne: Imprimerie Rieder & Simmer, 1891.
- Documents diplomatiques de la conférence du mètre. Paris: Imprimerie nationale, 1875.
- Dohrn-van Rossum G.* History of the Hour. Clocks and Modern Temporal Orders / transl. by T. Dunlap. Chicago: University of Chicago Press, 1996.
- Dowd C.F.* A Narrative of His Services in Originating and Promoting the System of Standard Time Which Has Been Used in the United States of America and in Canada since 1883 / C.N. Dowd (ed.). N.Y.: Knickerbocker Press, 1930.
- Einstein A.* [1895]. On the Investigation of the State of the Ether in a Magnetic Field // Einstein A. Collected Papers. Vol. 1. 1987. P. 6–9.
- Einstein A.* Elektrodynamik bewegter Körper // Annalen der Physik. 1905. Vol. 17. P. 891–921.
- Einstein A.* [1949]. Autobiographical Notes // Albert Einstein. Vol. 1 / P.A. Schilipp (ed.). La Salle, IL: Open Court, 1969; 1992.
- Einstein A.* Ideas and Opinions / C. Seelig (ed.). New translations and revisions by S. Bargmann. N.Y.: Bonanza Books, 1954.
- Einstein A.* Einstein on Peace / O. Nathan, H. Norden (eds). Preface by B. Russel. N.Y.: Avenel Books, 1960.
- Einstein A.* How I Created the Theory of Relativity // Physics Today. 1982. Vol. 35. P. 45–47. Retranslated by Ryoichi Itagaki for the Einstein. Collected Papers.

- Einstein A.* The Collected Papers of Albert Einstein / J. Stachel et al. (eds); transl. by A. Beck. Princeton: Princeton University Press, 1987.
- Einstein A.* Letters to Solovine / with an introduction by M. Solovine (1987). N.Y.: Carol Publishing Group, 1993.
- Einstein A., Besso M.* Correspondence 1903–1955 / traduction, notes et introduction de P. Speziali. Paris: Hermann, 1972.
- Ekeland I.* Mathematics and the Unexpected / with a foreword by F.E. Browder. Chicago: The University of Chicago Press, 1988.
- Faguet E., Painlevé P., Perrier E., Poincaré H.* Après l'École. Ce que disent les livres. Ce que disent les choses. Paris: Hachette, 1927.
- Favarger M.A.* L'électricité et ses applications à la chronométrie // Journal Suisse d'Horlogerie. Revue Horlogère Universelle. 1884. Vol. 6. P. 153–158.
- Favarger M.A.* Sur la distribution de l'heure civile // Comptes rendus des travaux, procès-verbaux, rapports et mémoires. Paris: Gauthier-Villars et Fils, 1902. P. 198–203.
- Favarger M.A.* Les horloges électriques // Histoire de la Pendulerie Neuchâteloise / A. Chapuis (ed.). Paris: Attinger, 1920. P. 399–420.
- Favarger M.A.* L'Électricité et ses applications à la chronométrie. Neuchâtel: Édition du journal suisse d'horlogerie et de bijouterie, 1924.
- Ferrié A.G.* Sur quelques nouvelles applications de la télégraphie sans fil // Journal de Physique. 1911. Vol. 5. P. 178–189.
- Fleming S.* Terrestrial Time. A Memoir. London: Edwin S. Boot, 1876. (Reprinted by the Canadian Institute for Historical Microreproductions, 1980.)
- Fleming S.* Longitude and Time-Reckoning // Papers on Time-Reckoning. From the Proceedings of the Canadian Institute, Toronto. 1879. Vol. 1. No. 4. P. 52–63.
- Fleming S.* General von Moltke on Time Reform // Documents Relating to the Fixing of a Standard of Time and the Legalization Thereof. Printed by Order of Canadian Parliament, Session 1891 (8). Ottawa: Brown Chamberlin, 1891. P. 25–27.
- Flückiger M.* Albert Einstein in Bern. Das Ringen um ein neues Weltbild. Eine dokumentarische Darstellung über den Aufstieg eines Genies. Bern: Paul Haupt, 1974.
- Fölsing A.* Albert Einstein. A Biography / transl. E. Osers, 1993. N.Y.: Penguin Books, 1997.
- French A.P.* Special Relativity. Cambridge, MA: MIT Press, 1968.
- Frenkel W.J., Yavelov B.E.* Einstein: Invention and Experiment (Russian). Moscow: Nauka, 1990. [Френкель В.Я., Явелов Б.Е. Эйнштейн: Изобретения и эксперимент. М.: Наука, 1990.]
- Furet F., Ozouf M.* Dictionnaire critique de la Révolution Française. Institutions et créations. Paris: Flammarion, 1992.
- Galison P.* Minkowski's Space-Time: From Visual Thinking to the Absolute World // Historical Studies in the Physical Sciences. 1979. Vol. 10. P. 85–121.
- Galison P.* How Experiments End. Chicago: The University of Chicago Press, 1987.
- Galison P.* Image and Logic. A Material Culture of Microphysics. Chicago: The University of Chicago Press, 1997.
- Giedymin J.* Science and Convention. Essays on Henri Poincaré's Philosophy of Science and the Conventionalist Tradition. Oxford: Pergamon Press, 1982.
- Gilain C.* La théorie qualitative de Poincaré et le problème de l'intégration des équations différentielles // La France Mathématique / H. Gispert (ed.). (Cahiers

- d'histoire et de philosophie de sciences 34.) Paris: Centre de documentation sciences humaines, 1991. P. 215–242.
- Gray J.* Poincaré, Topological Dynamics, and the Stability of the Solar System // The Investigation of Difficult Things / P.M. Harman, A.E. Shapiro (eds). Cambridge: Cambridge University Press, 1997. P. 503–524.
- Gray J.* Poincaré in the Archives — Two Examples // *Philosophia Scientiae*. 1997. Vol. 2. P. 27–39.
- Green F.M.* Report on the Telegraphic Determination of Differences of Longitude in the West Indies and Central America. Washington: U.S. Government Printing Office, 1877.
- Green F.M., Davis C.H., Norris J.A.* Telegraphic Determination of Longitudes of the East Coast of South America. Washington: U.S. Government Printing Office, 1880.
- Grünbaum A.* Carnap's Views on the Foundations of Geometry // The Philosophy of Rudolf Carnap / A.P. Schilpp (ed.). Cambridge University Press, 1963. P. 599–684.
- Grünbaum A.* Geometry and Chronometry. In *Philosophical Perspective*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1968.
- Guillaume C.E.* Travaux du Bureau International des Poids et Mesures // *La Nature*. 1890. Ser. 1. P. 19–22.
- Harman P.M., Shapiro A.E.* The Investigation of Difficult Things. Essays on Newton and the History of the Exact Sciences in Honour of D.T. Whiteside. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.
- Headrick D.R.* The Tentacles of Progress. Technology Transfer in the Age of Imperialism, 1850–1940. N.Y.; Oxford: Oxford University Press, 1988.
- Heilbron J.L.* The Dilemmas of an Upright Man. Max Planck and the Fortunes of German Science. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1996. (With a new Afterword, 2000.)
- Heinzmann G.* The Foundations of Geometry and the Concept of Motion: Helmholtz and Poincaré // *Science in Context*. 2001. Vol. 14. P. 457–470.
- Helle Zeit — Dunkle Zeit. Jugend-Freundschaft-Welt der Atome. In *Memoriam Albert Einstein / C. Seelig* (ed.). Zürich: Europa Verlag, 1956.
- Historical Account of the Astronomical Observatory of Harvard College, from October 1855 to October 1876 // *Annals of the Astronomical Observatory of Harvard*. 1877. Vol. 8. P. 10–65.
- Holton G.* Thematic Origins of Scientific Thought. Kepler to Einstein. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1973 (revised 1988).
- Howard M.* [1961]. The Franco-Prussian War. The German Invasion of France, 1870–1871. London; N.Y.: Routledge, 1979.
- Howeth L.S.* History of Communications-Electronics in the United States Navy / with an introduction by C.W. Nimitz. Washington: U.S. Government Printing Office, 1963.
- Howse D.* Greenwich Time and the Discovery of the Longitude. Oxford: Oxford University Press, 1980.
- Hughes T.* Einstein, Inventors, and Invention // *Science in Context*. 1993. Vol. 6. P. 25–42.
- Illy J.* Albert Einstein in Prague // *Isis*. 1979. Vol. 70. P. 76–84.
- Infeld L.* Albert Einstein. His Work and Its Influence on our World. N.Y.: Charles Scribner's Sons, revised edition, 1950.

- International Conference Held at Washington. For the Purpose of Fixing a Prime Meridian and a Universal Day. Washington: Gibson Bros., 1884.
- Janssen M.J.* Sur le congrès de Washington et sur les propositions qui y ont été adoptées touchant le premier Méridien, l'heure universelle et l'extension du système décimal à la mesure des angles et à celle du temps // *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. 1885. Vol. 100. P. 706–729.
- Jones Z., Boyd L.G.* The Harvard College Observatory: The First Four Directorships 1839–1919. Cambridge, MA: Belknap Press, 1971.
- Kahlert H.* Matthäus Hipp in Reutlingen. Entwicklungsjahre eines großen Erfinders (1813–1893). Sonderdruck aus: *Zeitschrift für Württembergische Landesgeschichte* 48. Hg. von der Kommission für geschichtliche Landeskunde in Baden-Württemberg und dem Württembergischen Geschichts- und Altertumsverein. Stuttgart: Kohlhammer, 1989.
- Kern S.* The Culture of Time and Space 1880–1918. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.
- Kropotkin P.* *Memoirs of a Revolutionist*. Boston; N.Y.: The Riverside Press, 1899.
- La Porte F.* Détermination de la longitude d'Haiphong (Tonkin) par le télégraphe [29 August 1887] // *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. 1887. Vol. 105. P. 404–406.
- Lallemand C.M.* L'unification internationale des heures et le système des fuseaux horaires. Paris: Bureaux de la revue scientifique, 1897.
- Lallemand C.M.* Projet d'organisation d'un service international de l'heure // *Annales du Bureau des Longitudes*. 1912. Vol. 9. P. D261–D268.
- Landes D.S.* *Revolution in Time. Clocks and the Making of the Modern World*. London; Cambridge, MA: Belknap Press (Harvard University Press), 1983.
- Laue M.* *Das Relativitätsprinzip*. Braunschweig: Friedrich Vieweg & Sohn, 1913.
- Le Livre du centenaire de la naissance de Henri Poincaré 1854–1954. Paris: Gauthier-Villars et Fils, 1955.
- Loewy M., Le Clerc F., Bernardières O., de.* Détermination des différences de longitude entre Paris — Berlin et entre Paris — Bonn // *Annales du Bureau des Longitudes*. 1882. Vol. 2.
- Lorentz H.A.* *Electromagnetic Phenomena in a System Moving with Any Velocity Smaller Than That of Light* // *Proceedings of the Royal Academy of Amsterdam*. 1904. Vol. 6. P. 809–832.
- Lorentz H.A.* Versuch einer Theorie der electrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern [1895] // *Lorentz H.A. Collected Papers*. Vol. 5. The Hague: Martinus Nijhoff, 1937. P. 1–139.
- Mach E.* [1893]. *The Science of Mechanics: A Critical and Historical Account of Its Development* / transl. T.J. McCormack; new introduction by K. Menger. La Salle: The Open Court Publishing Company, 1960.
- Merle U.* Tempo! Tempo! Die Industrialisierung der Zeit im 19. Jahrhundert // *Uhrzeiten. Die Geschichte der Uhr und ihres Gebrauches* / I.A. Jenzen (ed.). Marburg: Jonas Verlag, 1989.
- Messerli J.* Gleichmässig, pünktlich, schnell. Zeiteinteilung und Zeitgebrauch in der Schweiz im 19. Jahrhundert. Zürich: Chronos Verlag, 1995.
- Mestral A., de.* Mathius Hipp 1813–1893, Jean-Jacques Kohler 1860–1930, Eugene Faillaletaz 1873–1943, Jean Landry 1875–1940 (*Pionniers suisses de l'économie et de la technique* 5). Zürich: Boillat, 1960.

- Mill J.S.* A System of Logic. Ratiocinative and Inductive. Being a Connected View of the Principles of Evidence and the Methods of Scientific Investigation. London: Spottiswoode, Ballantyne & Co, 1965.
- Miller A.I.* Albert Einstein's Special Theory of Relativity. Emergence (1905) and Early Interpretation (1905–1911). London: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1981.
- Miller A.I.* The Special Relativity Theory: Einstein's Response to the Physics of 1905 // Albert Einstein. Historical and Cultural Perspectives. The Centennial Symposium in Jerusalem / G. Holton, Y. Elkana (eds). Princeton, NJ: Princeton University Press, 1982. P. 3–26.
- Miller A.I.* Frontiers of Physics: 1900–1911. Selected Essays (With an Original Prologue and Postscript). Basel: Birkhäuser, 1986.
- Miller A.I.* Einstein, Picasso. Space, Time, and the Beauty That Causes Havoc. N.Y.: Basic Books, 2001.
- Moltke H.G., von.* Dritte Berathung des Reichshaushaltsetats: Reichseisenbahnamt, Einheitszeit // Moltke H.G. von. Gesammelte Schriften und Denkwürdigkeiten des General-Feldmarschalls Grafen Helmuth von Moltke. Vol. VII: Reden. Berlin: Ernst Siegfried Mittler und Sohn, 1892. P. 38–43.
- Moltke H.G., von.* Gesammelte Schriften und Denkwürdigkeiten des General-Feldmarschalls Grafen Helmuth von Moltke: 8 Vols. Berlin: Ernst Siegfried Mittler und Sohn, 1891–1893.
- Myers G.* From Discovery to Invention: The Writing and Rewriting of Two Patents // Social Studies of Science. 1995. Vol. 25. P. 57–105.
- Newton I.* Newton's Philosophy of Nature. Selections from His Writings. N.Y.: Hafner, 1952.
- Nordling M.W., de.* L'unification des heures // Revue générale des chemins de fer. 1888. P. 193–211.
- Le Nouvel étalon du mètre // Le Magasin Pittoresque. 1876. P. 318–322.
- Nye M.J.* The Boutroux Circle and Poincaré's Conventionalism // Journal of the History of Ideas. 1979. Vol. 40. P. 107–120.
- Olesko K.* Physics as a Calling: Discipline and Practice in the Königsberg Seminar for Physics. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1991.
- Ozouf M.* Calendrier // Dictionnaire critique / F. Furet, M. Ozouf (eds). Paris: Flammarion, 1992. P. 91–105.
- Pais A.* "Subtle is the Lord..." The Science and the Life of Albert Einstein. Oxford: Oxford University Press, 1982.
- Paty M.* Einstein Philosophe. Paris: Presses Universitaires de France, 1993.
- Pearson K.* [1892]. The Grammar of Science / with an introduction by A. Pyle. Bristol: Thoemmes Antiquarian Books, reprinted 1991.
- Pestre D.* Physique et physiciens en France 1918–1940. Paris: Gordon and Breach Science Publishers S.A., 1992.
- Pickering E.* Annual Report of the Director of Harvard College Observatory. Cambridge: John Wilson & Son, 1877.
- Picon A.* La Formation polytechnicienne 1794–1994. Paris: Dunod, 1994.
- Planck M.* Eight Lectures on Theoretical Physics / transl. A.P. Wills. Mineola, NY: Dover Publications, 1998.
- Poincaré H.* Mémoire sur les courbes définies par une équation différentielle (première partie) // Journal de Mathématiques pures et appliquées. 1881. Ser. 3, 7. P. 375–422.

- Poincaré H.* [1885]. Sur les courbes définies par les équations différentielles // Poincaré H. Oeuvres. Vol. 1. 1928. P. 9–161.
- Poincaré H.* [1887]. Sur les hypothèses fondamentales de la géometrie // Poincaré H. Oeuvres. Vol. 11. 1956. P. 79–91.
- Poincaré H.* [1890]. Sur le problème des trois corps // Poincaré H. Oeuvres. Vol. 7. 1952. P. 262–490.
- Poincaré H.* Les oscillations électriques. Leçons professées pendant le premier trimestre 1892–1893. Paris: Georges Carré, 1894.
- Poincaré H.* [1897]. La décimalisation de l'heure et de la circonférence // Poincaré H. Oeuvres. Vol. 8. 1952. P. 676–679.
- Poincaré H.* Rapport sur les résolutions de la commission chargée de l'étude des projets de décimalisation du temps et de la circonférence // Commission de décimalisation du temps et de la circonférence. 1897. P. 1–12.
- Poincaré H.* [1898]. La logique et l'intuition dans la science mathématique et dans l'enseignement // Poincaré H. Oeuvres. Vol. 11. 1956. P. 129–133.
- Poincaré H.* Rapport sur le projet de revision de l'arc meridien de Quito [25 July 1900] // Comptes rendus de l'Académie des Sciences. 1900. Vol. CXXXI. P. 215–236. Дальнейшие отчеты по экспедиции в Кито (представленные Пуанкаре) появлялись в этом журнале с периодичностью раз в год до 1907 г. включительно.
- Poincaré H.* [1900]. La Dynamique de l'électron // Poincaré H. Oeuvres. Vol. 9. 1954. P. 551–586.
- Poincaré H.* [1900]. La théorie de Lorentz et le principe de réaction // Poincaré H. Oeuvres. Vol. 9. 1954. P. 464–493.
- Poincaré H.* [1901]. Électricité et optique. La lumière et les théories électrodynamiques. Paris: Jacques Gabay, reprinted 1990.
- Poincaré H.* 1902. Notice sur la télégraphie sans fil // Poincaré H. Oeuvres. Vol. 10. 1954. P. 604–622.
- Poincaré H.* [1902]. Science and Hypothesis / with a preface by J. Larmor. N.Y.: Dover Publications, 1952.
- Poincaré H.* Le Banquet du 11 Mai // Bulletin de l'Association. Paris: L'Université de Paris, 1903. P. 57–64.
- Poincaré H.* [1904]. Etude de la propagation du courant en période variable sur une ligne munie de récepteur // Poincaré H. Oeuvres. Vol. 10. 1954. P. 445–486.
- Poincaré H.* The Present State and Future of Mathematical Physics (изнач. L'État actuel et l'avenir de la physique mathématique) // Bulletin des Sciences Mathématiques. 1904. Vol. 28. P. 302–324. (Частично воспроизводится в: *Poincaré H.* Valeur de la Science. Paris: Flammarion, 1905. P. 123–147.)
- Poincaré H.* Wissenschaft und Hypothese / Deutsche Ausgabe mit erläuternden Anmerkungen von F. und L. Lindemann. Stuttgart: B.G. Teubner, 1904.
- Poincaré H.* La science et l'hypothèse. Paris: Flammarion, 1905.
- Poincaré H.* [1909]. La mécanique nouvelle // La Mécanique nouvelle. Paris: Jaques Gabay, 1989. P. 1–17.
- Poincaré H.* Cornu // Poincaré H. Savants et Écrivains. 1910. P. 103–124.
- Poincaré H.* La mécanique nouvelle // Sechs Vorträge über ausgewählte Gegenstände aus der reinen Mathematik und mathematischen Physik. Leipzig; Berlin: B.G. Teubner, 1910. P. 51–58.
- Poincaré H.* Les Polytechniciens // Poincaré H. Savants et Écrivains, 1910. P. 265–279.

- Poincaré H.* Savants et Écrivains. Paris: Flammarion, 1910.
- Poincaré H.* General Conclusions // La théorie du rayonnement et les quanta. Rapports et discussions de la réunion tenue à Bruxelles, du 30 octobre au 3 novembre 1911 / P. Langevin, M. de Broglie (eds). Paris: Gauthier-Villars, 1912. P. 451–454.
- Poincaré H.* Mathematical Creation // Poincaré H. The Foundations of Science, 1913. P. 383–394.
- Poincaré H.* The Measure of Time // Poincaré H. The Foundations of Science, 1913. P. 223–234.
- Poincaré H.* [1913]. The Moral Alliance // Poincaré H. Mathematics and Science: Last Essays / transl. J.W. Bolduc. N.Y.: Dover Publications, 1963.
- Poincaré H.* Oeuvres. Vol. 1 (1928) — Vol. 11 (1956). Paris: Gauthier-Villars.
- Poincaré H.* Rapport sur la proposition d'unification des jours astronomique et civil // Poincaré H. Oeuvres. Vol. 8. 1952. P. 642–647.
- Poincaré H.* Les Limites de la loi de Newton // Bulletin Astronomique. 1953–1954. Vol. 17. P. 121–178, 181–269.
- Poincaré H.* [1913]. Space and Time // Poincaré H. Mathematics and Science: Last Essays (Dernières pensées) / transl. J.W. Bolduc. N.Y.: Dover Publications, 1963. P. 15–24.
- Poincaré H.* La mesure du temps // Poincaré H. La valeur de la science / preface de J. Vuillemin. Paris: Flammarion, 1970.
- Poincaré H.* The Foundations of Science [1913] / authorized transl. G.B. Halsted (with a special preface by Poincaré and an introduction by J. Royce). Washington: University Press of America, Inc., 1982.
- Poincaré H.* New Methods of Celestial Mechanics (History of Modern Physics and Astronomy 13) / D.L. Goroff (ed.). Boston: American Institute of Physics, 1993.
- Poincaré H.* Trois suppléments sur la découverte des fonctions fuchsienues. Three Supplementary Essays on the Discovery of Fuchsian Functions. Une édition critique des manuscrits avec une introduction. A Critical Edition of the Original Manuscripts with an Introductory Essay / J.J. Gray, S.A. Walter (eds). Berlin; Paris: Akademie-Verlag Berlin/Albert Blachard, 1997.
- Poincaré H.* La Correspondance entre Henri Poincaré et Gösta Mittag-Leffler. Avec en annexes les lettres échangées par Poincaré avec Fredholm, Gylden et Phragmén / présentée et annotée par Philippe Nabonnand. Basel: Birkhäuser Verlag, 1999.
- Poincaré H., Darboux J., Appell P.* Affaire Dreyfus. La Revision du Procès de Rennes. Enquête de la Chambre Criminelle de la Cour de Cassation, Vol. 3. Paris: Ligue Française pour la défense des droits de l'homme et du citoyen, 1908. P. 499–600.
- Prescott G.B.* [1866]. History, Theory, and Practice of the Electric Telegraph. Cambridge: Cambridge University Press, reprinted 1972.
- Proceedings of the General Time Convention. Chicago, October 11, 1883. N.Y.: National Railway Publication Company, 1883.
- Proceedings of the Southern Railway Time Convention. New York, October 17, 1883.
- Pyenson L.* The Young Einstein. The Advent of Relativity. Bristol; Boston: Adam Hilger, 1985.
- Quine W.V.O.* Dear Carnap, Dear Van: The Quine-Carnap Correspondence and Related Work / R. Creath (ed.). Berkeley: University of California Press, 1990.

- Rayet G., Lieutenant Salats.* Détermination de la longitude de l'observatoire de Bordeaux // *Annales du Bureau des Longitudes.* 1890. Vol. 4.
- Renn J.* Einstein's Controversy with Drude and the Origin of Statistical Mechanics: A New Glimpse from the "Love Letters" // *Archive for History of Exact Sciences.* 1997. Vol. 51. P. 315–354.
- Report to the Board of Visitors. Nov. 4, 1864 // *Astronomical Observations Made at the Royal Observatory in Edinburgh.* 1871. Vol. 13. P. R12–R20.
- Report of the Committee on Standard Time [May 1882 — Dec. 1882] // *Proceedings of the American Metrological Society.* 1883. Vol. 3. P. 27–30.
- Report of the Committee on Standard Time, May 1879 [Dec. 1878 — Dec. 1879] // *Proceedings of the American Metrological Society.* 1882. Vol. 2. P. 17–44.
- Report of the Director to the Visiting Committee of the Observatory of Harvard University // *Annals of Astronomical Observatory of Harvard College.* Vol. 1.
- Report of the Superintendent of the Coast Survey, Showing the Progress of the Survey During the Year 1860 (resp. 1861, 63, 64, 65, 67, 70, 74). Washington: U.S. Government Printing Office, 1861 (resp. 1862, 64, 66, 67, 69, 73, 77).
- Rothé E.* Les applications de la Télégraphie sans fil: Traité pratique pour la réception des signaux horaires. Paris: Berger-Levrault, 1913.
- Roussel J.* Le premier livre de l'amateur de T.S.F. Paris: Vuibert, 1922.
- Roy M., Dugas R.* Henri Poincaré, Ingénieur des Mines // *Annales des Mines.* 1954. Vol. 193. P. 8–23.
- Rynasiewicz R.* By Their Properties, Causes and Effects: Newton's Scholium on Time, Space, Place and Motion. Part I: The Text; Part II: The Context // *Studies in History and Philosophy of Science.* 1995. Vol. 26. P. 133–153, 295–321.
- Sarrauton H., de.* L'heure décimale et la division de la circonférence. Paris: E. Bernard, 1897.
- Schaffer S.* Late Victorian Metrology and Its Instrumentation: A Manufactory of Ohms // *Invisible Connections. Instruments, Institutions, and Science* / R. Bud, S.E. Cozzens (eds). Washington: Spie Optical Engineering Press, 1992. P. 23–56.
- Schaffer S.* Metrology, Metrication and Victorian Values // *Victorian Science in Context* / B. Lightman (ed.). Chicago: The University of Chicago Press, 1997. P. 438–474.
- Schanze O.* Das schweizerische Patentrecht und die zwischen dem Deutschen Reiche und der Schweiz geltenden patentrechtlichen Sonderbestimmungen. Leipzig: Harry Buschmann, 1903.
- Schiavon M.* n.d. Savants officiers du Dépôt général de la Guerre (puis Service Géographique de l'Armée). Deux missions scientifiques de mesure d'arc de méridien de Quito (1901–1906) // *Revue Scientifique et Technique de la Défense.*
- Schilpp A.P.* Albert Einstein: Philosopher-Scientist: 2 vols. La Salle: Open Court, 1970.
- Schlick M.* Meaning and Verification // *Schlick M. Problems of Philosophy* (Vienna Circle Collection 18). Ch. 14. 1987. P. 127–133.
- Schlick M.* The Problems of Philosophy in Their Interconnection. Winter Semester Lectures, 1933–1934 / H.L. Mulder, A.J. Kox, R. Hegselmann (eds). Boston: D. Reidel Publishing Company, 1987.
- Schmidgen H.* n.d. Time and Noise: On the Stable Surroundings of Reaction Experiments (1860–1890).

- Septième conférence géodésique internationale. Rome: Imprimerie Royale D. Ripamonti, 1883.
- Shaw R.B.* A History of Railroad Accidents. Safety, Precautions, and Operating Practices. Binghamton, NY: Vail-Ballou Press, 1978.
- Sherman S.* Telling Time. Clocks, Diaries, and English Diurnal Form, 1660–1785. London; Chicago: The University of Chicago Press, 1996.
- Shinn T.* Savoir scientifique et pouvoir social. L'École Polytechnique. Préface de François Furet. Paris: Presses de la Fondation Nationale des Sciences Politiques, 1980.
- Shinn T.* Progress and Paradoxes in French Science and Technology 1900–1930 // Social Science Information. 1989. Vol. 28. P. 659–683.
- Science and Society: The History of Modern Physical Science in the Twentieth Century. Vol. 1: Making Special Relativity / P. Galison, M. Gordin, D. Kaiser (eds). N.Y.: Routledge, 2001.
- Smith C., Wise M.N.* Energy and Empire: A Biographical Study of Lord Kelvin. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- Sobel D.* Longitude. The True Story of a Lone Genius Who Solved the Greatest Scientific Problem of His Time. N.Y.: Walker and Company, 1995.
- Staley R.* Travelling Light // Instruments, Travel and Science / M.-N. Bourguet, C. Licoppe, H.O. Sibum (eds). N.Y.: Routledge, 2002.
- Stephens C.E.* Partners in Time: William Bond & Son of Boston and the Harvard College Observatory // Harvard Library Bulletin. 1987. Vol. 35. P. 351–384.
- Stephens C.E.* 'The Most Reliable Time': William Bond, the New England Railroads, and Time Awareness in the 19th-Century America // Technology and Culture. 1989. Vol. 30. P. 1–24.
- Taylor E., Wheeler J.* Spacetime Physics. N.Y.: W.H. Freeman, 1966.
- The Philosophy of Rudolf Carnap. (The Library of Living Philosophers, Vol. XI.) / A.P. Schilpp (ed.). London: Cambridge University Press, 1963.
- The Symbolic Universe / J. Gray (ed.). Oxford: Oxford University Press, 1999.
- The Quotable Einstein / A. Calaprice (ed.); with a foreword by F. Dyson. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1996.
- The Values of Precision / N.M. Wise (ed.). Princeton, NJ: Princeton University Press, 1995.
- Urner K.* Vom Polytechnikum zur Eidgenössischen Technischen Hochschule: Die ersten hundert Jahre 1855–1955 im Ueberblick // Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. Festschrift zum 125 jährigen Bestehen (1955–1980). Zürich: Verlag Neue Zürcher Zeitung, 1980. P. 17–59.
- Walter S.* The non-Euclidean Style of Minkowskian Relativity // The Symbolic Universe / J. Gray (ed.). Oxford: Oxford University Press, 1999.
- Warwick A.* On the Role of the FitzGerald-Lorentz Contraction Hypothesis in the Development of Joseph Larmor's Electronic Theory of Matter // Archive for History of Exact Sciences. 1991/1992. Vol. 43. P. 29–91.
- Warwick A.* Cambridge Mathematics and Cavendish Physics: Cunningham, Campbell and Einstein's Relativity 1905–1911. Part I: The Uses of Theory // Studies in History and Philosophy of Science. 1992/1993. Vol. 23. P. 625–656.
- Warwick A.* Cambridge Mathematics and Cavendish Physics: Cunningham, Campbell and Einstein's Relativity 1905–1911. Part II: Comparing Traditions in Cambridge Physics // Studies in History and Philosophy of Science. 1993. Vol. 24. P. 1–25.

- Weber R., Favre L.* Matthäus Hipp, 1813–1893 // Bulletin de la société des sciences naturelles de Neuchâtel. 1897. Vol. 24. P. 1–30.
- Welch K.F.* Time Measurement. An Introductory History. Baskerville: Redwood Press Limited Trowbridge Wiltshire, 1972.
- Whittaker E.* [1953]. A History of the Theories of Aether and Electricity. Vol. II: The Modern Theories 1900–1926. N.Y.: Harper & Brothers, reprinted 1987.
- Wise N.M.* Mediating Machines // Science in Context. 1988. Vol. 2. P. 77–113.
- Wise N.M., Brock D.C.* The Culture of Quantum Chaos // Studies in the History and Philosophy of Modern Physics. 1998. Vol. 29. P. 369–389.

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