

Общие проблемы истории науки и техники

ПИТЕР ГАЛИСОН

ЗОНА ОБМЕНА: КООРДИНАЦИЯ УБЕЖДЕНИЙ И ДЕЙСТВИЙ *

Предисловие переводчика

Профессор Гарвардского университета Питер Галисон является одним из ведущих историков физики в США. Владелец двух докторских степеней — по истории науки и по физике, он умело сочетает в своих работах рассмотрение технических аспектов работы физика — экспериментов, инструментов, моделей — с тонким философским анализом физических теорий и социокультурным анализом физического сообщества. Его первая книга, «Чем кончаются эксперименты» («How Experiments End», 1987), была посвящена вопросу о том, когда именно ученые перестают искать ошибки в экспериментальных данных и приходят к соглашению, что эксперимент «удался». Вторая книга, «Образ и логика: материальная культура физики микромира» («Image and Logic: A Material Culture of Microphysics», 1997), была посвящена сравнению двух различных подходов в физике элементарных частиц: изучения образов (к примеру, траекторий частиц) и сбора статистики (например, щелчков в счетчике Гейгера). Эти подходы не только опирались на различные технологии эксперимента, но и выражали совершенно разные взгляды на мир. В настоящее время Галисон работает над завершающим томом своей трилогии об эксперименте, инструментари и теории физики — книгой под названием «Машины теории» («Theory Machines»). Стремясь расширить границы социокультурного контекста историко-научных исследований, он организовал ряд конференций на стыке истории науки и различных гуманитарных дисциплин и выступил соредактором нескольких сборников трудов этих конференций: «Архитектура науки» («The Architecture of Science», 1999), «Изображая науку, творим искусство» («Picturing Science, Producing Art», 1998), «Большая наука» («Big Science», 1992), «Разобщенность науки» («The Disunity of Science», 1996), «Атмосферные полеты в двадцатом столетии» («Atmospheric Flight in the 20th Century», 2000) и «Научное авторство» («Scientific Authorship», 2003).

Концепция «зоны обмена» является, пожалуй, наиболее известной теоретической разработкой Галисона, впервые широко введенной в научный оборот в его книге «Образ и логика». С тех пор понятие «зоны обмена» приобрело большую популярность среди историков науки. Более поздняя версия данной концепции, публикуемая ниже, дает представление об эволюции его идей в контексте проблематики философии науки. С помощью понятия «зоны обмена» Галисон стремится объяснить, как новое знание возникает «на стыке» обособленных культур как внутри, так и вне науки. В

* Английский вариант данной статьи опубликован в сборнике «The Science Studies Reader» / Ed. by Mario Biagioli. New York: Routledge, 1999. P. 137–160.

своей последней книге, «Часы Эйнштейна и карты Пуанкаре: империи времени» («*Einstein's Clocks, Poincaré's Maps: Empires of Time*», 2003), он показывает, что, казалось бы, разобщенные события из мира физики, философии и техники на рубеже XIX–XX вв. на самом деле оказываются связанными друг с другом общей проблемой — синхронизацией часов. Концепция «зоны обмена» позволяет описать взаимодействие ученых, философов и инженеров как самостоятельных групп, говорящих на собственном языке и преследующих собственные цели, но тем не менее черпающих друг у друга идеи и понятия. Публикация данной статьи, в свою очередь, может послужить вкладом в «зону интеллектуального обмена» между американскими и российскими историками науки.

В. А. Герович

ЧАСТЬ 1: МНОГОСЛОЙНАЯ МОДЕЛЬ НАУКИ

Введение: Культурное многообразие физики

Мой тезис таков: в науке царствует разобщенность, и именно эта разобщенность, вопреки нашей интуиции, является залогом мощи и стабильности науки. Этот тезис прямо противоречит принципиальным убеждениям сторонников двух хорошо известных философских направлений — логических позитивистов 1920–1930-х гг., считавших, что единство науки является основой ее внутренней согласованности и стабильности, и антипозитивистов 1950–1960-х гг., утверждавших, что разобщенность ведет к нестабильности. В своей книге «Образ и логика» я сделал попытку показать, что представление о физике как о единой культуре, вращающейся вокруг теории, является чрезвычайно узким. Формы деятельности, способы демонстрации, онтологические предпочтения — все это сильно варьируется в физике XX в. от одной традиции к другой. В данной статье, обращаясь к работам по истории и философии науки, я показываю, что различные сообщества физиков даже в рамках отдельных специальностей нельзя считать однородными. Я хотел бы предложить такую картину физики, которая не была бы целиком однородной, но в то же время не распадалась на отдельные фрагменты. Такую картину культурного многообразия физики, где различные традиции координируют друг с другом, не сливаясь при этом, я предлагаю назвать «многослойной». Различные традиции — теоретизирование, эксперимент, изготовление инструментов и инженерная деятельность — зачастую пересекаются и даже преобразуют друг друга, но при этом не теряют своей самостоятельности.

Суть позиции логических позитивистов такова: проект создания единой науки требует разработки некоего «базисного» языка наблюдений, который будет лежать в основе любой теории. Антипозитивисты подорвали (по-моему, окончательно) веру в возможность провести резкую границу между экспериментом и теорией и сделали вывод (по-моему, правильный), что такой «протокольный язык» попросту невозможен. Их рассуждения, однако, пошли гораздо дальше и привели к такой картине науки, где теория и эксперимент оказались не просто неразрывно связаны, но вообще утратили всякую само-

стоятельность, так что уже нельзя было и помыслить о сдвигах в одной сфере без обязательных изменений в другой. Помимо этих двух позиций, имеется еще одна логическая/историографическая/философская альтернатива. Допустим, что не существует единого языка наблюдений, подходящего при любых изменениях теории. При этом предположим, что при изменении теории (или эксперимента, или инструментария) в других сферах не обязательно происходит разрыв; некоторые традиции при этом сохраняются в прежнем виде. Задача данной статьи — исследовать возможности такой «многослойной» истории науки как с историографической, так и с философской точки зрения.

Изначально я предполагал (как будет описано в первой части статьи), что такое «слоистое» описание научного сообщества как целого, состоящего из нескольких субкультур, выполнит двоякую функцию: подчеркнет многообразие видов деятельности физического научного сообщества и объяснит те случаи, когда непрерывное развитие на одном уровне приводит к скачкам на другом. Тот факт, что физики наблюдают определенную преемственность в развитии их дисциплины даже при наличии концептуальных скачков, с данной точки зрения можно будет объяснить тем, что локальные традиции в областях деятельности, не сводящихся целиком к концептуальным построениям, остаются непрерывными.

Однако чем больше я детализировал эту «слоистую» картину перемежающихся видов деятельности (см. вторую часть статьи), тем более она «расслаивалась». Физики, специализирующиеся в теории, эксперименте или инструментарии, легко делятся на группы по классическим социологическим критериям (раздельные конференции, независимые сети обмена публикациями, различные журналы), которые Томас Кун и многие после него продуктивно использовали для вычленения научных сообществ. Более того, теоретики и экспериментаторы зачастую имеют совершенно разные представления о том, какие существуют физические объекты, как их классифицировать и как доказывать их существование, — именно этот показатель Кун использовал как критерий несопоставимости различных систем убеждений. Общая картина физики, поделенной на сообщества с несопоставимыми убеждениями, расслаивается, как старая фанера. Если отдельные сообщества реально так далеки друг от друга, если они употребляют слова «масса» и «энергия» в совершенно разных смыслах, то непрерывное развитие на одном уровне едва ли может привести к скачкам на другом.

Данные соображения настолько усложнили проблему, что казалось, будто любые две культуры (группы с разными знаковыми системами и процедурами знаковой деятельности) всегда будут проходить друг мимо друга безо всякой надежды на сколько-нибудь значительное взаимодействие. Здесь, однако, мы можем прибегнуть к помощи антропологов, которые регулярно сталкиваются с ситуацией, когда различные культуры находят способы общения, в частности через торговлю. Две группы находят способ договориться о правилах обмена, хотя зачастую они придают совершенно разное значение предметам этого обмена, и даже сам процесс обмена имеет для них различный смысл. Несмотря на колоссальные *глобальные* расхождения, торговые партнеры мо-

гут договориться о *локальной* координации своих действий. Более того, взаимодействующие культуры зачастую вырабатывают специальные языки контакта, особые дискурсивные системы — от узкоспециальных жаргонов и полуспециальных языков, или пиджинов (pidgins), до настоящих креольских языков (creoles), которые достаточно развиты для использования в таких сложных видах деятельности, как поэзия и металингвистическая рефлексия. По моему мнению, антропологический подход в данном случае вполне уместен, ибо только фокусируя внимание на локальной координации, а не на глобальных различиях, можно понять, как взаимодействуют теоретики, экспериментаторы и инженеры. В заключительной части статьи я анализирую связь между процессом производства знания, местом его производства и процессом обмена знанием. Я говорю о лаборатории не просто как о месте получения экспериментальных данных и выработки стратегий, а как об особом пространстве — как знаковом, так и материальном, — где возникает локальная координация убеждений и действий. Именно это пространство я называю «зоной обмена».

Логический позитивизм: Сведение к опыту

Работавшие в начале XX в. логические позитивисты стремились к тому, чтобы построить обоснование знания на солидном фундаменте опыта. Название главного труда Рудольфа Карнапа «*Der logische Aufbau der Welt*» обычно переводится как «Логическая структура мира», но правильнее было бы перевести его как «Логическое конструирование мира». Ибо это действительно конструирование, когда из элементарных кирпичиков индивидуального опыта постепенно складывается физика, затем психология личности и, наконец, все общественные и естественные науки. Чтобы обосновать прочность фундамента этой конструкции, Карнап и Отто Нойрат стремились доказать, что некие «протокольные утверждения» и логические манипуляции с ними образуют подобие языка, который гарантирует истинность сложных заключений, выведенных из них. Позднее Карнап вспоминал:

Мы предположили, что существует некий фундамент знания, а именно знание непосредственно данного, которое не подлежит сомнению. Любое другое знание должно поддерживаться этим основанием и, следовательно, его истинность тоже будет совершенно определенной. Такова была картина, обрисованная мной в «*Logische Aufbau*»¹.

Карнап имел представление о знании как о здании, возводимом снизу вверх — от прочного фундамента наблюдений к этажам физической теории и далее к психологии личности, коллективной психологии и теории культуры.

Рисунок 1 иллюстрирует то, что я называю «центральной метафорой» позитивистов.

Историки начинают любое исследование с некоторой — явной или неявной — периодизации, т.е. с методологической предпосылки о том, какие раз-

¹ *Karnap R. Intellectual Autobiography // The Philosophy of Carnap / Ed. by P.A. Schlipp. Vol. II. La Salle, Ill.: Open Court, 1963. P. 57.*

ТЕОРИЯ ₁	ТЕОРИЯ ₂	ТЕОРИЯ ₃	ТЕОРИЯ ₄
НАБЛЮДЕНИЯ			

Рис. 1. Позитивистская периодизация

рывы в процессе непрерывного развития могут происходить в исследуемой области. Избрав данные опыта в качестве объединяющей основы всех наук, позитивисты тем самым приняли предпосылку о существовании непрерывного, кумулятивного языка наблюдений. По Карнапу, теории таким свойством не обладают. Они живут лишь до тех пор, пока могут кое-как объяснять результаты опыта. Теории приходят и уходят, а протокольные утверждения остаются.

Наряду с философами и учеными историки науки тоже принимали активное участие в позитивистском движении. Совсем не случайно книги из знаменитой гарвардской серии «Исследования эпизодов из истории экспериментальных наук» были посвящены именно *экспериментальным* триумфам: открытие Робертом Бойлем закона расширения газов, исследования Пастера по ферментации, работы Лавуазье по опровержению идеи флогистона². Как самим позитивистам, так и их коллегам-историкам казалось совершенно естественным, что когда лабораторные исследователи маршируют вперед, теории трещат по швам. Если уравнение $PV=nRT$ хорошо описывает опыт, то у него есть право на существование; если понятие кислорода лучше объясняет экспериментальные факты, чем понятие флогистона, то пора выбрасывать флогистон за борт. Объединение наук происходило на уровне наблюдения/эксперимента (особого различия между ними не делалось); стабильность всего научного предприятия покоилась на убеждении, что этот объединенный «физикалистский» язык позволит протянуть непрерывную, «поступательную» нить повествования через всю историю науки.

Антипозитивизм: Сведение к теории

Пятидесятые и шестидесятые годы стали свидетелями острой реакции на позитивизм как в истории, так и в философии науки. Куайн резко отверг мнение Карнапа и Нойрата о неизменности «протокольных утверждений», подчеркивая, что абсолютно все, даже самые общие свойства математики и физики, подвержено ревизии. Лишь высокая теория может заслуживать каких-то привилегий. Другие пошли в своих выводах еще дальше. Главное, на чем настаивали антипозитивисты, был тезис о том, что карнаповский «протокольный язык» был в принципе невозможен; этот тезис иногда называют принципом «заражения теорией» или «теоретической нагруженности».

² Harvard Case Histories in Experimental Science: 8 vols. / Ed. by J.B. Conant and L.K. Nash. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1950–1954.

Следуя по стопам философов, хотя и не очень желая в этом признаваться, историки биологии, химии и физики находили один за другим примеры того, как первой менялась теория, а затем к ней приспосабливались эксперименты.

Некоторые ведущие антипозитивисты, например Томас Кун и Рассел Хэнсон, были очарованы гештальт-психологией начала XX в. не меньше, чем позитивисты, но использовали ее совершенно иначе. Они утверждали, что изменения теории являются столь же резкими и всеобъемлющими, как переключения гештальта³. Подобно утке, превращающейся в кролика, научные эксперименты, показывающие отсутствие флогистона, оборачиваются экспериментами, демонстрирующими присутствие кислорода. Изменения теории оборачиваются переменами по всему фронту, вплоть до опыта, не оставляя незатронутым ни один элемент. Пол Фейерабенд совершенно недвусмысленно выразил свою антипатию к центральной метафоре позитивистов:

Мой тезис можно интерпретировать как философское утверждение о том, каким образом теория влияет на наши наблюдения. Его суть такова: наблюдения ... не просто *нагружены* теорией... но являются *насквозь теоретическими* (сообщения о наблюдениях не имеют никакого «ядра»). Данный тезис, однако, можно интерпретировать и как историческое утверждение о том, как ученые используют теоретические термины. В таком случае суть этого тезиса в том, что ученые зачастую используют теории для пересмотра не только абстрактных понятий, но и явлений, и что абсолютно любое явление может стать предметом подобного пересмотра⁴.

Хотя Фейерабенд и допускал, что в некоторых случаях конкурирующие теории могут опираться на одни и те же факты, в общем случае все выглядело иначе: «Экспериментальные свидетельства состоят не из чистых и незамутненных фактов, а из фактов проанализированных, промоделированных и изготовленных согласно некоторой теории»⁵. Иногда теория формирует отношение научного сообщества к погрешностям эксперимента, иногда она дает критерии отбора данных, но чаще всего теорию используют для представления данных.

Позитивистская центральная метафора была поставлена с ног на голову: теперь теория добилась приоритета над экспериментом и наблюдением, а явления радикально изменяются при переходе от одной теории к другой. При изменении теории глубокий разрыв проходит по всей физике, включая эксперимент и наблюдения. Никто не может перепрыгнуть через подобные разломы в тектонических плитах науки. Старая центральная метафора сменилась новой.

³ Kuhn T. S. The Structure of Scientific Revolutions. 2nd ed. Chicago: University Press, 1970. Ch. 10; Hanson N. R. Patterns of Discovery: An Inquiry into the Conceptual Foundations of Science. Cambridge, UK: University Press, 1958. Ch. 1–4.

⁴ Feysabend P. Realism, Rationalism and Scientific Method: Philosophical Papers. Vol. 1. Cambridge, UK: University Press, 1981. P. x.

⁵ Там же. С. 61.

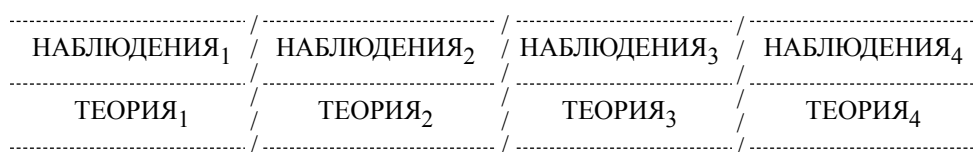


Рис. 2. Антипозитивистская периодизация

Антипозитивистская центральная метафора оказалась необыкновенно плодотворной. Она подтолкнула философские дискуссии о значении и референции и способствовала новому историческому осмыслению практической деятельности ученых. Науку более нельзя было поместить в воображаемый мир, где наблюдения были чисто кумулятивными, а теория была изолирована от философских предпочтений и сводилась к логическим цепочкам протокольных утверждений.

И позитивистская, и антипозитивистская периодизации были в чем-то эпохальными. Они обе искали и нашли единый подход к описанию всей науки: подход позитивистов был основан на наблюдениях, подход антипозитивистов — на теории. И те и другие сходились на том, что язык лежит в основании науки, только позитивисты искали язык опыта, а антипозитивисты считали главными теоретические термины. Позитивисты полагали, что базисное наблюдение как общее основание всех отраслей науки гарантирует единство науки. Антипозитивисты, в особенности Кун, отрицали возможность такого общего основания и раскололи даже единую научную дисциплину — физику — на множество несообщающихся частей, разделенных микрореволюциями. Все было завязано на язык и референции теории, а теория повсюду сеяла рознь.

Чтобы смена теорий выглядела как переключение гештальта, необходимо было настаивать на том, что в момент изменения теории меняется также и эмпирия. Я постарался запечатлеть этот образ на рисунке 2, где разрывы периодизации возникают одновременно на теоретическом и экспериментальном уровнях. Более того, эпистемологическое первенство перешло от эмпирии к теории. Невозможность коммуникации через эмпирические разрывы представлена здесь как тотальность разрыва на всех уровнях научной деятельности. Иными (куновскими) словами, как раз нарушение непрерывного слоя научной практики в точке разрыва лежит в основе картины «разных миров», в которой нет места единому понятию прогресса. Именно это утверждение породило немало споров среди историков и философов науки.

Многое говорит в пользу центральной метафоры антипозитивистов. Своей критикой позитивистского представления о прогрессивно развивающейся области эмпирического антипозитивисты привлекли внимание к активной роли теории в экспериментальной деятельности. Благодаря этому появилась возможность исторического анализа связи теоретических аспектов с более широким контекстом научной работы, например с философскими предпочтениями, идеологическими предпосылками или национальными стилями в науке. Многочисленные исторические работы показали, что теоретические понятия

оказывают значительное воздействие на построение, интерпретацию и оценку экспериментально полученных данных. Более того, теперь нет никаких сомнений в том, что в области наблюдений действительно происходят разрывы. Например, систематические исследования притяжения и отталкивания натертых предметов не переходят плавно в более поздние экспериментальные работы по электростатике и электродинамике ⁶.

И куновский антипозитивизм, и логический позитивизм занимались поиском универсальной процедуры развития науки и разделяли мнение, что язык и референция представляют собой наибольшие затруднения при анализе отношений между теорией и экспериментом. Но связи между позитивизмом и антипозитивизмом идут еще дальше. Обе модели опираются на строгие иерархии, придающие единство процессу научной работы. Верно, что их позиции прямо противоположны, но в их зеркальной отраженности заключено небольшое сходство. Центральная метафора, представленная на рисунке 2, есть просто перевернутая метафора из рисунка 1 с одним дополнительным предположением (в случае Куна), что важнейшие экспериментальные и теоретические разрывы происходят одновременно. Целостность каждой из этих моделей в определенной степени зависит от опоры на некую привилегированную точку обзора (литературные критики назвали бы это «господствующим нарративом»): для позитивистов это «фундамент наблюдений», для антипозитивистов — теоретическая «парадигма», «концептуальная схема» или «жесткое ядро». И те и другие взирают с этой точки обзора на науку сверху вниз ⁷. Разделяемое и теми и другими ощущение, что блоки единого знания, подобно тектоническим плитам, дрейфуют друг мимо друга безо всякой связи, нашло свое выражение во многих формах.

Хотя антипозитивистская картина и выглядит привлекательно, недавние исторические и философские исследования научных экспериментов наталкивают на мысль о необходимости ее пересмотра. В следующей части статьи я предлагаю наборосок альтернативной версии отношений между экспериментом, теорией и инструментарием, отражающей результаты этих исследований.

Многослойность и антиредукционизм

Подобно Галлии, физика двадцатого столетия делится на три части. Действительно, как раз те критерии, которые Кун ранее использовал для выделения различных научных сообществ ⁸, годятся для разделения групп, занимающихся экспериментами, теорией и изготовлением инструментов. Физики и инженеры-физики, занятые проектировкой и конструированием детекторов эле-

⁶ Heilbron J. L. *Elements of Early Modern Physics*. Berkeley and Los Angeles: University of California Press, 1982.

⁷ О понятии «господствующего нарратива» (master narrative) см., например: Lyotard J.-F. *The Postmodern Condition: A Report on Knowledge*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1984. P. 27–41.

⁸ Kuhn T. S. *Second Thoughts on Paradigms // The Structure of Scientific Theories* / Ed. by F. Suppe. Urbana, Ill.: University of Illinois Press, 1974. P. 462.

ментарных частиц, ускорителей и систем компьютерного анализа данных, издаются и читаются свои специализированные журналы, например «Инструменты и методы ядерной физики» и «Обзоры научных инструментов». Существуют и специальные теоретические издания, например «Теоретическая и математическая физика» и «Журнал теоретической физики». Есть и особые издания для экспериментаторов, например серия «Методы экспериментальной физики». Проводятся отдельные конференции, посвященные теоретическим, экспериментальным и инструментальным темам. Далее, «невидимые колледжи», которые образуются благодаря обмену рукописями и публикациями, обычно находятся в пределах одной из этих категорий и не пересекают границ между ними. Поразительно, но в последние десятилетия во многих учреждениях аспирантов принимают сразу либо на экспериментаторский, либо на теоретический поток, и все чаще докторские степени присуждают за вклад в разработку инструментов, что ныне считается областью исследований, отдельной от экспериментирования⁹. Собираются отдельные симпозиумы, конференции и летние школы по каждой из этих субкультур, например: Симпозиум университета Джонса Хопкинса по текущим проблемам теории элементарных частиц, который в разные годы бывал посвящен теории измерения решеток, суперсимметрии или теории великого объединения; Всемирная конференция Международного общества развития ядерных мишеней (его члены занимаются изготовлением бериллиевых пластинок, а не межконтинентальных ракет); Зимняя школа теоретической физики в Карпаче. Хорошо известны национальные и международные лаборатории экспериментальной физики, в состав которых входят иногда значительные, а иногда и очень скромные группы теоретиков. Менее знамениты лаборатории в промышленности и университетах (иногда оформленные как отделы более крупных лабораторий), занятые исключительно разработкой инструментов. У теоретиков меньше собственных учреждений, но они играют довольно большую роль, например Институт теоретической физики в Санта-Барбаре, Институт теоретической физики в Санкт-Петербурге и Международный центр теоретической физики в Триесте. Такое обособление характерно не только для физики высоких энергий или ядерной физики. Астрономы иногда встречаются специально для того, чтобы обсудить технику разработки инструментов для радио и оптических диапазонов, а когда собираются теоретики квантовой гравитации, в зале мало экспериментаторов или инструменталистов. Отрасль вычислений недавно выделилась в область, отдельную от всех предыдущих,

⁹ Вопрос о присуждении докторских степеней по физике за вклад *исключительно* в разработку инструментов стал предметом яростных споров в физическом сообществе. См., например: Report of the HEPAP Subpanel on Future Models of Experimental Research in High Energy Physics // U. S. Department of Energy, Office of Energy Research. DOE/ER-0380. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1988. P. 33, 53.

¹⁰ См., например: Proceedings of the Johns Hopkins Workshop on Current Problems in Particle Theory, 7th, Bonn, 1983 / Ed. by G. Domokos and S. Kovesi-Domokos. Singapore: World Scientific, 1983; Preparations of Nuclear Targets for Particle Accelerators / Ed. by J. Jaklovsky. New York: Plenum, 1981.

и специалисты по компьютерам теперь собираются на симпозиумы типа «Вычисления для аппаратов высокой яркости и интенсивности света»¹⁰.

Хотя перебежчики из одной сферы в другую встречаются, это происходит крайне редко и не поощряется. (Специалисты по физике элементарных частиц любят ссылаться на блестящее исключение — Энрико Ферми, который в молодости внес вклад и в теорию, и в эксперимент; он стал героем для физиков именно потому, что перешел барьер, который за последние полвека одолели лишь очень немногие.) По всем вышеупомянутым причинам становится все труднее говорить о физике и физиках как о единой, монолитной структуре. Как историкам, нам привычнее рассматривать различные культуры как сложные образования, состоящие из отдельных субкультур, имеющих собственную динамику. Хорошо известно, что политические потрясения Великой Французской революции в разной мере затронули экономику, общественную структуру, политику и культурную жизнь. Как показала Линн Хант, даже политическое воздействие революции ощущалось по-разному городскими рабочими и ткачами из деревни¹¹. Пора признать, что сообщество физиков не менее разнообразно. Экспериментаторы не маршируют в ногу с теорией (то же самое можно сказать и о теоретиках, и об инструменталистах). Например, во время квантово-механической революции 1926–1927 гг. методы экспериментальной физики не претерпели радикальных изменений, несмотря на коренной переворот в теории: спектроскопия и измерения теплового излучения и излучения черного тела развивались по-прежнему. Представители этих экспериментальных искусств бесстрашно продолжали вести диалог с теоретиками по ту сторону теоретического водораздела. Каждая субкультура подчиняется собственному ритму перемен, у каждой есть свои стандартные методы демонстрации, и каждая по-своему соотносится с широким культурным контекстом, состоящим из организаций, видов деятельности, изобретений и идей¹².

В силу данных исторических причин вместо позитивистской центральной метафоры, опирающейся на наблюдение, и вместо антипозитивистской центральной метафоры, опирающейся на теорию, я хотел бы предложить более широкий класс схем периодизации, где три уровня образуют многослойную структуру со сдвигом (рис. 3).

Четыре аспекта этой незаконченной модели заслуживают внимания. Во-первых, она состоит из трех частей, предоставляя частичную автономию (или, по крайней мере, предлагая такую возможность) теории, эксперименту

¹¹ *Hunt L.* Revolution and Urban Politics in Provincial France: Troyes and Reims, 1786-1790. Stanford: University Press, 1978.

¹² Стремясь изучать научную деятельность в соответствующем контексте, мы должны признать, что для многих видов деятельности такой контекст может быть не единственным. Мы рассматриваем взаимодействие сотрудников в лаборатории не как столкновение их индивидуальностей, а как диалог различных субкультур. При этом сотрудники рассматриваются как представители соответствующих субкультур. Например, сотрудники громадной пузырьковой камеры в лаборатории Беркли приходят туда не только из засекреченного мира ядерных вооружений (из Комиссии по атомной энергии), но и из недоступной простым смертным субкультуры университетской теоретической физики. На их пересечении возникает тип культуры, который я называю «зоной обмена».

	ИНСТРУМЕНТ ₁	ИНСТРУМЕНТ ₂	ИНСТРУМЕНТ ₃	ИНСТРУМЕНТ ₄
ТЕОРИЯ ₁	ТЕОРИЯ ₂	ТЕОРИЯ ₃	ТЕОРИЯ ₄	
	ЭКСПЕРИМЕНТ ₁	ЭКСПЕРИМЕНТ ₂	ЭКСПЕРИМЕНТ ₃	ЭКСПЕРИМЕНТ ₄

Рис. 3. Многослойная периодизация со сдвигом

и инструментарию. Деление на три субкультуры не абсолютно; оно зависит от конкретных исторических условий. Например, в истории физики легко найти периоды, когда отделить изготовителей инструментов от экспериментаторов практически невозможно. Моменты разрыва тоже не всегда разнесены по времени. Существуют также периоды, когда несколько конкурирующих экспериментальных субкультур сосуществуют в одной и той же области, например субкультуры пользователей пузырьковых и искровых камер. Во-вторых, данный *класс* центральных метафор воплощает одну из главных идей антипозитивистов: *наблюдения не образуют абсолютно непрерывный базис науки*. И уровень эксперимента, и уровень инструментария имеют собственные точки разрыва — так же, как и теория. В-третьих, периоды локальной непрерывности сдвинуты друг относительно друга. Нельзя ожидать, что резкие изменения в теории, экспериментальной практике и инструментарии произойдут одновременно; в каждом конкретном случае специальное историческое исследование должно определить, как соотносятся эти периоды. Действительно, разумно предположить, что, когда один слой разрывается, ученые, работающие на других уровнях, будут использовать испытанные методы для сравнения ситуации до и после разрыва. Так, когда появляется радикально новая теория, разумно ожидать, что экспериментаторы будут применять свои наиболее надежные инструменты, а не новые и непроверенные. В-четвертых, данная модель предполагает примерное *равенство* между слоями: ни одному из них не отдается первенство, ни одна из субкультур не может диктовать правильный путь развития области или служить базисом, к которому сводится все остальное. Многослойная структура на самом деле должна располагаться в трехмерном пространстве, так что ни один из слоев не находится вверху, а каждый граничит с каждым. Так же как каменщик не станет класть кирпичи ровно один над другим, чтобы дом не обрушился, так и каждый ученый (или научный коллектив) старается наложить разрывы в одном слое на период непрерывности в другом. В результате таких локальных усилий (а не глобального планирования) сообщество в целом не делит развитие своих субкультур на участки равной длины.

В современной литературе, посвященной эксперименту, приводится мно-

¹³ *Franklin A.* The Neglect of Experiment. Cambridge, UK: University Press, 1986; *Galison P.* How Experiments End. Chicago: University Press, 1987; *The Uses of Experiment: Studies in the Natural Sciences* / Ed. by D. Gooding, T. Pinch, and S. Schaffer. Cambridge, UK: University Press,

жество примеров сохранения традиций экспериментальной деятельности, несмотря на изменения в теории¹³. Хотя я целиком за то, что эксперимент имеет свою собственную жизнь, я не думаю, что эта жизнь должна достаться целой кончины бедной теории. Я хотел бы защитить самостоятельность и теории, и инструментария: на каждом уровне существуют свои полуавтономные ограничения. Теоретик, в стремлении достичь согласия с экспериментатором, отнюдь *не* свободен в выборе частицы или эффекта.

Экспериментаторы могут прийти к убеждению, что какой-то эффект действительно существует, по ряду причин. Во-первых, это *стабильность* эффекта: меняются образцы, варьируется температура, а эффект остается. Во-вторых, это все возрастающая *непосредственность* изучения явления. Увеличивая мощность электронного микроскопа и энергию потока элементарных частиц, меняя положение аппаратуры и усиливая сигнал, можно глубже заглянуть в механизмы причинных процессов, связывающих вместе различные явления¹⁴.

Работа теоретика во многом похожа. Можно попытаться приставить к члену уравнения отрицательный знак, но этого нельзя делать, так как нарушится равенство. Можно добавить член, учитывающий большее число частиц, но и это запрещено, так как тогда перенормировка станет невозможной, и теория потребует бесконечного числа параметров. Можно попробовать исключить одну частицу из теории, но у закона получаются неинтерпретируемые вероятности. Можно вычесть один член, и все частицы исчезают в вакууме. Можно разложить один член на два, но тогда не сохраняется заряд; при этом надо еще соблюсти законы сохранения углового момента, линейного момента, энергии, лептонного числа и барионного числа. Подобные ограничения не вытекают аксиоматически из единой всеобъемлющей теории. Скорее, они складываются из множества взаимосвязанных предпочтений теоретической, инструментальной и экспериментальной деятельности. Комбинация всех этих ограничений практически исключает возможность существования некоторых явлений, в то время как другие явления (например, черные дыры) оказываются неизбежными.

Действительно, как ни поразительно, но черные дыры возникают (в теории) на фоне невероятных вариаций в основной структуре наших теорий материи. Черные дыры не зависят от деталей той или иной теории сильных, слабых или электромагнитных взаимодействий. Если не противоречить наблюдениям, то практически невозможно сделать что-то такое с теорией гравитации, что исключит возникновение черных дыр. Подобное сопротивление вариациям есть теоретический аналог стабильности, и как раз привычка к та-

1989; Observation, Experiment and Hypothesis in Modern Physical Science / Ed. by P. Achinstein and O. Hannaway. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1985; Special issue on Artifact and Experiment / Ed. by J. Sturchio // Isis. 1988. Vol. 79. P. 369-476; *Shapin S. and Schaffer S. Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life.* Princeton: University Press, 1985; *Hacking I. Representing and Intervening: Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science.* Cambridge, UK: University Press, 1983.

¹⁴ См.: *Galison.* How Experiments End. Ch. 5.6. О роли причинных объяснений и о реализме в отношении явлений см.: *Cartwright N. How the Laws of Physics Lie.* Oxford: Clarendon, 1983.

кой стабильности заставляет теоретиков поверить в существование таких объектов.

Я убежден, что существуют серьезные ограничения на теоретическую, экспериментальную и инструментальную деятельность, и потому отношусь с недоверием к представлениям о «произвольности» в физике. Благодаря ограничениям на разных уровнях теории приходят к определенным заключениям об элементарных частицах, их взаимодействиях, электронных эффектах, звездных явлениях, черных дырах, и т.д., даже если их коллеги-экспериментаторы не согласны или помалкивают. Все сооружение в целом оказывается столь прочным не потому, что границы между областями деятельности произвольны, а потому, что они устойчивы и, несмотря на это, различные области деятельности приспособляются друг к другу. Именно эта мысль лежит в основе исторического анализа и метаисторических размышлений в моей книге «Образ и логика»: фокусирование внимания на отдельных традициях, имеющих собственную динамику, но в то же время связанных путем локальной координации.

ЧАСТЬ 2: ЗОНА ОБМЕНА

Локальность обмена

Чтобы охарактеризовать не только различия между субкультурами физики, но и вполне ощутимую возможность их взаимодействия, вновь обратимся к схеме многослойных периодизаций, описанной выше, но на этот раз сфокусируем наше внимание на границах между слоями. Для описания взаимодействия субкультур инструментария, эксперимента и теории я буду рассматривать их как части общей культуры физики. Подобно двум культурам, живущим достаточно близко, чтобы иметь возможность торговать друг с другом, некоторые виды деятельности у них могут быть общими, а другие могут различаться. В частности, две культуры могут приносить в «зону обмена» (назовем ее так) вещи, имеющие совершенно разную ценность для того, кто отдает, и того, кто получает. Решающую роль здесь играет то, что, *несмотря* на различия в классификациях, оценках и способах представления, в локальном контексте зоны обмена две группы все же могут сотрудничать. Они могут достичь консенсуса в отношении процедуры обмена и механизма определения «эквивалентности» различных товаров. Более того, они могут прийти к пониманию того, что продолжение обмена является необходимым условием выживания той общей культуры, частями которой они обе являются.

Я предлагаю использовать «зону обмена» в качестве аналитического понятия для обозначения социального и интеллектуального пространства, в котором связываются воедино дотоле разобщенные традиции экспериментирования, теоретизирования и изготовления научных инструментов. Антропологам хорошо известна ситуация, когда разные культуры торгуют друг с другом, но при этом приписывают различную ценность обмениваемым товарам и, более того, придают разный смысл самому процессу обмена. Например, в долине Кауко на юге Колумбии чернокожие крестьяне, потомки рабов, развили бога-

тую культуру, изобилующую магическими циклами, колдовством и шаманством. В то же время они постоянно общаются с местными крупными землевладельцами: некоторые крестьяне держат лавки, другие работают на огромных фермах, выращивающих сахарный тростник. В повседневной жизни крестьяне и землевладельцы регулярно вступают в разного рода обмены при покупке товара, внесении ренты и выплате заработка. Внутри этой зоны обмена обе стороны вполне способны к соблюдению установившихся норм поведения, но при этом *понимание* сути денежного обмена у них совершенно различно. Для белых землевладельцев деньги «нейтральны» и обладают рядом естественных свойств; например, они аккумулируются в капитал («деньги к деньгам»). Для чернокожих крестьян, напротив, деньги зачастую имеют духовный, моральный смысл. Наиболее поразительным, пожалуй, является ритуал тайного крещения денег. В тот момент, когда католический священник крестит новорожденного младенца, стоящие рядом мужчина или женщина прячут в кулаке банкноту. Согласно местным верованиям, в результате именно эта банкнота, а не ребенок, оказывается крещенной и обретает имя этого ребенка, а державший становится ее крестным отцом или матерью. Отдавая затем банкноту в обращение, ее держатель должен трижды тихонько прошептать ее имя, и верные песо вернутся к хозяину с прибытком, обычно из кармана получателя. В итоге, если понаблюдать за крестьянином, покупающим яйца в магазине у землевладельца, мы увидим двух людей, вполне гармонично совершающих обмен. Этот обмен совершенно необходим обоим как средство существования. Однако если взглянуть шире, мы увидим две радикально противоположные знаковые и культурные системы, опирающиеся на совершенно несовместимые оценки ценности и значения обмениваемых вещей¹⁵.

В нашем случае теоретики обменивают свои предсказания экспериментов на фактические экспериментальные результаты. По поводу этого обмена можно сделать два наблюдения. Во-первых, две субкультуры могут придерживаться разных мнений о значении обмениваемой информации и ее эпистемологическом статусе. Например, теоретики могут с полной уверенностью предсказывать существование некоторого объекта, поскольку он тесно связан с наиболее важными для них принципами (симметрия групп, возможность перенормировки, ковариантность, унитарность). Экспериментатор, с другой стороны, может смотреть на такое предсказание совершенно иначе — возможно, лишь как на любопытную гипотезу, которую можно проверить при следующем прогоне программы анализа данных. Несмотря на такие резкие различия, однако, существует некоторый контекст, *внутри* которого поразительным образом достигается соглашение. В этой зоне — зоне обмена — обе стороны принимают участие в обсуждении физических явлений. Именно здесь мы находим классические примеры соединения эксперимента с теорией: распад элементарных частиц, ядерный распад и синтез, пульсары, магнитострикция, эффект ползучести, второй звук, лазирование, магнитное откло-

¹⁵ О ритуале тайного крещения денег см.: *Tassig M. The Devil and Commodity Fetishism in South America. Chapel Hill: University of North Carolina Press, 1980. Ch. 7.*

нение и т.д. Именно такие зоны обмена и ведущиеся в них переговоры связывают отдельные субкультуры воедино.

Обмен между теорией и экспериментом

Разумно начать с понятия релятивистской массы, ибо за последние 30 лет оно не раз служило классическим примером в дискуссиях о несоизмеримости понятий. Для Куна появление эйнштейновской динамики было прообразом революционного преобразования, и он считал, что лишь при малых скоростях можно использовать одну и ту же процедуру измерения для обоих понятий массы, классического и релятивистского¹⁶. В таких условиях нельзя было рассчитывать, что существует какой-либо экспериментальный способ сравнения эйнштейновского понятия массы и тех понятий, что были отброшены его теорией (т.е. понятий, введенных Лоренцом, Абрахамом и Пуанкаре, которые не разделяли его операционального определения пространства-времени). Фейерабенд попросту заявляет, что единого эксперимента не существует: там, где, казалось бы, измеряется одна масса, на самом деле измеряется несколько разных масс: один эксперимент проводится для классической механики, а другой — для релятивистской. По мнению Фейерабенда, любой ученый, не согласный с такой точкой зрения, либо «заблуждается», либо это инструменталист, совершенно не интересующийся интерпретацией, либо просто очень ловкий переводчик, способный «перепрыгивать от одной теории к другой и обратно с такой скоростью, что дело выглядит так, будто речь идет об одном и том же»¹⁷. Ни один из этих вариантов, однако, не соответствует тому, что происходит при взаимодействии теоретиков и экспериментаторов.

Нет никаких сомнений, что разные участники исследований по «физике электрона» использовали термин «масса» в различных смыслах. Абрахам и Лоренц считали, что масса электронов возникает исключительно в результате их взаимодействия с их собственными электромагнитными полями. Так как они рассматривали электроны в качестве элементарных кирпичиков материи, «электромагнитная масса» электрона лежала в основе картины мира, в которой механическая масса была лишь производной, а основной субстанцией в природе было электричество. В то время как Абрахам считал электрон жесткой сферой с зарядом, равномерно распределенным по поверхности, Лоренц вдобавок постулировал, что электроны сплющиваются по мере движе-

¹⁶ Kuhn. The Structure of Scientific Revolutions. P. 102: «Необходимость изменения значения установившихся и знакомых понятий занимает центральное место в революционных потрясениях, вызванных теорией Эйнштейна. ... Такую необходимость можно даже считать прототипом революционных преобразований в науке».

¹⁷ Feysabend P. Problems of Empiricism: Philosophical Papers. Vol. 2. Cambridge, UK: University Press, 1981. P. 159: «Нет никакого смысла настаивать на том, что ученые ведут себя так, будто ситуация намного проще. Если они действительно ведут себя так, то тогда они либо инструменталисты, ... либо просто заблуждаются: многие ученые в наши дни интересуются главным образом *формулами*, а мы говорим здесь об *интерпретациях*».

ния в эфире, и использовал эту гипотезу для объяснения эксперимента Майкельсона–Морли. Вскоре Пуанкаре ввел модифицированную версию теории Лоренца, добавив еще одну силу, отличную от электромагнитной, которая должна была не давать деформируемому электрону развалиться под действием нагрузок, вызванных сплющиванием¹⁸.

Понятия массы в этих теориях существенно различаются. Эти теории выглядели весьма радикальными, но и теория Эйнштейна оказалась не менее шокирующей. Эйнштейн отказался от попытки включить свое понятие массы во всеобъемлющую электромагнитную картину мира и построил теорию на позитивистской критике метафизических понятий пространства и времени, заменив их часами и линейками.

Точка зрения Куна состояла в том, что до-релятивистские и релятивистские понятия массы нельзя сравнить напрямую: «Лишь при малых относительных скоростях можно использовать одну и ту же процедуру измерения [ньютоновой и эйнштейновой масс], но даже тогда не следует считать, что они одинаковы»¹⁹. Тем не менее существует целая экспериментальная субкультура, которая занимается именно тем, что сравнивает эти разные теории, причем отнюдь не при малых скоростях. Макс Кауфман и Альфред Бюкерер являются ведущими исследователями в этой области. Экспериментаторы провели целую серию опытов с использованием магнитных и электрических полей для измерения массы быстрого электрона в направлении, перпендикулярном его движению. Более того, все четыре теоретика (Пуанкаре, Лоренц, Абрахам и Эйнштейн) ясно понимали смысл этих экспериментов и роль, которую они играют при выборе между теориями. Лоренц прямо связал ряд таких экспериментов со своей теорией и немедленно признал свое поражение: «К сожалению, моя гипотеза [объяснения массы за счет] сжатия электронов противоречит результатам Кауфмана, и мне приходится от нее отказаться». Так не говорит тот, кто считает эксперимент ненужным или непонятным. На чуть менее отчаянной ноте Пуанкаре признал, что «в настоящий момент [результаты Кауфмана] поставили под угрозу всю теорию»²⁰. Эйнштейн был более уверен в своей теории и поставил под сомнение опыты Кауфмана, но и он отнюдь не считал, что эти результаты *в принципе* не имеют никакого отношения к его теории. Напротив, он немало потрудился над вычислениями поперечной массы электрона, чтобы экспериментальные методы Кауфмана и Бюкерера можно было использовать для изучения теории. Эйнштейн проделал детальный анализ данных Кауфмана и даже придумал собственную версию экспериментов по отклонению электрона, надеясь, что кто-нибудь их осуществит

¹⁸ См. лучшее историческое исследование из всей обширной литературы по специальной теории относительности Эйнштейна: *Miller A. I. Albert Einstein's Special Theory of Relativity: Emergence (1905) and Early Interpretations (1905-1911)*. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1981. В моем анализе начальных экспериментальных данных о поперечной массе электрона я многое заимствовал из этого источника.

¹⁹ *Kuhn*. *The Structure of Scientific Revolutions*. P. 102.

²⁰ См.: *Miller*. *Special Theory*. P. 334–335.

²¹ Там же. P. 341–345.

вит²¹. Обсуждение самого эксперимента и его непосредственного смысла не представляло проблемы ни для кого из участников экспериментов с быстрыми электронами.

Урок, который я хотел бы извлечь из этого примера, таков: несмотря на «глобальные» различия в том, как понятие массы классифицирует явления в теориях Лоренца, Абрахама и Эйнштейна, существует локальная зона деятельности, в которой используется только ограниченный набор убеждений и действий. В лабораториях Кауфмана и Бюкерера, в мире фотографических пластинок, медных трубок, электрических полей и горячих кусков проволоки, способных испускать электроны, экспериментаторы и теоретики выработали эффективный, хотя и ограниченный, способ координации убеждений и действий. Следует подчеркнуть, что они *не выработали* протокольный язык — слишком много теории оказалось вплетено в совместную экспериментально-теоретическую деятельность. Далее, в совместно принятых процедурах и доводах не оказалось ничего *универсального*. Наконец, лабораторная координация не дала полного *определения* термина «масса», так как вне данного локального контекста теории разошлись в совершенно разные стороны. Теоретики и экспериментаторы — это не мгновенные переводчики-чудотворцы и не «просто» инструменталисты, не интересующиеся интерпретацией. Они вовлечены в процесс обмена, координируя элементы одних интерпретируемых систем с элементами других. Холизм, за который агитировал Куайн в послевоенные годы, выглядит весьма привлекательно. Трудно себе представить попытку возродить критерий демаркации, который позволил бы оторвать наблюдаемое от теоретического. Однако возможно утверждать следующее: когда две куайновские сети встречаются в зоне обмена, возникают узлы и локальные сгустки связей, которые соответствуют частично самостоятельным наборам убеждений и действий.

Место обмена

Взаимообмен между теоретиками и экспериментаторами в разгар дебатов о теории электрона происходил по почте; это неудивительно, учитывая деление научных институтов континентальной Европы на теоретические и экспериментальные. В США и Великобритании их географическое разделение было не столь явным. Когда в 1930-е гг. американские университеты начали нанимать теоретиков, они работали под одной крышей со своими коллегами-экспериментаторами. Было бы большим преувеличением, однако, считать эти две группы совершенно равноправными: лишь в группе Оппенгеймера в Беркли была мощная концентрация теоретиков. В других местах теоретики типа Венделла Ферри, Джона ван Влека или Джона Слейтера оставались в явном меньшинстве.

Вторая мировая война по ряду причин изменила это соотношение. Совершенно очевидно, что работа Роберта Оппенгеймера на посту директора лаборатории в Лос-Аламосе поставила теорию на видное место. Более важно, однако, то, что теоретики, экспериментаторы и инженеры вынуждены были работать сообща над большими военными проектами. За пять лет они получи-

ли представление о подходах, используемых другими группами, и поверили, что послевоенная наука выиграет от сотрудничества, подобного тому, что привело к успешному созданию атомной бомбы и радара. Это сотрудничество в немалой степени выражалось в том, что была создана зона, в которой идеи, данные и оборудование могли циркулировать между группами.

Радиационная лаборатория была основана в конце 1940 г. для работы с изобретенным британцами прибором, генерирующим микроволны нужной частоты для эффективного радара. 16 октября Ли Дюбридж согласился возглавить проект; к концу октября ядро группы сформировалось в комнате 4-133 Массачусетского технологического института (МТИ). Поначалу структура лаборатории отражала состоящую из пяти основных частей электронную схему радара: модулятор поставлял импульсы энергии магнетрону, магнетрон генерировал микроволновые сигналы, антенна излучала и принимала эти сигналы, приемник отделял сигналы от шума, а индикатор показывал изображение на экране. Каждая функция размещалась в отдельном углу: архитектура лаборатории повторяла архитектуру электроники.

Три архитектурные структуры — лабораторная, электронная и административная — не признавали деления на инженеров и ученых-физиков. Инженер-электротехник У. Таллер, например, сидел рядом с физиком Г. Неером, специалистом по экспериментальным исследованиям космических лучей. Инженер-электротехник У. Холл, ранее занимавшийся звукозаписью в компании Метро-Голдвин-Мейер, сидел в «индикаторном» углу комнаты 4-133 рядом с А. Дж. Элленом, физиком и инженером-электротехником, и Э. Поллардом, физиком, окончившим Кембриджский университет и получившим там же докторскую степень, а с 1940 г. преподававшим в Йельском университете. Поначалу физики-теоретики не имели отдельного помещения в лаборатории; они служили консультантами, появлявшимися время от времени, — примерно так, как они работали бы в довоенных лабораториях космического излучения, спектрографии или магнитных явлений. Контакт лицом к лицу (буквально, насколько можно судить по сохранившимся схемам размещения) многое изменил. Как писал в то время один физик-экспериментатор, «совершенно недостаточно, если открытия и опыт каждой группы будут передаваться другим лишь от случая к случаю на семинарах или посредством регулярных письменных отчетов. На семинарах редко сообщается достаточно деталей, чтобы прояснить смысл открытия, в то время как доклады или слишком перегружены деталями, или их просто никто не читает». Вместо этого, предложил он, физики должны быть собраны в единую группу. Это послужит «гораздо более быстрым и менее болезненным способом распространения новых схем и общей радарной философии»²².

На первый взгляд, война совершенно ничего не внесла в такой запутанный и абстрактный предмет, как квантовая электродинамика (КЭД). Обычно историю КЭД рассказывают так: в 1920-е и 1930-е гг. физики, работавшие в этой

²² White. A Proposal for Laboratory Organization // file "Reorganization," box 59, Radiation Laboratory Papers (MIT), Office of Scientific and Research Development, National Archives, New England Region, Waltham, Massachusetts.

области, включая В. Вайскопфа, Г. А. Кремерса, Дж. Р. Оппенгеймера, Н. Бора и Д. Швингера, стремились понять, как соединить квантовую теорию электрона со специальной теорией относительности. Они добились лишь частичного успеха, ограничивавшегося приближениями первого порядка. Из-за начавшейся войны те из них, кто жил в США, якобы прервали свою работу над этими проблемами и занялись нужной (но «не имеющей отношения к чистой физике») инженерной тематикой, а затем, во второй половине 1940-х гг., с триумфом закончили работу над КЭД. Эта версия истории событий неверна по меньшей мере в двух аспектах. Во-первых, как показал Сильван Швебер, катализатором развития КЭД послужили достижения микроволновой военной техники, благодаря которым стали возможны точные измерения в опытах У. Лэмба, Р. К. Резерфорда, Г. Фоули, Дж. М. Б. Келлога, П. Куша и других сотрудников лаборатории Раби, а также исследования Дики в Принстоне²³. Это были выдающиеся эксперименты, но влияние, оказанное войной, оказалось еще более глубоким. Для Швингера работа над радаром существенно изменила его подход к решению физических проблем. Сам Швингер однажды признал, что работа над радаром сильно повлияла на его послевоенные работы; ниже я подробно рассматриваю это утверждение, дополняя картину сведениями о его фактических исследованиях в рамках радарного проекта.

Давайте посмотрим не на результаты, а на практическую деятельность. Во время войны Швингер работал в теоретической секции Радиационной лаборатории МТИ; его группа занималась общими исследованиями микроволновых сетей. Традиционная теория сетей — теория радиоволн в сопротивлении и конденсаторах — оказалась совершенно непригодной, поскольку длина волны микроволн была такой же, как у обычных электрических элементов. В обычных элементах типа сопротивлений, медных проводов или цилиндрических конденсаторов микроволновая энергия тут же рассеивается. Это означает, что весь набор вычислительных средств, использовавшихся для электрических схем, оказывается бесполезным. С помощью своих коллег Швингер начал все заново с исходных уравнений Максвелла и в итоге вывел набор правил, с помощью которых инженеры и физики могли делать практические расчеты сетей.

Постепенно Швингер начал впитывать инженерную культуру Радиационной лаборатории и отказываться от абстрактной теории рассеивания, принятой физиками для объяснения электромагнетизма. Он начал искать микроволновый аналог более практичных представлений, свойственных инженерам-электротехникам: простые «эквивалентные цепи», имитирующие лишь самые существенные свойства элементов. Инженеры давно использовали этот подход, рассматривая различные системы, например громкоговорители, не с точки зрения их реальных электрических, механических или электромеханических свойств, а так, будто громкоговоритель был лишь схемой из чисто электрических компонент. Иными словами, они заперли (символически) всю

²³ Schweber S. S. Some Chapters for a History of Quantum Field Theory: 1938–1952 // *Relativity, Groups, and Topology II*, Les Houches, Session 40 / Ed. by B. DeWitt and R. Stora. New York: North-Holland, 1984. P. 163.

сложную физику шума, генерируемого громкоговорителем, в «черный ящик» и заменили ее в своих вычислениях «эквивалентными» электрическими элементами. Аналогично проводящие полые трубки и полости микроволновых схем можно было заменить (символически) обыкновенными электрическими элементами и тем самым получить возможность манипулировать ими алгебраически, не вдаваясь каждый раз в детали сложнейших проблем граничных значений уравнений Максвелла. Как утверждалось в «Учебнике по волноводам», выпущенном Радиационной лабораторией после войны, введение эквивалентных цепей «служит цели представления результатов расчетов поля в форме, привычной для инженеров, откуда можно вывести информацию с помощью стандартных инженерных расчетов»²⁴. Мне интересен здесь именно этот процесс приспособления результатов для своих целей — «представление в форме, привычной для инженеров». Когда расчеты поля извлекаются из исходного контекста, значения терминов резко сужаются. При этом эти значения отнюдь не переносятся разом в словарь инженера; частоты микроволн не позволяют попросту отождествить их электрические свойства с хорошо изученными понятиями напряжения, силы тока или сопротивления. Результатом этого процесса является упрощенный жаргон, сочетающий элементы терминологии теории поля с элементами инженерной терминологии «эквивалентных цепей».

Война заставила физиков-теоретиков типа Швингера проводить день за днем в вычислениях для различных приборов, и, работая с этими материальными объектами, они начали связывать свой собственный язык теории поля с языком и алгеброй электротехники. Важно учесть, что модификация теории, создание эквивалентных цепей для микроволнового излучения и решение проблем нового типа не были просто актами перевода. Даже швингеровский «словарь» связывал новые теоретические элементы лишь с недавно созданными фрагментами микроволновых схем; ни те, ни другие до того времени не фигурировали в работе теоретиков или радиоинженеров. Границы остаются довольно жесткими, никакого перевода не происходит, и переключения гештальта что-то не видно.

Швингер сам намекнул на связь между такими, казалось бы, независимыми областями, как волноводы и перенормировка. Годы, «потерянные» во время войны, как оказалось, кое-что внесли: «исследования волноводов показали полезность такой организации теории, которая позволяет отвлечься от определенных внутренних структурных аспектов, не подвергающихся непосредственному исследованию в данных экспериментальных условиях. ... Именно этот подход привел меня к идее самосогласованного вычитания или перенормировки в квантовой электродинамике»²⁵. Рассмотрение работы Швингера над физикой волноводов помогает раскрыть связь между расчетами для радара и перенормировкой.

В случае микроволн невозможно полностью рассчитать поле и токи в об-

²⁴ Marcuvitz N. Waveguide Handbook. London: Peregrinus, 1986.

²⁵ Schwinger J. Tomonaga Sin-itiro: A Memorial. Two Shakers of Physics. [Japan]: Nishina Memorial Foundation, 1980. P. 16.

ласти разрыва; в случае квантовой электродинамики безнадежно пытаться учесть все детали процессов высоких энергий. Решая проблему микроволн, Швингер (в качестве инженера) выделил те аспекты физики области разрыва, что были важны «в данных экспериментальных условиях», например напряжения и токи, возникающие вдали от области разрыва. Для того чтобы вычлениить эти интересные свойства, он запихнул все ненужные детали электродинамики области разрыва в параметры эквивалентной цепи. В 1947 г., столкнувшись с фундаментальной проблемой квантовой электродинамики, Швингер решил, что поступит аналогичным образом: нужно выделить те аспекты физики квантовой электродинамики, что важны в данных экспериментальных условиях, например магнитные моменты или амплитуды рассеяния. Чтобы отделить эти величины от всякого хлама, он запихнул все ненужные детали взаимодействий высоких энергий в параметры перенормировки.

Таким образом, урок, извлеченный физиками-теоретиками из работы с их коллегами-инженерами во время войны, оказался прост, но очень важен: фокусируй внимание на том, что измеряется, и строй свою теорию так, чтобы она не утверждала больше, чем необходимо для объяснения этих наблюдаемых величин. Такой позитивистский подход к теоретизированию шел настолько вразрез с прежними традициями, что некоторые из современников Швингера так никогда и не приняли его. Даже Дирак, один из величайших теоретиков XX в., сопротивлялся идее перенормировки вплоть до своей смерти в 1980-е гг. Тем не менее эта идея быстро завоевала популярность, по меньшей мере на несколько десятилетий изменив мнение теоретиков о том, где пролегают границы их описаний природы.

Заключение: Координация убеждений и действий

Во взаимообмене различных традиций Радиационной лаборатории МТИ легко обнаружить интересные аналогии с «Паноптикумом» Джереми Бентама в аранжировке Мишеля Фуко. «Паноптикум» — это центральная башня в проекте «идеальной» тюрьмы, откуда можно регулировать поле зрения для каждого заключенного. Гетерогенная и намеренно демократическая структура лабораторий типа комнаты 4-133 в Радиационной лаборатории чем-то сходна и в то же время в чем-то отлична по соотношению власти и надзора от ситуаций, анализируемых Фуко²⁶. Ибо в МТИ каждая субкультура вынуждена была отодвинуть в сторону свою собственную долговременную и общезначимую знаковую систему ради того, чтобы создать некую гибридную форму деятельности, называемую «радарной философией». Оказавшись под дулом пистолета, различные субкультуры начали координировать свои действия и способы представления в такой мере, какая казалась совершенно невозможной в мирное время. Очутившись вместе, они вынуждены были как-то взяться за совместную работу над радаром.

По мере расширения Радиационной лаборатории возникающие архитек-

²⁶ Foucault M. Discipline and Punish: The Birth of the Prison. New York: Vintage, 1979. P. 195–228.

турные формы начали отражать новые виды обмена. Взаимосвязи с промышленностью начали формировать самосознание физиков. Комнаты были подделены подвижными перегородками; лаборатория стала походить на фабрику не только внешне, но и во многих существенных аспектах: к концу войны на радар было потрачено почти 3 миллиарда долларов; в Радиационной лаборатории работало 3900 человек; лаборатория и ее «опытное производство» поставили оборудования для армии на 25 миллионов²⁷. Такая ситуация в большой мере повлияла на планы физиков создать огромную централизованную лабораторию на восточном побережье по образцу Радиационной лаборатории. Один ведущий физик в конце войны писал: «Эта лаборатория должна напоминать фабричное сооружение, которое можно расширять и перестраивать. Перегородки должны быть нежесткими». Дабы подчеркнуть демократическую идеологию нового учреждения, он добавил: «Не нужно делать обшитых панелями офисов для директора или кого-то другого»²⁸. Не следует, однако, принимать отказ от панелей за гомогенизацию сообщества; никто и не думал поднимать вопроса об упразднении категорий теоретика, экспериментатора и инженера.

При проектировании Национальной лаборатории высоких энергий (позже названной Ферми-лаб) ее основатели приняли во внимание сохраняющийся разрыв между субкультурами. Работа теоретиков нужна лаборатории, но им также нужно и общение с коллегами из соседних университетов, значит, нужно организовать еженедельный «теор-день»²⁹ и создать отдельный Центр теоретических исследований при лаборатории. Даже теоретикам, работающим в самом пекле экспериментальных исследований, с самого начала было ясно, что предметы теории и эксперимента не полностью совпадают. В то время как лаборатория в целом занималась физикой элементарных частиц, ее инструментами и экспериментами, теоретики работали не только над квантовой теорией сильных взаимодействий, симметриями и группами, аксиоматикой и феноменологическими исследованиями, но и над теорией гравитации, общей теорией относительности, структурой атомного ядра, астрофизикой, квантовыми жидкостями и статистической механикой. «Естественно, подразумевается, что любой теоретик может совершенно свободно переходить из одной области физики элементарных частиц в другую или уйти от проблематики элементарных частиц в одну из “периферийных” областей»³⁰. Именно благодаря этому осознанному различию в концептуальной организации между экспериментом и теорией можно обнаружить периоды непрерывного развития

²⁷ *Guerlac H.* Radar in World War II. Los Angeles: Tomash, 1987. P. 4. О военной и фабричной моделях организации для послевоенных лабораторий см.: *Galison P.* Physics Between War and Peace // Science, Technology and the Military / Ed. by E. Mendelshon, M.R. Smith, and P. Weingart. Dordrecht: Kluwer, 1988. P. 47–86.

²⁸ *Smyth.* Proposal, 25 July 1944, revised 7 February 1945. P. 8 // Princeton University Archives.

²⁹ *Goldwasser.* Circular letter, 14 January 1969 // Uncatalogued files, Fermilab Archives, Batavia, Illinois.

³⁰ Proposal for Theoretical Physics Center of the National Accelerator Laboratory, 2 August 1969. P. 2 // Uncatalogued files, Fermilab Archives.

теории и отдельные разрывы, не совпадающие с динамикой развития эксперимента.

«Усложнение математических выкладок и технологий, сопровождающее прогресс в физике элементарных частиц, более не позволяет простому смертному заниматься наукой одновременно и в экспериментальной лаборатории, и в кабинетной тиши, как в добрые старые времена делали Фарадей, Кавендиш и Рэлей или в более недавнее время Энрико Ферми»³¹. Мне кажется, не случайно культурный водораздел отразился в пространственном делении: «экспериментальная лаборатория» уже никак не совместима с «кабинетной тишью». Противопоставление деятельности (*vita activa*) и созерцания (*vita contemplativa*) возникло теперь уже внутри научной субдисциплины и, по мнению руководства Ферми-лаб, требовало особой организации пространства в лаборатории: «Все члены группы обмениваются идеями и знаниями с пользователями (т.е. приезжими экспериментаторами, работающими на лабораторном оборудовании. — П. Г.) и штатными экспериментаторами Ферми-лаб. В более формальных условиях такие “встречи умов” организуются в объединенном экспериментально-теоретическом семинаре, проходящем каждую пятницу и представляющем собой совершенно новую форму общения теоретиков и экспериментаторов в Ферми-лаб». Гораздо чаще происходят неформальные встречи «в кабинетах на третьем этаже центральной лаборатории, в кафетерии, комнате отдыха и в аэропортах»³². Именно такие места превращаются в зоны обмена. Во время такого общения никто не пытается превратить экспериментаторов в теоретиков, и наоборот. Напротив, концепция сотрудничества, разработанная физиками во время войны, предусматривает строгое разделение на субкультуры и подчеркивает роль обмена.

Данные примеры обмена между субкультурами намечают модель научной деятельности, в корне отличную как от картины полной произвольности, о которой писали некоторые приверженцы теории групповых интересов, так и от строгой обособленности языка наблюдений, на которой настаивали ранние позитивисты. Или, точнее, в чем-то эта модель напоминает первое, а в чем-то второе. Я хочу подчеркнуть относительную ограниченность научной деятельности *в рамках* определенной традиции, где едва ли все позволено. Но если в одной субкультуре происходят радикальные перемены, — а никакая субкультура от них не застрахована, — то другие субкультуры совсем не обязательно испытают разрыв. Более того, относительная обособленность и отчужденность одной субкультуры от другой не исключают возможности переговоров между ними; скорее, это приводит к возникновению зон обмена. Структура всего сооружения как целого оказывается прочнее, чем это виделось антипозитивистам.

За отказ от скачкообразных схем периодизации, предлагавшихся гештальт-психологической и социологической парадигмами, приходится платить: теряется яркая метафорическая образность тотальных трансформаций. Требуется

³¹ Lee B. W. Theoretical Physics at Fermilab // NALREP: Monthly Report of the Fermi National Accelerator Laboratory (March 1978). P. 1.

³² Там же. P. 7–8.

иная образная основа, чтобы представить себе локальные ситуации, возникающие при встрече двух сложных социальных и знаковых систем. Антропологи имеют дело именно с такими ситуациями; одна из наиболее интересных областей исследований такого рода — проблема «пиджинизации» и «креолизации» в антропологической лингвистике. Оба термина относятся к языкам, функционирующим на границе между группами. «Пиджином» обычно называют язык, составленный из элементов по меньшей мере двух активных языков; «пиджинизация» — это процессы упрощения и ограничения, в результате которых возникает пиджин. Пиджином не принято называть язык, который используется какой-либо группой, пусть даже очень малой, как ее родной язык. «Креолом» же называют такой пиджин, который настолько расширился и усложнился, что может функционировать в качестве достаточно стабильного родного языка³³.

Обычно пиджины возникают как языки контакта в тех случаях, когда нескольким группам нужно организовать торговлю или обмен. Такие языки возникают, например, когда меньшая по размеру, но доминирующая группа не допускает распространения своего языка в его полной форме, дабы оградить его от других и сохранить свое культурное своеобразие, либо потому что считает, что низшие сословия неспособны выучить его со всеми его сложностями. В качестве средства общения доминирующая группа разрабатывает особый «язык для иностранцев», который по мере повседневного использования в торговле все более развивается. Таково, по-видимому, происхождение «полицейского языка моту». Исходно племя моту (с островов Папуа — Новая Гвинея) создало упрощенную версию своего языка («язык для иностранцев») для обслуживания своей обширной торговой сети, где горшки и дары моря обменивались на дичь. Когда британцы установили колониальный режим, они поддерживали свою власть с помощью полиции, зачастую набранной из людей, для которых язык моту не был родным. Полицейские прибегли к единственному общедоступному языку — упрощенному моту — и усовершенствовали его для выполнения более сложных функций колониального управления³⁴.

По мере того как пиджин расширяется и описывает все более разнообразные события и вещи, он начинает играть лингвистическую роль заметно большую, чем просто облегчение торговли. В конце концов, когда дети начинают разговаривать на этом расширенном пиджине, язык используется уже не только для специфических ситуаций, а для полного спектра человеческих нужд. Лингвисты называют такой новый «естественный» язык креольским и определяют процесс его формирования как креолизацию.

Я остановился здесь на динамике языков контакта, их стабилизации, структуре и расширении, поскольку при этом возникают те же вопросы, что и в ситуации столкновения теоретиков с экспериментаторами. Например, стоит

³³ Дальнейший анализ в большой мере основан на отличном обзоре литературы по пиджинизации и креолизации: *Foley W.A. Language Birth: The Processes of Pidginization and Creolization // Language: The Sociocultural Context / Ed. by F.J. Newmeyer. Cambridge, UK: University Press, 1988. P. 162–183.*

³⁴ Там же. P. 173–174.

взглянуть на то, как экспериментаторы, теоретики и инструменталисты упрощают описания своих действий, когда представляют их другим субкультурам. Рассмотрим следующий пример. В начале 1960-х гг. Сидней Дрелл и Джеймс Бьеркен решили написать книгу по теории квантового поля. Вскоре они обнаружили, что написали две совершенно разные книги: первый том предназначался для читателей, не принадлежащих к субкультуре физиков-теоретиков, и начинался с теоретических правил расчета; второй том содержал теоретическое обоснование и доказательства процедур Фейнмана. Первая книга рассказывала о диаграммах Фейнмана и классических приложениях, которые они упростили: Bremsstrahlung (испускание фотона заряженной частицей), рассеяние Комптона (отклонение фотона электроном) и парная аннигиляция (электрон и анти-электрон сливаются, и образуется пара фотонов). Для изучения поправок более высокого порядка к подобным процессам авторы ввели процедуру перенормировки без систематических пояснений. Книга, посвященная процедурам, началась именно с правил, таких, как: «Для каждой внутренней мезонной линии с нулевым спином и моментом \mathbf{q} фактор равен

$$i/(q^2 - \mu^2 + i\epsilon),$$

где μ — масса мезона и ϵ — малое положительное число»³⁵.

Такое усовершенствование [теории], более непосредственное и менее формальное, хотя и менее привлекательное, чем дедуктивный подход к теории поля, должно сделать количественные расчеты, анализ и понимание графов Фейнмана частью багажа гораздо большего числа физиков, чем узкая группа квантовых теоретиков. В частности, мы имеем в виду наших коллег-экспериментаторов и студентов, интересующихся физикой элементарных частиц³⁶.

Теоретический базис, в котором эти правила находят свое обоснование, в томе, адресованном экспериментаторам, был опущен. Также отсутствовали и более общие доказательства, например, демонстрация того, что внутри квантовой электродинамики вычисления любой степени точности будут конечными³⁷. Как и в «полицейском языке моту», создание версии знаковой системы «для иностранцев» происходило по многим направлениям: упор на убедительно выглядящую, эвристическую аргументацию, а не на более систематическое изложение; акцент на вычисление измеряемых величин, а не на формальные свойства теории, не связанные напрямую с экспериментом (например, симметрии и инварианты). Версия для теоретиков часто содержала объяснения внутренних связей между явлениями, которые в версии для экспериментаторов просто постулировались. Например, в «экспериментаторском» томе постулировалось, что частицы с полуцелыми спинами (та-

³⁵ Bjorken J. and Drell S. Relativistic Quantum Mechanics. New York: McGraw-Hill, 1964. P. 286.

³⁶ Там же. P. viii.

³⁷ Bjorken J. and Drell S. Relativistic Quantum Fields. New York: McGraw-Hill, 1965. P. 330–344.

³⁸ Там же. P. 170–172.

кие, как электроны) подчиняются принципу исключения Паули, в то время как в томе для теоретиков это заявление обосновывается для любой локальной квантовой теории, подчиняющейся ковариантности Лоренца и имеющей уникальное начальное состояние³⁸.

Несмотря на радикальное различие онтологических представлений (т.е. представлений о реально существующих объектах), определенная общность возникает в вопросах феноменологии физики элементарных частиц: как протоны отскакивают от электронов? Как электроны рассеиваются на позитронах? Как фотоны создают пары электронов и позитронов вблизи протонов? При решении подобных вопросов теоретики и экспериментаторы достигают соглашения относительно правил представления, расчета и частичной интерпретации. Первый том Бьеркена и Дрелла воистину делает попытку создать стабильный пиджин для общения теоретиков и экспериментаторов. Примитивизация математической структуры, избегание исключительных случаев, минимизация внутренних связей между теоретическими структурами, отказ от изощренных объяснительных схем — все это способы, какими теоретики готовят свой предмет для обмена со своими коллегами-экспериментаторами. Данные шаги в направлении регуляризации можно считать формально-лингвистическими аналогами фонологической, морфологической, синтаксической и лексической примитивизации естественных языков³⁹.

Неудивительно, что экспериментаторы, со своей стороны, разработали собственный язык «для иностранцев». Так же, как теоретики добиваются упрощений путем подавления «эндогенной» структуры, связывающей различные теории, так и экспериментаторы, когда разговаривают с теоретиками, пропускают звенья цепи, которыми одна экспериментальная процедура увязывается с другой.

Использование оборудования в качестве готового «черного ящика» можно рассматривать как материальный аналог лингвистического процесса пиджинизации: так же, как термин «электрон» обретает смысл вне конкретного контекста, так и *предметы*, такие, как осциллятор, могут служить связующим элементом между субкультурами, когда эти предметы вынимают из исходного контекста и помещают в новый. Именно непоколебимая уверенность военных цензоров в том, что, взятые в изоляции, физические инструменты *не* выдадут свою функцию в развитии ядерного оружия и радара, привела к раскреживанию практически всего электронного оборудования.

Начиная с семинаров в Радиационной лаборатории во время войны, процедуры сборки цепей, подборки компонент и тестирования, а также общие навыки постепенно кодифицировались в учебных курсах, а во время послевоенного электронного бума они составили целый микромир практического знания, вполне самодостаточный для того, чтобы готовить студентов «в области микроволновой электроники», обособленной как от теории поля, так и от традиционной радиотехники. Пиджин превратился в креольский язык. Аналогично развитие *феноменологии элементарных частиц* как области теоретиче-

³⁹ См.: *Ferguson C. Simplified Registers and Linguistic Theory // Exceptional Language and Linguistics / Ed. by L. K. Obler and L. Menn. New York: Academic Press, 1982. P. 60.*

ской физики можно рассматривать как расширение зоны обмена вовне: пиджин физики элементарных частиц выходит наружу, охватывая все больше форм деятельности, часть из которых заимствована у экспериментаторов, а часть — у специалистов квантовой теории поля. Как и подобает их пограничному самосознанию, такие физики иногда оказываются как среди теоретиков, так и среди экспериментаторов.

Что делает пиджин стабильным? Что позволяет случайному альянсу лингвистических навыков, собранных для специальной задачи, сохраниться и даже распространиться? Согласно одной интересной точке зрения, сочетание трех и более языков (*тройная гибридизация*) не позволяет ни одной группе абсорбировать пиджин обратно в один из исходных языков⁴⁰. Возможно (здесь я могу лишь предполагать), что одной из наиболее важных причин эффективности больших лабораторий военного времени было именно такое вынужденное согласование деятельности теоретиков, экспериментаторов, изготовителей инструментов, инженеров-электротехников и инженеров-механиков. Именно это *отличие* такой скоординированной деятельности от предшествующего опыта физиков заставило Уайта и других говорить о *радарной философии*.

Изучая, как графики и медные трубки циркулировали туда и обратно через границу культурного водораздела, можно было бы заключить, вслед за антипозитивистами, что миры теории, эксперимента и инженерной деятельности пересеклись, но не встретились. Такое описание, однако, никак не согласуется с тем, что говорят сами участники. У них есть средства общения, но общение происходит лишь по частным вопросам, а не путем глобального перевода культур и не через образование универсального протокольного языка. Резюме таково: лаборатории работают путем координации действий и убеждений, а не путем языкового перевода.

Разрешите мне закончить метафорой. Многие годы физики и инженеры питали к беспорядку глубокое недоверие. Они ожидали надежности от кристаллов, а не от неорганизованных материалов; они искали прочность в однородных субстанциях, а не в слоистых. Несколько лет назад внезапно произошла тихая революция. Они обнаружили, что классическая точка зрения представляла дело с точностью до наоборот: электронные свойства кристаллов были в порядке до тех пор, пока — именно из-за этой *упорядоченности* — не происходила катастрофа. Именно аморфные полупроводники с их *беспорядочной* атомной структурой давали надежный выход, необходимый для современной электроники. Инженеры-строители с трудом усвоили эту истину. Прочнейшие материалы оказались не однородными, а слоистыми; ломаясь на микроскопическом уровне, они продолжали держаться в целом. В 1868 г., по другому поводу, Чарльз Сандерс Пирс прибегнул к метафоре троса. Эта цитата тем не менее кажется мне уместной именно здесь: «Философия должна имитировать методы наук, добившихся успеха. ... [Она должна] доверять множеству и разнообразию аргументов, а не полагаться на убедительность един-

⁴⁰ M. H. L. Usler P. Pidgin and Creole Linguistics. Oxford: Blackwell, 1986. P. 60.

⁴¹ Peirce C. P. Some Consequences of Four Incapacities // Writings of Charles Sanders Peirce: A Chronological Edition. Vol. 2. Bloomington: Indiana University Press, 1984. P. 213.

ственного довода. Философское рассуждение должно представлять собой не цепочку, чья прочность равна прочности ее слабейшего звена, а трос, чьи волокна могут быть чрезвычайно тонки, но прочность при этом достигается их достаточным количеством и взаимными связями»⁴¹. Прочность троса обеспечивается не каким-то «золотым» волокном, протянувшимся через всю длину. Целое не определяется одним волокном. Напротив, громадные стальные тросы, державшие массивные мосты во времена Пирса, достигали такой прочности путем переплетения огромного числа не очень длинных волокон, ни одно из которых не могло бы выдержать такой вес. Несколько десятилетий позднее Витгенштейн использовал тот же образ в метафоре нити, которой он иллюстрировал использование понятий: «Мы расширяем наше понятие числа подобно тому, как при плетении нити мы накручиваем одно волокно на другое. И прочность нити создается не единственным волокном, протянувшимся через всю ее длину, а переплетением множества волокон»⁴². Понятия, формы деятельности и аргументы не останавливаются на пороге понятийной схемы или ее конкретного исторического воплощения; они продолжают свое фрагментарное существование.

Эти аналогии довольно глубоки. Именно *беспорядочность* научного сообщества, слоистые, конечные, частичные обособленные образования, поддерживающие друг друга, именно *разобщенность* науки, переплетение *различных* типов аргументации придают ей силу и внутреннюю согласованность. Эта многослойность простирается еще дальше: как мы убедились, даже в области инструментария науки изобразительная и аналитическая традиции, вначале разделенные, затем соединяются — образ и логика вначале соревнуются, а затем сливаются воедино.

В конце концов, однако, метафора троса обнаруживает свою ограниченность, ибо Пирс говорит о необходимости не только «достаточного количества» волокон, но и о «взаимных связях» между ними. В случае троса такие связи означают лишь пространственную близость; этот образ вряд ли может передать всю сложность отношений, связывающих понятия, аргументы, инструменты и субкультуры науки. Никакая механическая аналогия не способна это сделать, ибо люди создают взаимосвязанную культуру науки путем координирования разнообразных знаковых и материальных видов деятельности. Любой метафоре рано или поздно приходит конец.

⁴² Wittgenstein L. Philosophical Investigations. 2nd ed. Oxford: Blackwell, 1958. Par. 67.