

ОТКРЫТАЯ ЛЕКЦИЯ / OPEN LECTURE

ТАКСОНОМИЯ НЕМАТЕРИАЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Т. А. Вархотов

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
Москва, Россия
varkhotov@gmail.com

М. Ю. Волошин

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
Москва, Россия
allrour95@rambler.ru

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда
№ 23-28-00804 «Эпистемология нематериального эксперимента:
мысленные эксперименты и компьютерные симуляции»,
<https://rscf.ru/project/23-28-00804/>

Рассматриваются эпистемологические отношения между классическим лабораторным экспериментом, мысленным экспериментом и вычислительным экспериментом. В контексте новейшей истории философии и методологии науки от позитивизма до так называемого экспериментального поворота и современных дискуссий о нематериальных экспериментах обсуждаются эпистемологические сходства и отличия материального, мысленного и вычислительного экспериментов, а также методологическая специфика эксперимента как конкретно-научного метода и родового понятия для этой спорной, но де факто используемой таксономии. Общей чертой всех квазиэкспериментальных методов в научном познании является их семиотическая функция: они выступают средствами обеспечения предметности, придания смысла формальным структурам знания. Отмечается, что несмотря на кажущуюся противоречивость понятия «нематериальный эксперимент», и мысленные, и вычислительные эксперименты обладают значимыми общими чертами с лабораторным экспериментом, в особенности с учётом его современной трактовки как активной конструктивной процедуры. Все три типа «экспериментальных» методов характеризуются созданием искусственных условий, теоретической нагруженностью, активностью субъекта и производством новых данных, а также способностью, по выражению Я. Хакинга, «жить собственной жизнью», т.е. изменяться вместе с предметной областью, которую формируют. При этом мысленные и вычислительные эксперименты радикально отличаются от лабораторных тем, что не используют материальные компоненты исследуемых в них предме-

тов, а между собой существенно отличаются типом используемой инфраструктуры: воображение для мысленных экспериментов и математические модели для вычислительных, – а также «прозрачностью» способа получения результатов: работа мысленного эксперимента представляется для субъекта ясной, а работа компьютерной симуляции ввиду высокой степени сложности применяемых вычислений оказывается непрозрачной, в особенности с учётом того, что современные вычислительные эксперименты способны, как и лабораторные эксперименты, давать различные результаты в разных итерациях. Материал статьи предназначен для лекционной части курсов «Философия и методология науки» и «Моделирование, прогнозирование и экспертиза в научной деятельности» (преподаются соответственно в 3–4 и 7–8 семестрах студентам бакалавриата философского факультета МГУ имени М. В. Ломоносова), а в полном объеме читается авторами в рамках курса «Экспериментальные практики в методологии общественных наук» (магистратура философского факультета).

Ключевые слова: методология науки, эксперимент, экспериментальный поворот, философия экспериментирования, мысленный эксперимент, вычислительный эксперимент

TAXONOMY FOR THE NON-MATERIAL EXPERIMENT

Taras A. Varkhotov

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
varkhotov@gmail.com

Mikhail Yu. Voloshin

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
allrou95@rambler.ru

The article examines the epistemological relations between the classical laboratory experiment, the thought experiment, and the computational experiment. In the context of the modern history of the philosophy and methodology of science from positivism to the so-called experimental turn and contemporary discussions of immaterial experiments, the question of the epistemological similarities and differences between material, thought, and computational experiments is raised, as well as the methodological specificity of the experiment as a concrete scientific method and a generic concept for this controversial, but de facto used taxonomy. A common feature of all quasi-experimental methods in scientific knowledge is their semiotic function as a means of ensuring objectivity, giving meaning to the formal structures of knowledge. The first section examines the so-called “experimental turn” in the philosophy of science, associated with the works of the Stanford School and the transition from under-

standing the experiment as “simply” armed observation to its interpretation as a practice of active intervention in reality and the producing of facts. The moment of “spontaneous realism” in experimental science and the presence, as noted by Ian Hacking, of a “life of their own” for experimental practices and the facts reproduced in them are emphasized. The second section is devoted to the epistemology of thought experiments. The arguments in favor of denying thought experiments’ “experimental nature” and recognizing them as a type of theoretical models that deal exclusively with logical consequences and logical integrity (consistency) of a theory are critically examined. Using the example of the EPR paradox and related plots in history of physics, the ability of thought experiments to create new knowledge and “live a life of their own” is emphasized, i.e., an ability to reproduce in different theoretical contexts and to give different results rather than only those supposedly fixed once and for all by their logical structure. The third section emphasizes that computational experiments and digital simulations are similar to thought experiments in their “immateriality”, but differ in the cognitive infrastructure used and in the transparency of obtaining results. While a thought experiment relies on the work of the imagination and provides the immediate clarity of obtaining a result, a computer simulation uses an “external” computational infrastructure and, due to the high complexity of models and calculations, makes the origin of specific observed results opaque to the researcher, which makes simulations closer to classical laboratory experiments. At the same time, the ability of modern computer simulations to model empirically non-existent objects, giving them observability, and to produce different results in different iterations emphasizes their methodological “experimentality” as sources of new quasi-empirical data. In conclusion, it is noted that a productive solution to the “taxonomic confusion” is the recognition of the essential epistemological kinship of material, thought and computational experiments, despite the exact degree of closeness has yet to be clarified. The presented material is intended for the lecture part of the courses Philosophy and Methodology of Science and Modeling, Forecasting and Expertise in Scientific Activity (taught, respectively, in semesters 3–4 and 7–8 to undergraduate students of Lomonosov Moscow State University’s Faculty of Philosophy), and is completely given by the authors within the framework of the course Experimental Practices in the Methodology of Social Sciences (Master’s degree program of the Faculty of Philosophy).

Keywords: methodology of science, experiment, experimental turn, philosophy of experimentation, thought experiment, computational experiment

DOI 10.23951/2312-7899-2025-1-138-167

Препамбула

Один из самых старых и влиятельных эпистемологических трактатов за всю историю интеллектуальной культуры – «Метафизика»

Аристотеля – открывается утверждением: «Все люди от природы стремятся к знанию» [Аристотель 1976, 65], – и далее быстро уточняет это стремление до представляющейся автору безальтернативной и необходимой последовательности: «...человек, имеющий опыт, считается более мудрым, нежели те, кто имеет <лишь> чувственные восприятия, а владеющий искусством – более мудрым, нежели имеющий опыт, наставник – более мудрым, нежели ремесленник, а науки об умозрительном (theoretikai) – выше искусств творения (poietikai). Таким образом, ясно, что мудрость есть наука об определенных причинах и началах» [Аристотель 1976, 67]. Это ставшая на долгие века классической «эпистемологическая этажерка» фиксирует два фундаментальных положения: 1) познание инспирируется чувственностью, являющейся частью природы человека (познание естественно); 2) чистое теоретическое знание условно ближе к истине, чем «случайное» и частное эмпирическое (данная в чувственных проявлениях действительность, по существу, только интеллигибельна).

В начале XX в. обновлённую версию этой же конструкции повторил автор ещё одной беспрецедентной по своему значению и влиянию философской работы – Л. Витгенштейн в «Логико-философском трактате»¹: технически мир состоит из предметов, то есть простых чувственных данностей, но онтологически мир состоит из фактов, то есть структур, конфигураций объектов, а объекты познаются в связи со структурами, в которые могут входить: знать объект – значит знать «все возможности его вхождения в атомарные факты» (2.0123). Мы всегда имеем дело со сложным – предметы связываются в конфигурации (факты), конкретные конфигурации (структуры фактов) отображают их «форму» – «возможность структуры» (метаструктуру) (2.033). Наш способ ориентации в этой многомерной структурной «матрешке» опирается на создание образов (моделей) действительности (2.12), отображающих форму (структуры высокого порядка) интересующих нас «вещей»: «Форма отображения есть возможность того, что предметы соединены друг с другом так же, как элементы образа» (2.151). Способность обнаруживать структурирующие правила («формы») есть суть познавательной деятельности – в конечном счёте субстанцией мира является логическая форма, то есть интеллигибельный сверхопытный объект, полностью определяющий возможность всего, что может или не может происходить в действительности: «То, что каждый

¹ Далее «Логико-философский трактат» цитируется посредством указания номера соответствующего тезиса по изданию [Витгенштейн 2017].

образ, какой бы формы он ни был, должен иметь общим с действительностью, чтобы он вообще мог её отображать – правильно или ложно, – есть логическая форма, то есть форма действительности» (2.18). И далее: «Мысль содержит возможность того положения вещей, которое в ней мыслится. То, что мыслимо, также возможно» (3.02).

Представление о том, что постигаемой частью субстанции мира является интеллигибельная порождающая структура (форма), система правил, содержащих все возможные действительности, а наличная действительность (факты) изменчива, неустойчива и познаваема лишь в том смысле, что в ней выражается, проявляется форма, в философии науки транспонируется в два «классических» подхода к обоснованию знания – индуктивный и гипотетико-дедуктивный. Общими для обоих являются все те же цитированные выше положения: чувственный опыт – лишь отправная точка, повод для знания, последнее же тем в большей степени является знанием, чем более оно формально – книга природы написана на языке математики.

В этом контексте экспериментальные практики – в их предельно широком понимании как средств доступа к эмпирическим данным – оказываются сколь необходимым (поскольку, выражаясь языком «Логико-философского трактата», они представляют собой способ непосредственно соприкоснуться с содержательной стороной субстанции мира – с предметами и их наличными конфигурациями, фактами), столь и случайным и бессмысленным вне формальной теории инструментом. Подлинное доказательство всегда теоретическое (формальное), эксперимент же – лишь повод запустить доказательную процедуру или же (какая малость!) убедиться в том, что доказательное (возможное) ещё и налично действительно (явлено). Экспериментальные данные ценны лишь в той мере, в какой они проявляют, позволяют заметить образующую действительность формальную структуру.

Впрочем, тот же Л. Витгенштейн подчёркивает важную особенность познавательной деятельности: образ не отображает свою форму отображения, а лишь обнаруживает её (2.172). Отсюда следует, что искомые формальные структуры проявляются в той мере, в какой некий факт выступает для нас в качестве образа, картины чего-то другого, – это семиотическое отношение, предполагающее невозможность *обнаружения* формальной структуры без её *понимания*: чтобы форма «показалась» в представлении, его нужно осмыслить как проявление этой формы, то есть превратить в полноценный знак, подразумеваемую связь наличного и чего-то, непосред-

ственно не присутствующего, но означаемого этим наличным. Экспериментальные практики обеспечивают это семиотическое отношение, придавая данным характер фактов, то есть функцию представления некоторой структуры. При этом чем о более сложных, фундаментальных формальных структурах идёт речь, тем более абстрактными, относящимися к самой структуре представления оказываются требуемые для их осмысления факты. Такие факты, представляющие скорее способы обращения с предметами (структуры воображения), нежели сами предметы (чувственно-воспринимаемые компоненты экспериментальных практик), принадлежат сфере мысленных экспериментов [Вархотов 2024; Мелик-Гайказян 2021; Мелик-Гайказян 2024]. Как отмечает Дж. Леонхард, мысленные эксперименты имеют принципиальное значение для теоретического научного знания именно потому, что формальное доказательство неотделимо от понимания значения, от означивания математических (и прочих) знаков, которое и обеспечивается включением воображения: «По семиотическим причинам чрезвычайно сложно избавиться от мысленных экспериментов. Формализация одного контекста готовит почву для мысленных экспериментов на новом уровне. Возникающие новые уровни придают математической эпистемологии семиотическую природу: формальный мир получает свою собственную жизнь (перефразируя вердикт Хакинга по поводу экспериментов). Сущности могут появляться благодаря конструированию, но это не делает их произвольными, равно как и не определяет их в полной мере. Таким образом, основным компонентом математизации является исследование. Это обеспечивает релевантность мысленным экспериментам: они делают возможным исследование» [Leonhard 2022, S31]¹.

Ниже мы ещё раз обратимся к вопросу о статусе экспериментальных методов и постараемся показать, как соотносятся между собой материальные, мысленные и вычислительные эксперименты².

Материальный эксперимент: не просто наблюдение

Философия экспериментирования лишь сравнительно недавно обособилась в самостоятельный подраздел философии науки. В эпоху господства логического позитивизма и попперовского постпозитивизма философские проблемы экспериментирования не

¹ Поясним, что «S» есть часть нумерации в цитируемом источнике.

² Подготовка данной статьи была инициирована появлением в журнале в 2024 году рубрики «Открытая лекция», начатая статьей [Горбулева, Мелик-Гайказян 2024].

рассматривались как специфический, требующий отдельного рассмотрения класс вопросов. В качестве подтверждения сошлёмся на такие работы, как «Философские основания физики» [Карнап 1971], «Философия науки» [Франк 1960] и «Структура науки» [Nagel 1961]. Среди этих трех работ только книга Карнапа содержит отдельную главу про эксперимент, и при этом обсуждение всё равно сводится к крайне узкому вопросу о том, какими факторами можно (или нельзя) пренебречь при проведении экспериментального исследования. Работа Франка не содержит не только главы об эксперименте, но и даже термина «эксперимент» в «Алфавитном указателе». Что же касается Нагеля, то в главе «Экспериментальные законы и теории» обсуждается различие эмпирического и теоретического уровней научного познания и способы установления соотношений между ними («правила соответствия»), однако под «экспериментальными» Нагель имеет в виду любые феноменологические закономерности независимо от того, получены ли они (пассивным) наблюдением или (активным) экспериментом [Nagel 1961, 79–105].

Такое пренебрежение проблематикой эксперимента в логическом позитивизме объясняется прежде всего тем, как в целом рассматривается эмпирический уровень научного познания. Если этот уровень состоит из высказываний, выражающих некоторые элементарные единицы опытного знания, то с логической точки зрения (с точки зрения логической формы этих высказываний) нет никакой разницы между предложениями наблюдения, полученными экспериментально, и теми, которые получены другими средствами. Логические проблемы, окружающие вопросы об устройстве эмпирического уровня науки, останутся теми же самыми – говорим ли мы о «наблюдениях» или об «экспериментах». Поэтому и дискуссия о сущности и роли протокольных предложений, развёрнутая на страницах журнала *Erkenntnis*, фактически не проблематизирует эксперимент [Erkenntnis 2006; Erkenntnis 2010]. Постпозитивистские исследования интересовались экспериментализмом прежде всего в контексте понятия «решающий эксперимент» (возможность которого активно обсуждалась в полемике разных философов, прежде всего Поппера, Куна, Лакатоса и Фейерабенда), однако *experimentum crucis* не отличали специально от наблюдения, способного сыграть ту же решающую роль. В частности, проблема теоретической нагруженности опыта в равной мере была актуальной как для наблюдений, так и для экспериментов [Поппер 2004]; одновременно критический рационализм в полной мере наследо-

вал у «преодоленного» им логического позитивизма и взгляд на эмпирический базис как на систему высказываний¹.

До того как философско-методологическая оптика логического позитивизма стала универсальной, некоторые философы пытались провести специальное различие между экспериментальным и «пассивным» наблюдением. В седьмой главе III книги («Индукция») своей «Системы логики» Милль пишет, что бэконовский стандарт «видоизменения обстоятельств» не может быть соблюден, если ограничиться лишь фиксацией того, как в природе (независимо от нас) протекают те или иные процессы. Требуется «громоздкое расширение» наблюдения (то есть эксперименты предоставляют количественно более богатый материал), и, кроме того, экспериментально произведенное явление «мы можем как бы взять к себе домой и наблюдать среди таких обстоятельств, с которыми мы вполне знакомы во всех других отношениях» [Милль 2011, 305]. Известная миллевская процедура элиминативной индукции с большей вероятностью принесёт свои плоды, если будет применена к экспериментальному, а не только наблюдательному материалу. Так, описывая превосходство метода различия над методом сходства, Милль уточняет: «Сама природа эксперимента заключается во введении в существовавшую до того совокупность обстоятельств какой-нибудь вполне определенной перемены» [Милль 2011, 313].

Но это преимущество, по Миллю, – исключительно практическое. «В целях видоизменения обстоятельств мы можем прибегнуть или к наблюдению, или к опыту (то есть к эксперименту. – Т.В., М.В.); мы можем либо *отыскать* в природе пригодный для наших целей случай, либо *создать* его при помощи искусственного сочетания обстоятельств... Между двумя указанными процессами исследования нет никакой разницы по существу, никакого действительного логического различия. Зато между ними есть практические отличия»² [Милль 2011, 305]. Таким образом, для Милля (как и, скажем, для Карнапа) эксперимент рассматривается лишь как технически более совершенная версия наблюдения, которая находится, тем не менее, в том же, что и наблюдение, отношении к теории и действительности.

¹ Как показательно утверждает К. Поппер, «...справедливо считается, что высказывания могут быть логически оправданы только при помощи высказываний. Поэтому связь между восприятиями и высказываниями остаётся весьма туманной, она описывается при помощи неясных выражений, которые ничего не проясняют, а только маскируют трудности...» [Поппер 2005, 41].

² Курсив в приведённой цитате соответствует курсиву в оригинале.

Другой известный пример – Эрнст Мах. Двенадцатая глава «Познания и заблуждения» посвящена физическому эксперименту. «Под экспериментом следует разуметь *самодетальное* отыскивание новых реакций или новых связей между ними <...> Всё, что мы можем узнать при помощи эксперимента, сводится к *зависимости или независимости* элементов (или условий) какого-нибудь явления от другого, и этим исчерпывается»¹ [Мах 2014, 208–209]. Таким образом, в рамках экспериментального исследования наши манипулятивные возможности выше, чем при простом наблюдении, и это выгодно отличает эксперимент от других средств эмпирического исследования. Но это выгодное отличие снова, как и в случае Милля, оказывается лишь количественным. Эксперимент встроено в целостную научную практику так же, как и наблюдение, и выполняет ту же роль. Эксперимент – это утончённое (или уточнённое?) наблюдение.

Мах пишет: «У великих исследователей следует учиться, как в совершенно обыкновенных явлениях усматривать не одно только обыденное и не имеющее значения. При внимании, усиленном определенным интересом, можно и без особых приборов и специально устроенных опытов *усмотреть* в повседневной окружающей нас среде *следы важных связей*. Кто не усвоил себе этой способности, тот вряд ли сделает много открытий в области экспериментального исследования»² [Мах 2014, 213]. О том же говорит и Милль: «[Правила для наблюдения], подобно правилам для изобретения, представляют собственно только указания для подготовки ума в известном направлении, для приведения его в такое состояние, в котором он будет наиболее подготовлен к наблюдению или наиболее способен к изобретению. Следовательно, эти правила являются, в сущности, правилами искусства самовоспитания, совершенно отличного от логики» [Милль 2011, 304].

В этих цитатах хорошо различимо общее ядро. Оба автора полагают, что в эксперименте задействованы те же способности человека, что и при наблюдении, однако эти способности используются более развитым образом. Хороший экспериментатор, следовательно, есть следующая ступень развития хорошего наблюдателя. И в том и в другом случае требуется «самовоспитание»³.

¹ Курсив в приведённой цитате соответствует курсиву в оригинале.

² Курсив в приведённой цитате соответствует курсиву в оригинале.

³ Можно сказать, что тем самым в этих пассажах Милль и Мах предвосхищают гораздо более поздний анализ «практик себя», сформулированный Пьером Адо, творчески воспринятый Мишелем Фуко и применённый к философии науки в известной монографии [Дастон, Галисон 2018], особенно гл. 4 «Научная самость» и с. 292–302.

Активизацию дискуссий об эпистемологической и методологической специфике научного эксперимента принято атрибутировать – в основном благодаря его собственному настоянию на этом¹ – более позднему автору, а именно Яну Хакингу и его работе 1983 года [Хакинг 1998]².

«Одна из ролей эксперимента настолько отрицается философии науки, что для неё даже нет названия. Я называю это созданием феноменов (явлений). Традиционно говорят, что учёные объясняют явления, которые они встречают в природе. Я говорю, что они часто создают явления, которые впоследствии становятся центральными элементами теорий» [Хакинг 1998, 229]. И далее: «Экспериментирование означает создание, производство, уточнение и приведение к устойчивости явлений» [Хакинг 1998, 238]. Хакинг однозначно утверждает эпистемологическую специфику эксперимента по отношению к наблюдению – специфику, которая игнорировалась несколькими поколениями позитивистки-ориентированных философов науки. Если наблюдение означает лишь регистрацию явления, произведённого природой (пусть и в условиях теоретической нагруженности всякого наблюдения), то эксперимент означает *производство* явлений. Более того, именно они (а не пассивные наблюдения) становятся «центральными элементами теорий»³.

Вплоть до работ Хакинга в философии науки обычно не специфицировали эксперимент в качестве фундаментально иной, по сравнению с наблюдением, практики. Милль и Мах признают различие между наблюдением и экспериментом, но это – различие по степени. Ещё более это различие нивелируется при переходе

¹ Оригинальность и новизна «экспериментального поворота», усматриваемого преимущественно в работах представителей Стэнфордской школы 1980-х гг. (Я. Хакинга, Н. Картрайт и П. Галисона), небезосновательно оспаривается со ссылкой на непозитивистскую континентальную философию науки первой половины XX в. (прежде всего – Г. Башляра и Г. Динглера) (подробно см.: [Simons, Vagelli 2021]).

² Параллельно с Хакингом философско-эпистемологическую проблематику экспериментирования развивал также голландский философ Ханс Раддер [Radder 1988]; однако его работа, вышедшая на нидерландском языке в 1984 году, то есть параллельно с работой Хакинга, по-английски была опубликована на пять лет позже «Представления и вмешательства», что не позволило Раддеру разделить лавры зачинателя «экспериментального поворота» с Хакингом.

³ Экспериментальное получение (или «производство») фактов существенно отличается от наблюдательного. «Наблюдение, в научно-философском смысле этого слова, играет относительно малую роль в экспериментальной науке... Считывание и записывание показаний приборов не имеет отношения к реальности. То, что имеет реальное значение – это необыкновенная способность замечать все странное, неправильное, поучительное или искажённое в причудливом поведении приборов. Экспериментатор – не “наблюдатель” в смысле традиционной философии науки, а скорее бдительная и наблюдательная личность» [Хакинг 1998, 238–239].

к фундаментальным работам логического позитивизма. В этом смысле Хакинга действительно следует считать новаторским философом науки, особенно учитывая связь его экспериментализма с «манипулятивным аргументом» в полемике о научном реализме.

«Экспериментальная работа предоставляет самый сильный довод в пользу научного реализма. Это происходит не потому, что мы проверяем гипотезы об объектах, а потому, что с объектами, которые в принципе не “наблюдаемы”, можно манипулировать регулярным образом, с тем чтобы получать новые явления... Они являются средствами, инструментами не мысли, а дела» [Хакинг 1998, 269]. Аргумент Хакинга достаточно нетривиален, поскольку не только (и даже не столько) защищает научный реализм, но фактически переопределяет представление о том, что представляют собой «явления». В концепции Хакинга экспериментальная работа – это творческая работа по созданию новых классов явлений: произведя манипуляции с «ненаблюдаемыми» объектами, мы получаем «наблюдаемые» следствия, которые в иных ситуациях невозможно стабилизировать. Существенное свойство эксперимента – его повторяемость, воспроизводимость – здесь играет на руку одновременно конструктивистским и реалистическим тенденциям в интерпретации эксперимента. С одной стороны, явление «сконструировано» нами. С другой стороны, оно «сконструировано» при помощи определенных представлений о деталях этого «конструктора», которые, продемонстрировав свою успешность, могут считаться достоверными. Нельзя построить дом из кирпичей, если не действовать так, как если бы кирпичи существовали на самом деле. В этом плане любой экспериментатор является стихийным реалистом: «Большая часть физиков-экспериментаторов являются реалистами относительно некоторых теоретических объектов, а именно тех, которые они используют. Я заявляю, что они и не могут не быть ими» [Хакинг 1998, 229].

Когда Хакинга в 1997 году попросили написать предисловие к русскоязычному переводу его *opus magnum*, он посчитал необходимым убедить русского читателя в том, что «это действительно материалистическая книга» [Хакинг 1998, 16]. Отечественному читателю хорошо знакома версия диалектического материализма с практикой как критерием истины, и потому он с готовностью примет версию экспериментализма с манипулятивностью как критерием реальности. Несмотря на существенные различия между этими подходами к познанию, они содержат важный общий пункт: преодоление разрыва между вещами «в себе» и «для нас» через возмож-

ность преобразовательного воздействия на мир. Это то, чего не даёт наблюдение.

Эксперимент, таким образом, – это прежде всего средство доступа к миру, «вмешательства» в него, место столкновения «бытия» и «представления». В таком качестве он составляет существенную методологическую черту науки, начиная как минимум с Нового времени, – это ключевая гарантия наличия контакта теории с материальной действительностью.

И когда «экспериментами» называют действия, которые принципиально не контактируют с материальной действительностью, это неизбежно вызывает серьёзные вопросы.

Мысленный эксперимент: не просто теория

В 1992 году все тот же Я. Хакинг опубликовал статью с характерным названием: “Do Thought Experiments have a Life of Their Own?”, первым предложением которой было: «Я убеждён, что мысленные эксперименты *не* живут своей собственной жизнью» [Hacking 1992, 302].

Чтобы понять весь пафос этого утверждения, нужно вновь обратиться к истокам эпистемологии эксперимента¹, то есть к Маху. В «Познании и заблуждении» Маха главе 12 (про физический эксперимент) предшествует глава 11 («Умственный эксперимент»). Мах заявляет: «Кроме физического эксперимента существует ещё другой, получающий широкое применение на более высокой стадии умственного развития, – мысленный эксперимент» [Мах 2014, 195]. Опираясь на принцип экономии мышления, Мах строит рассуждение следующим образом: «Наши представления у нас под рукой, и нам легче и удобнее оперировать ими, чем физическими фактами. Мы экспериментируем в наших мыслях с меньшими затратами...

¹ Опасаясь (но вовсе не стремясь) запутать читателя, мы все же должны отменить важную двусмысленность в исторически сложившемся поле исследования мысленного эксперимента как научного метода: как и лабораторный эксперимент, «переоткрытый» в качестве предмета философии и методологии науки во второй половине 1980-х годов, но в действительности тематизированный существенно раньше, а сложившийся в качестве научной практики ещё в Новое время (см. сноску 1 на с. 147), также и мысленный эксперимент был впервые специально описан как новый специфический научный метод Э. Махом, отнесён им же к методологическим инновациям Нового времени (изобретение приписано Галилею), а «переоткрыт» как самостоятельный (возможно), а не привязанный к материальному эксперименту научный метод во второй половине 1980-х в контексте формирования плюралистического подхода в исследованиях науки [Fehige 2021].

Умственный эксперимент предшествует физическому и подготавливает его <...> Но умственный эксперимент есть и необходимое *предварительное условие* эксперимента физического» [Мах 2014, 195]. Это важный момент: умственный эксперимент ценен не столько сам по себе, сколько как подготовительная работа к физическому (материальному) эксперименту. Физический эксперимент, в свою очередь, ценен как источник эмпирического знания, которое нельзя было бы получить простым наблюдением.

В книге Маха глава 11 «Умственный эксперимент» предшествует главе 12 «Физический эксперимент и его основные мотивы». По-видимому, он полагал, что и в реальной научной практике мысленный эксперимент предшествует физическому как необходимая для организации практики работа воображения [Brecevic, 2021]. Так, мы «познакомились уже с физическим экспериментом как естественным продолжением эксперимента умственного, являющимся там, где решение вопроса последним бывает слишком трудно, или неполно, или невозможно» [Мах 2014, 208]¹. Умственный эксперимент предваряет физический – это выглядит логично: пусть варианты, которые не могут быть даже помыслены, отсеиваются на более ранних стадиях поиска истины. Предполагается при этом, что природа такова, что она может быть помыслена. Иначе весь научный поиск не имеет смысла².

Однако умственный эксперимент не является просто тестом на логическую стройность теории. Томас Кун в знаменитой статье «Функция мысленных экспериментов» пишет: «Последствия мысленного эксперимента, пусть и не дающего новой информации, гораздо ближе к последствиям действительного эксперимента, чем это обычно предполагается» [Kuhn 1977, 242]. На основании результатов мысленного эксперимента мы не только проясняем значения наших научных понятий или теорий: мы также узнаем нечто новое о природе. «Природа, а вовсе не только логика, ответственна за имеющееся несоответствие» [Kuhn 1977, 261]. Нельзя поэтому отнести мысленный эксперимент исключительно к теоретической части работы, так как «исторически их роль близка двойственной роли действительных лабораторных экспериментов и наблюде-

¹ Ср.: «чем более неопределённым, сомнительным оказывается результат умственного эксперимента, тем более он побуждает к эксперименту физическому как своему естественному продолжению, которое должно иметь значение дополняющее, определяющее» [Мах 2014, 197].

² Вероятно, эта интеллектуальная интуиция восходит ещё к Пармениду (то есть к принципу тождества бытия и мышления).

ний. Во-первых, мысленные эксперименты могут вскрыть неспособность природы соответствовать заранее принятым ожиданиям. Вдобавок они могут предложить те способы, которыми как ожидания, так и теория должны быть пересмотрены» [Kuhn 1977, 261]. Кун задаётся естественным вопросом: как это возможно? Мысленные эксперименты тогда тоже должны были бы быть источниками новой информации, то есть такой информации, которая, может быть, «сейчас под рукой, но все же почему-то недоступна» [Kuhn 1977, 261].

Именно в такой ситуации находится человек, переживающий в собственном опыте научную революцию (и, может быть, вкладывающий свои усилия в эту революцию). Вспомним мысленный эксперимент Галилея: падение связанных тел. Демонстративность доказательства (в средневековом смысле *demonstrandum*) не подлежит сомнению, но если бы она проистекала только из «самоочевидной» логики вещей, то, как замечает Кун, было бы очень странно, что такой матёрый логик, как Аристотель, не заметил подвоха в своей «нелогичной» теории падения. Если бы умственные эксперименты были исключительно демонстрацией логических свойств теории (и не сообщали ничего нового о мире), были бы совершенно невозможны мысленные эксперименты, влияющие на смену одних теорий другими. Они бы, вероятно, носили только дидактический характер, проясняя неопитам той или иной науки особенности её теоретического строения¹. Но мы видим в истории науки противоположную картину: яркие и эффектные мысленные эксперименты (пространственные экзерсисы элеатов, цепь Стевина, ядро и пуля Галилея, корабль и мачта того же Галилея, демон Максвелла, лифт Эйнштейна, парадокс ЭПР и др.) играют ключевую роль в смене теорий, парадигм, «оптик». Следовательно, умственные / мысленные эксперименты не ограничиваются экспликацией логических свойств теории. Но как выходит, что они «не ограничиваются»? Где здесь источник новой информации?

Кун в своём ответе на эти вопросы исходил из ключевых для него понятий «парадигма» и «аномалия». Аномалия, по Куну, не противоречит парадигме в том же смысле, в каком эмпирическое опровержение противоречит теории; скорее, она рассматривает-

¹ Такое понимание роли мысленных экспериментов в методологии науки в наиболее радикальной версии защищает Дж. Нортон, растворяющий мысленный эксперимент в теоретических (логических) аргументах как более общем понятии и развивающий индуктивное обоснование науки неомиллевского типа [Norton, 2021].

ся как опыт, который пока не вписан в концептуальную рамку, но рассматривается как потенциально вписываемый. Мысленный эксперимент нужен для существенной трансформации этого опыта: такой трансформации, которая бы «превратила [неявно] ощущаемую аномалию в [явное] конкретное противоречие» [Kuhn 1977, 264]. Для этого новообразованный «опыт» нужно предъявить в таком виде, чтобы он вполне описывался средствами парадигмы, но породил заметную несостыковку. И такой опыт «вовсе необязательно должен быть потенциально реализуем в природе» [Kuhn 1977, 265]. Таким образом, мысленный эксперимент – это не вывод противоречия из теории, а, скорее, высвечивание противоречия в самом опыте.

Натурные (материальные / лабораторные) эксперименты, по Хакингу, «живут своей жизнью», так как мало зависят от теоретического фона, на котором проводятся. Многие сторонники «самостоятельности» мысленных экспериментов, в существенной степени опираясь на Маха и Куна, утверждают, что мысленным экспериментам это тоже свойственно [Stuart, El Skaf 2024]. Но даже если принять позицию Куна о функции мысленных экспериментов, неясно, в чем проявляется их самостоятельность, если воображаемый опыт все равно должен фиксироваться в парадигмальных концептах, чтобы обнаружить их несостоятельность. Не верно ли то же самое для материального эксперимента? Его результат тоже интерпретируется в некоторой теоретической рамке и говорит что-то об этой рамке. По Хакингу, разница состоит в том, что материальные эксперименты «возникают, развиваются, изменяются и все равно сохраняют свой статус в долгосрочной перспективе, что позволяет нам говорить о повторяемости и воспроизводимости экспериментов... Но мысленные эксперименты – более фиксированы, по большей части неизменяемы...» [Hacking 1992, 307]. Они пригодны учёному лишь однажды, для экспликации конкретной ситуации «напряжённости» между теорией и опытом, после чего переходят в дидактический режим существования.

Однако исторически это не так. Каноническим примером является *Gedankenexperiment* Эйнштейна–Подольского–Розена. В оригинальной версии 1935 года утверждалось, что парадокс ЭПР является доказательством неполноты квантовомеханической теории. Но уже в 1936 году Эйнштейн утверждал, что он доказывает не неполноту квантовой механики, а невозможность одновременно утверждать, что квантовомеханическая теория полна и что принцип локальности верен (списывая неясности более ранней версии эксперимен-

та на производ Подольского) [Fine 1986]. Д. Бом в 1951–1952 годах предложил несколько видоизменённый мысленный эксперимент (измерять спины вместо положений и импульсов), и именно эта версия была впоследствии использована Дж. Беллом для формулировки своих неравенств в 1964 году, а также для дизайна экспериментальных проверок этих неравенств. Некоторые из этих проверок, предположительно, опровергают неравенства Белла. Но сам Бом использовал свой мысленный эксперимент для построения детерминистической интерпретации квантовой механики, в которой неравенства Белла соблюдаются [Хренников 2008]. Независимо от того, какую именно функцию мы припишем мысленным экспериментам, приходится признать, что *Gedankenexperiment* ЭПР «живёт своей жизнью» именно в смысле Хакинга и что его «жизнь» спустя 90 лет после изначальной формулировки все ещё продолжается [Vokulich 2001].

Мы можем предположить, что взгляд Хакинга на мысленные эксперименты был вызван особенностями ретроспективной реконструкции истории науки – той же особенностью, которая, по Куну, поддерживает убеждённость учёных в существовании *experimentum crucis*. После того как новая теория / парадигма устоялась, предшествующие результаты переинтерпретируются как ведущие именно к ней. Так, «общеизвестно», что эксперимент Майкельсона–Морли опроверг теорию эфира. Несколько менее известно, что интерпретация результатов эксперимента его авторами заключалась, скорее, в подтверждении одной теории эфира (стационарной) и опровержении другой (с увлекающимся эфиром), в то время как совсем другая интерпретация (Лоренцем) этих результатов была использована для построения (Эйнштейном) специальной теории относительности. Наконец, ещё менее известно, что эксперименту Майкельсона–Морли (1887) предшествовал эксперимент (одного) Майкельсона (1881), а после него проводилось огромное количество таких же или видоизменённых экспериментов, также называвшихся экспериментами Майкельсона–Морли, и они проводятся вплоть до настоящего времени [Nagel et al. 2015]. Эксперимент Майкельсона–Морли «живёт своей жизнью» и даже производит потомство; мысленный эксперимент ЭПР делает то же самое; следовательно, и то и другое – больше чем просто проверка конкретной теории на соответствие действительности или на когерентность. Режимы существования материальных и мысленных экспериментов в науке могут быть весьма сходными.

Вычислительный эксперимент: между теорией и наблюдением

В отличие от материальных и мысленных экспериментов, мы можем очень точно датировать (и даже пространственно локализовать) начало активного использования в науке вычислительных экспериментов. Это 1940-е годы, лаборатория Лос-Аламос, работы Дж. фон Неймана и С. Улама по моделированию взрыва водородной бомбы на основе метода Монте-Карло. Как пишет П. Галисон, «методы Монте-Карло переместили физику в положение, парадоксальным образом не совпадающее с традиционной реальностью; в положение, которое заимствовало нечто как из экспериментального, так и из теоретического раздела, связало вместе эти заимствования и использовало полученный бриколаж для того, чтобы создать маргинализованную ничейную землю, которая была бы одновременно везде и нигде на методологической карте» [Galison 1996, 120]. Сложившуюся таким образом научную практику сейчас называют «компьютерными симуляциями» или «вычислительными экспериментами», и она на самом деле занимает промежуточное положение между практиками теоретизирования и экспериментирования. Слова о «везде и нигде», как нам представляется, нужно понимать в качестве указания на многообразие и неоднородность источников, используемых для конструирования симуляций: отчасти они представляют собой результаты теоретизирования, отчасти – экспериментальных и измерительных практик, и компьютерные симуляции также оказываются чем-то родственным и практике производства эмпирических данных, характерной для научного исследования (по крайней мере как оно понимается в современных версиях модельного подхода; см., напр.: [Bokulich, Parker 2021; Nersessian 2022]), и практике теоретического исследования [Волошин 2024, 311–313].

Неудивительно поэтому, что здесь возникает ровно та же проблема, что и в случае с мысленными экспериментами. Легко заподозрить, что слово «эксперимент» вводит нас в заблуждение относительно статуса этой научной практики, и решение систем математических уравнений средствами вычислительной техники не содержит ничего специфически «экспериментального»: это просто производство выводов из теории – в старом, хорошо знакомом логико-математическом смысле этих слов. Применительно к симуляциям Монте-Карло это доказывают К. Байсбарт и Дж. Нортон; они также полагают, что *mutatis mutandis* это верно и для любых других вычислительных экспериментов [Beisbart, Norton 2012]. Нортон

при этом – один из главных сторонников того, что мысленные эксперименты также являются (всего лишь) неявными дедуктивными следствиями научных теорий. Тот факт, что аргументация против экспериментального характера вычислительных и мысленных экспериментов очень похожа, может служить лишним подтверждением их родства между собой.

Но, как и в случае с мысленными экспериментами, исторически некорректно считать вычислительные эксперименты «просто» усложнёнными выводами из теории. В частности, в работе Э.Ф. Келлер выделяется три стадии исторического процесса постепенной автономизации вычислительного экспериментирования. На первой стадии компьютерные симуляции были «использованием компьютера для решения математически труднообрабатываемых уравнений» [Keller 2003, 202]. За эту стадию ответствен С. Улам: он предложил использовать метод Монте-Карло для решения уравнений Больцмана применительно к диффузии нейтронов. Хотя «компьютерная симуляция на этой стадии все ещё направлена на производство выводов из чётко сформулированных теоретических моделей» [Keller 2003, 204], она начинает приобретать характерные черты экспериментальной деятельности (термин «эксперимент» применительно к своим компьютерным симуляциям использовал сам Улам)¹, так как, будучи основанными на стохастической динамике, новые методы все же способны дать «неожиданный» результат. И Келлер также указывает, что в данном контексте экспериментальный характер компьютерного моделирования схож с мысленными экспериментами.

На второй стадии компьютер начинает использоваться для отслеживания динамики систем, состоящих из идеализированных частиц. «Фактически практика “компьютерных экспериментов” (как вскоре стали называть эту технологию) устанавливала два уровня симуляции: на первом уровне физическая система заменялась “искусственной” системой, на втором – уравнения... заменялись управляемыми схемами количественного анализа. Таким образом, симуляции были “экспериментами” в двух смыслах этого термина – не только в смысле “экспериментов в теории”, как у Улама, но и “экспериментов над моделями”, как мы можем их называть» [Keller 2003, 205]. Новый смысл компьютерной симуляции ещё больше отрывает её от чистого теоретизирования и позволяет

¹ Улам пишет в 1952 году: «Имея дифференциальное уравнение в частных производных, мы конструируем модели подходящих игр, и мы получаем распределение решений соответствующих уравнений, играя в эти игры, то есть – экспериментируя» (цит. по: [Keller 2003, 203]).

решать новые задачи, которые до этого мог решать только эксперимент. Симуляция становится, по выражению Келлер, «пробной теорией»: её задача – «тестировать “приблизительные теории” там, где они существуют, и предоставить линии возможного развития таких теорий там, где их еще нет» [Keller 2003, 207]. Это конец 50-х годов, когда Берни Алдер и Тэд Вайнрайт из Ливерморской лаборатории использовали наработки из Лос-Аламоса для симуляции поведения системы из конечного количества (от 32 до 500) идеальных тел. Как и Улам, эти учёные вполне свободно используют термин «эксперимент» применительно к тому, что они делают на компьютерах.

Третья стадия, по Келлер, связана с внедрением практики моделирования «клеточных автоматов» – концепции, разработанной ещё фон Нейманом, но реализованной лишь в конце 1980-х годов. Принципиальное отличие этой стадии в том, что здесь моделируются процессы, которые вообще не имеют фундаментального теоретического обоснования. «Клеточные автоматы» – это набор математических объектов, расположенных в некоторой топологии, каждый из которых может находиться в определенном конечном количестве состояний, и состояние которых напрямую зависит от состояния соседствующих с ним аналогичных «автоматов». «Клеточные автоматы, – пишет Келлер, – являются симуляциями *par excellence*: это искусственные вселенные, которые эволюционируют согласно предписанным локальным правилам» [Keller 2003, 210]. Локальность этих правил принципиальна: именно отсутствие «глобальных» законов высокой степени абстрактности делает данную стадию развития компьютерной симуляции столь специфичной.

Помимо того, что эти компьютерные симуляции обособлены от теории, они обособлены и от эмпирической базы: они буквально «живут своей жизнью» (используя выражение Хакинга). Келлер приводит любопытную цитату из работы программистов Тоффоли и Марголус, где авторы с нескрываемым восторгом пишут об ощущении собственной «божественности», которое испытываешь при создании такого рода системы, даже если она не описывает ничего реального. «Когда нам показывают вселенную клеточных автоматов, мы хотим создать такую же, но свою; когда мы создали её, мы хотим попробовать создать ещё одну <...> Клеточные автоматы – это синтезатор вселенных» (цит. по: [Keller 2003, 211]). Так компьютерная симуляция приобретает не только эпистемологическую, но и онтологическую самостоятельность. Ещё одна цитата биолога Кристофера Лэнгтона, приводимая Келлер, особенно ярко это иллюстрирует: «Мы ожидаем, что синтетический подход

приведёт нас не только к биологическим феноменам, но и за их пределы; за пределы жизни-как-мы-её-знаем в царство жизни-какой-она-могла-бы-быть»¹ (цит. по: [Keller 2003, 211]).

Какое отношение эти воображаемые миры могут иметь к действительности? Если существенной особенностью эксперимента является обеспечение контакта с объектом познания, его возможность «дать сдачи», то что экспериментального может быть в вычислениях на компьютере? К. Байсбарт, однако, свидетельствует: «Значительная часть разговоров о компьютерных симуляциях предполагает, что они являются экспериментами. Например, компьютерные симуляции называют “компьютерными экспериментами”. Симуляционные исследования в биологии называют “эксперименты *in silico*”. Некоторые люди используют выражения “эксперимент в теории”, “вычислительное экспериментирование” или “виртуальная лаборатория”, когда говорят о компьютерных симуляциях» [Weisbart 2017: 172]. В этой практике явно есть нечто очень похожее на эксперименты – как на материальные, так и на мысленные, что порождает таксономическую путаницу: является ли «эксперимент» родом по отношению к «видам» – материальному, мысленному и вычислительному? И не является ли вычислительный эксперимент подвидом мысленного?

Таксономическая путаница

Существует несколько способов ответить на эти вопросы. Самый простой и очевидный таков: если мысленные и вычислительные эксперименты являются вариантами логико-математического (дедуктивного или индуктивного) вывода из теоретических предпосылок, как полагают Байсбарт и Нортон, то качественного различия между ними нет. Компьютеры позволяют производить более сложные в смысле требуемой вычислительной мощности выводы, чем человеческое мышление². Материальный эксперимент же вообще не является выводом. Этот ответ, однако, не согласуется со степенью автономии мысленных и вычислительных экспериментов, о которой было сказано выше, с их возможностью существовать в рамках разных теорий или вообще без них. Эта возможность, напротив, сближает их с материальными экспериментами.

¹ В курсив в приведённой цитате соответствует оригиналу.

² Отдельный важный вопрос, который имеет прямое отношение к этой проблеме, но не может быть рассмотрен здесь, – что именно означает «сложность вывода» для компьютера и для человека.

Более сложный (и приемлемый) вариант был предложен М. Бедо как раз в связи с вышеописанным проектом «искусственной жизни» (Artificial Life), далее детально развит в работе Ди Паоло и коллег, и затем поддержан одним из самых влиятельных философов в области эпистемологии вычислительных экспериментов – И. Ленхардом. Вычислительные эксперименты, по их мнению, являются непосредственным развитием мысленных. В обоих случаях «экспериментатор» создаёт искусственную, воображаемую и даже невозможную ситуацию («гипотетический мир», по выражению Ленхарда) [Lenhard 2018], которая тем не менее представляет собой пример или образец интересующего нас феномена [Bedau 1999].

Так, можно задаться вопросом: повторится ли общий ход эволюции биологических видов, если откатиться во времени назад и запустить её снова? То есть насколько предопределён и насколько случаен реализованный в действительном мире сценарий эволюции? Это типичная для мысленного эксперимента постановка вопроса, однако Бедо полагает, что именно мысленный эксперимент здесь невозможен, так как множество стартовых условий порождает эмерджентные свойства системы, которые можно симулировать на компьютере, но до которых трудно или невозможно интуитивно догадаться (ясно «представить») человеку. Поэтому нет никакой гарантии, что результат вычислительного эксперимента является прямым следствием теоретических предпосылок, так как: а) невозможно проследить и проверить вывод одного из другого; б) из одних и тех же стартовых условий могут получиться разные экспериментальные результаты – даже если один запуск симуляции эволюции повторит эволюцию действительного мира, не факт, что последующие запуски сделают то же самое. Это свойство – «непрозрачность» – существенно отличает вычислительные эксперименты от мысленных. Ди Паоло и соавт. формулируют это так: «[Мысленный] эксперимент содержит в себе самом *объяснение* собственного результата и его следствий. Если это не так, это бесплодный мысленный эксперимент. Напротив, [вычислительный эксперимент] может быть более мощным и многогранным, но за это приходится платить. Плата – объяснительная непрозрачность: поведение симуляции не становится понятнее при наблюдении за ней» [Di Paolo et al. 2000, 502].

Кажется, что вычислительный эксперимент заметно отличается и от материального. В последнем случае особо ценным является способность природы «дать сдачи», выдать что-то неожиданное и тем самым указать путь к реальности. В случае мысленного или вычислительного эксперимента сложно понять, что значит «нео-

жиданный» результат. М. Морган выразила эту идею, используя различие между *surprise* и *confound*. Мы не можем предсказать поведение виртуальной модели в деталях и поэтому иногда можем «удивляться» (*to be surprised*) её поведению (объяснительная непрозрачность). Но все же впоследствии это поведение оказывается объясняемым с помощью вложенных в модель предпосылок, и потому не может «сбить нас с толку / опровергнуть» (*confound*). Это возможно только в лабораторном эксперименте, где всегда есть риск, что материя «выйдет из-под контроля» [Morgan 2002].

Но действительно ли здесь есть значительная разница? В материальном эксперименте выход природы из-под контроля – скорее нежелательный результат, чем типичный. Как писал Хакинг, «экспериментирование означает создание, производство, уточнение и приведение к устойчивости явлений» [Хакинг 1998, 238]. Привести явление к устойчивости, добиться регулярной воспроизводимости – цель экспериментатора. Когда же происходит нечто из ряда вон выходящее, экспериментатор скорее будет искать ошибку в процедуре эксперимента или сбой в работе оборудования, нежели решит, что обнаружил новое явление природы. Это одна из причин, почему в науке так редки публикации отрицательных результатов экспериментов. В свою очередь, результаты вычислительных экспериментов могут быть весьма «неожиданными». Таков, например, результат эксперимента Томаса Шеллинга по моделированию сегрегации в городских районах: интуитивно ясно, что сегрегация возникает вследствие высокой нетерпимости жителей к «чужакам», но в эксперименте Шеллинга сегрегация возникала даже при очень высокой степени терпимости, когда жители всячески приветствовали смешанный состав окружения [Шеллинг 2016]. Если под «неожиданностью» понимать противоречие хорошо обоснованным теоретическим ожиданиям, то это как раз тот случай. Вопрос о том, можно ли назвать «неожиданными» результаты мысленных экспериментов, очень сложен, так как после того, как смысл эксперимента становится ясен, его итог оказывается очень даже ожидаемым (см. ниже о «прозрачности»). С другой стороны, степень ожидаемости результата явно зависит от фоновых теоретических установок и «предпонимания». Так, результат мысленного эксперимента «Ахиллес не сможет догнать черепаху» в его принадлежащей Зенону версии очень трудно назвать ожидаемым, – ожидается как раз прямо противоположное.

Граница между материальным и вычислительным экспериментом тем самым ставится под сомнение. Границу между мысленным и вычислительным экспериментом тоже можно поставить под сомнение. Кажется, что первые «прозрачны», а вторые – нет; Ленхард

даже уточняет: хотя оба типа экспериментов требуют воспроизводства (итераций), в случае мысленного эксперимента «итерации в какой-то момент оказываются излишними, так как фиксируется наиболее интуитивно ясный подход. В вычислительных экспериментах, напротив, итерации остаются структурно необходимыми» [Lenhard 2018, 495]. Поэтому достижение прозрачности наиболее желательно для мысленного эксперимента и вовсе не требуется или даже вредно¹ для вычислительного. Однако весьма сложно назвать «прозрачной» работу человеческого мышления при проведении мысленного эксперимента, так как она в существенной степени является работой *воображения*, и даже И. Кант в своём анализе структуры познающего субъекта признал своё бессилие в этом отношении. Проблема даже не в том, что нам недоступны какие-то аспекты работы воображения, а, скорее, в том, что мы не знаем, насколько именно они нам недоступны, что именно от нас скрыто и скрыто ли вообще. С этой точки зрения мысленные эксперименты даже более «непрозрачны», чем вычислительные, так как в последнем случае принципы работы машины или программного кода, созданные нами, нам достаточно ясны. В то же время благодаря мысленным экспериментам как раз оказывается возможным явным образом тематизировать и иногда прояснить принципы работы воображения, проступающие в предъявляемых мысленными экспериментами доказательных представлениях [Вархотов 2024].

Наконец, можно задаться вопросом: так ли принципиальна разница между действительным миром, в котором проводится материальный эксперимент, и «гипотетическими мирами», которые исследуют вычислительные и мысленные эксперименты? Во-первых, конечно, действительный мир – это частный случай возможного мира, а не противоположный ему. Во-вторых, можно сказать, что и мышление, и компьютерное моделирование далеки от «природы», не контактируют с ней, а представляют собой исключительно искусственные конструкции; но ровно то же самое можно было бы сказать о материальном эксперименте, который «вырывает» природное явление из естественного контекста, а то и вовсе создаёт явление, не встречающееся в природе. В оппозиции «естественный–искусственный» все три варианта экспериментальных практик находятся на «искусственной» стороне. И даже если сказать, что материальная экспериментальная установка существует в природной среде и продолжает подчиняться её законам, то этот же аргумент применим и к

¹ Вредно как минимум потому, что детальное прослеживание хода всех итераций займёт огромное (для некоторых задач – бесконечное) количество времени и ресурсов и сделает научный поиск не только потенциально, но и принципиально невозможным.

вычислительному устройству, на котором проводится эксперимент, и даже к человеческому мышлению, которое, предположительно, реализовано в том же мире, в котором находятся его предметы.

Заключение

Проще найти то, что объединяет все три обсуждаемых типа экспериментов, чем то, что именно разделяет их. Все они – «эксперименты» в том смысле, что являются активным вмешательством в изучаемый процесс, а не пассивным восприятием (если, конечно, вообще существует такая вещь, как «пассивное восприятие»). Все они проявляют существенную степень независимости от уровня теоретического знания. Для всех них существует проблема переноса результата эксперимента на действительный мир.

Материальный эксперимент более всего преуспевает в преодолении разрыва между природой и нашим представлением о ней. Успех манипуляции природой – сильный аргумент в пользу реалистичности как минимум некоторых представлений. Мысленный и вычислительный эксперимент – тоже манипуляции, но не столько природой, сколько как раз представлениями. Это должно означать, что за материальным экспериментом должно оставаться последнее слово в вопросе о реальности представлений. Но это не так: результаты нематериальных экспериментов не всегда перепроверяются материальными, – не только потому, что в некоторых случаях это невозможно, но и потому, что это часто не нужно. То есть манипуляция виртуальными объектами в гипотетическом мире часто оказывается достаточным свидетельством о положении дел в действительности, в особенности с учётом того, что «эвристика и доказательство не столь строго отделимы друг от друга, как это предполагает стандартный взгляд» [Leonhard 2022, S30], и доказательства посредством логико-математического моделирования подразумевают, что формальные модели обладают некоторой встроенной семантикой, а их применение включает специфическую семиотическую работу со знаками, которыми оперируют формальные модели. Поскольку варианты манипуляций, используемые тремя рассмотренными выше методами, очень похожи и выполняют схожие функции в науке, скептицизм в отношении способностей нематериальных экспериментов, если будет развернут достаточно последовательно, затронет также и материальные эксперименты. Проблемы, касающиеся одних из них, часто имеют близких «родственников» в других. По-видимому, у нас есть все основания считать всю троицу подвидами одного старшего таксона, а конкретную степень их «генетической близости» ещё предстоит уточнить.

БИБЛИОГРАФИЯ

- Аристотель 1976 – *Аристотель*. Метафизика // Аристотель. Сочинения: в 4 т. М.: Мысль, 1976. Т. 1.
- Вархотов 2024 – *Вархотов Т. А.* Метапредметность воображения в методологии мысленного эксперимента // Известия Саратовского университета. Новая серия. Сер. Философия. Психология. Педагогика. 2024. Т. 24, вып. 4. С. 368–372.
- Витгенштейн 2017 – *Витгенштейн Л.* Логико-философский трактат. М.: Канон + РООИ «Реабилитация», 2017.
- Волошин 2024 – *Волошин М. Ю.* «Принцип материальности» в эпистемологии компьютерных симуляций // Философия. Журнал Высшей школы экономики. 2024. Т. 8, № 3. С. 310–335.
- Горбулева, Мелик-Гайказян 2024 – *Горбулёва М. С., Мелик-Гайказян И. В.* Визуализация специфики философского мировоззрения: обнаружение семиотического оптимума в подборе иллюстративного материала для открытой лекции // ПРАЭНМА. Проблемы визуальной семиотики. 2024. № 1, 143–166. DOI: 10.23951/2312-7899-2024-1-143-166
- Дастон, Галисон 2018 – *Дастон Л., Галисон П.* Объективность. М.: Новое литературное обозрение, 2018.
- Карнап 1971 – *Карнап Р.* Философские основания физики. Введение в философию науки. М.: Прогресс, 1971.
- Мах 2014 – *Мах Э.* Познание и заблуждение. Очерки по психологии исследования. 2-е изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.
- Мелик-Гайказян 2021 – *Мелик-Гайказян И. В.* Мысленный экспериментов на оси синтактики // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. 2021. № 62. С. 270–273.
- Мелик-Гайказян 2024 – *Мелик-Гайказян И. В.* Семиотический оптимум: новый концепт для мысленных экспериментов с информацией // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. 2024. № 82. С. 302–315.
- Милль 2011 – *Милль Дж. С.* Система логики силлогистической и индуктивной: изложение принципов доказательства в связи с методами научного исследования. Изд. 5-е, испр. и доп. М.: ЛЕНАНД, 2011.
- Поппер 2004 – *Поппер К.* Предположения и опровержения: рост научного знания. М.: АСТ, 2004.
- Поппер 2005 – *Поппер К.* Логика научного исследования. М.: Республика, 2005.
- Франк 1960 – *Франк Ф.* Философия науки. Связь между наукой и философией. М.: Изд-во иностр. лит., 1960.

- Хакинг 1998 – Хакинг Я. Представление и вмешательство. Введение в философию естественных наук. М.: Логос, 1998.
- Хренников 2008 – Хренников А. Ю. Эксперимент ЭПР-Бомы и неравенство Белла: квантовая физика и теория вероятностей // Теоретическая и математическая физика. 2008. Т. 157, №1. С. 99–115.
- Шеллинг 2016 – Шеллинг Т. Микромотивы и макровыбор. М.: Изд-во Ин-та Гайдара, 2016.
- Bedau 1999 – Bedau M. A. Can unrealistic computer models illuminate theoretical biology? // Proceedings of the 1999 Genetic and Evolutionary Computation Conference Workshop Program / ed. by A. S. Wu. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1999. P. 20–23.
- Beisbart 2017 – Beisbart C. Are computer simulations experiments? And if not, how are they related to each others? // European Journal for Philosophy of Science. 2017. Vol. 8 (2). P. 171–204.
- Beisbart, Norton 2012 – Beisbart C., Norton J. Why Monte-Carlo simulations are inferences and not experiments // International Studies in the Philosophy of Sciences. 2012. Vol. 26. P. 403–422.
- Bokulich 2001 – Bokulich A. Rethinking thought experiments // Perspectives on Science. 2001. Vol. 9 (3). P. 285–307.
- Bokulich, Parker 2021 – Bokulich A., Parker W. Data Models, Representation, & Adequacy for Purpose // European Journal for Philosophy of Science. 2021. Vol. 11 (31). P. 1–26.
- Brevecic 2021 – Brevecic C. The Role of Imagination in Ernst Mach's Philosophy of Science: A Biologico-economical View // HOPOS: The Journal of the International Society for the History of Philosophy of Science. 2021. Vol. 11 (1). P. 241–261.
- Di Paolo et al. 2000 – Di Paolo E. A., Noble J., Bullock S. Simulation Models as Opaque Thought Experiments // Seventh international Conference on Artificial Life / ed. by M. Bedau. Cambridge, MA: MIT Press, 2000. P. 497–506.
- Erkenntnis 2006 – Журнал “Erkenntnis” («Познание»). Избранное. М.: Территория будущего, Идея-Пресс, 2006.
- Erkenntnis 2010 – Журнал “Erkenntnis” («Познание»). Избранное. Философия и естествознание. М.: Идея-Пресс, «Канон+» РООИ «Реабилитация», 2010.
- Fehige 2021 – Fehige Y. The Annus Mirabilis of 1986: Thought Experiments and Scientific Pluralism // HOPOS: The Journal of the International Society for the History of Philosophy of Science. 2021. Vol. 11 (1). P. 222–240.
- Fine 1986 – Fine A. The shaky game: Einstein Realism and the Quantum Theory. Chicago: University of Chicago Press, 1986.

- Galison 1996 – *Galison P.* Computer simulation and the trading zone // *Disunity of Science: Boundaries, Contexts, and Power* / ed. by P. Galison, D. Stump. California: Stanford University, 1996. P. 118–157.
- Hacking 1992 – *Hacking I.* Do Thought Experiments Have a Life of Their Own? Comments on James Brown, Nancy Nersessian and David Gooding // *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*. 1992. P. 302–308.
- Keller 2003 – *Keller E. F.* Models, simulation and “computer experiments” // *The Philosophy of Scientific Experimentation* / ed. H. Radder. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2003 P. 198–215.
- Kuhn 1977 – *Kuhn T.* A Function for Thought Experiments // *Kuhn T. The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Tradition and Change*. Chicago; London: The University of Chicago Press, 1977. P. 240–265.
- Lenhard 2018 – *Lenhard J.* Thought experiments and simulation experiments: exploring hypothetical worlds // *The Routledge Companion to Thought Experiments* / eds. J. R. Brown, Y. Fehige, M. Stuart. London: Routledge, 2018. P. 484–497.
- Leonhard 2022 – *Leonhard J.* Proof, Semiotics, and the Computer: On the Relevance and Limitation of Thought Experiment in Mathematics. // *Axiomathes*. 2022. Vol. 32 (1). P. 29–42.
- Morgan 2002 – *Morgan M.* Model experiments and models in experiment // *Model-based Reasoning: Science, Technology, Values.* / ed. by L. Magnani, N. Nersessian. New York: Springer Science + Business Media, 2002. P. 41–58.
- Nagel 1961 – *Nagel E.* The structure of science: Problems in the logic of scientific explanation. Harcourt, Brace & World, 1961.
- Nagel et al. 2015 – *Nagel M., Parker S., Kovalchuk E., Stanwix P., Hartnett J. V., Ivanov E., Peters A., Tobar M.* Direct terrestrial test of Lorentz symmetry in electrodynamics to 10^{-18} // *Nature Communications*. 2015. Vol. 6 (1). Art. 8174.
- Nersessian 2022 – *Nersessian N. J.* Interdisciplinarity in the Making: Models and Methods in Frontier Science. Cambridge, MA: MIT, 2022.
- Norton 2021 – *Norton J. D.* The material theory of induction. Calgary, Alberta: University of Calgary Press, 2021.
- Radder 1988 – *Radder H.* The material realization of science: a philosophical view on the experimental natural sciences. Assen / Maastricht: Van Gorcum, 1988.
- Simons, Vagelli 2021 – *Simons M., Vagelli M.* Were experiments ever neglected? Ian Hacking and the history of philosophy of experiment // *Philosophical Inquiries*. 2021. Vol. 9 (1). P. 167–188.
- Stuart, El Skaf 2024 – *El Skaf R., Stuart M. T.* Scientific Models and Thought Experiments // *Handbook of Philosophy of Scientific Mod-*

eling / T. Knuuttila, N. Carrillo, R. Koskinen (eds.). Routledge, 2024. P. 325–340.

REFERENCES

- Aristotle. (1976). *Metaphysics*. In *Works in 4 volumes* (Vol. 1). Mysl. (In Russian).
- Bedau, M. A. (1999). Can unrealistic computer models illuminate theoretical biology? In A. S. Wu (Ed.), *Proceedings of the 1999 Genetic and Evolutionary Computation Conference Workshop Program* (pp. 20–23). Morgan Kaufmann.
- Beisbart, C. (2017). Are computer simulations experiments? And if not, how are they related to each other? *European Journal for Philosophy of Science*, 8(2), 171–204.
- Beisbart, C., & Norton, J. (2012). Why Monte-Carlo simulations are inferences and not experiments. *International Studies in the Philosophy of Sciences*, 26, 403–422.
- Bokulich, A. (2001). Rethinking thought experiments. *Perspectives on Science*, 9(3), 285–307.
- Bokulich, A., & Parker, W. (2021). Data Models, Representation, & Adequacy for Purpose. *European Journal for Philosophy of Science*, 11(31), 1–26.
- Brevecic, C. (2021). The Role of Imagination in Ernst Mach’s Philosophy of Science: A Biologico-economical View. *HOPOS: The Journal of the International Society for the History of Philosophy of Science*, 11(1), 241–261.
- Carnap, P. (1971). *Philosophical Foundations of Physics. Introduction to the Philosophy of Science*. Progress. (In Russian).
- Gorbuleva, M. S., & Melik-Gaykazyan, I. V. (2024). Visualization of the specificity of the philosophical worldview: Detection of semiotic optimum in the selection of illustrative material for an open lecture. *ПРАΞΗΜΑ. Problemy vizual’noy semiotiki – ПРАΞΗΜΑ. Journal of Visual Semiotics*, 1, 143–166. (In Russian). <https://doi.org/10.23951/2312-7899-2024-1-143-166>
- Daston, L., & Galison, P. (2018). *Objectivity*. NLO.
- Di Paolo, E. A., Noble, J., & Bullock, S. (2000). Simulation Models as Opaque Thought Experiments. In M. Bedau (Ed.), *Seventh International Conference on Artificial Life* (pp. 497–506). MIT Press.
- Erkenntnis. (2006). *Izbrannoe* [Selected works]. Izdatel’skiy dom “Territoriya budushchego”, Ideya-Press.
- Erkenntnis. (2010). *Filosofiya i estestvoznaniye* [Philosophy and natural science]. Ideya-Press, “Kanon+”, ROOI “Reabilitatsiya”.
- Fehige, Y. (2021). The Annus Mirabilis of 1986: Thought Experiments and Scientific Pluralism. *HOPOS: The Journal of the International Society for the History of Philosophy of Science*, 11(1), 222–240.

- Fine, A. (1986). *The Shaky Game: Einstein Realism and the Quantum Theory*. University of Chicago Press.
- Frank, P. (1960). *Philosophy of Science. The Link between Science and Philosophy*. Izd-vo inostrannoy literatury. (In Russian).
- Galison, P. (1996). Computer simulation and the trading zone. In P. Galison & D. Stump (Eds.), *Disunity of Science: Boundaries, Contexts, and Power* (pp. 118–157). Stanford University.
- Hacking, I. (1992). Do Thought Experiments Have a Life of Their Own? Comments on James Brown, Nancy Nersessian and David Gooding. In *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association* (pp. 302–308). PSA.
- Hacking, I. (1998). *Representing and Intervening, Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*. Logos. (In Russian).
- Keller, E. F. (2003). Models, simulation and “computer experiments.” In R. Radder (Ed.), *The Philosophy of Scientific Experimentation* (pp. 198–215). University of Pittsburgh Press.
- Khrennikov, A. Yu. (2008). EPR-Bohm experiment and Bell’s inequality: Quantum physics meets probability theory. *Teoreticheskaya i matematicheskaya fizika*, 157(1), 1448–1460. (In Russian).
- Kuhn, T. (1977). A Function for Thought Experiments. In T. Kuhn, *The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Tradition and Change* (pp. 240–265). The University of Chicago Press.
- Lenhard, J. (2018). Thought experiments and simulation experiments: exploring hypothetical worlds. In J. R. Brown, Y. Fehige, & M. Stuart (Eds.), *The Routledge Companion to Thought Experiments* (pp. 484–497). Routledge.
- Lenhard, J. (2022). Proof, Semiotics, and the Computer: On the Relevance and Limitation of Thought Experiment in Mathematics. *Axiomathes*, 32(1), 29–42.
- Mach, E. (2014). *Erkenntnis und Irrtum: Skizzen zur Psychologie der Forschung* (2nd ed.). BINOM. (In Russian).
- Melik-Gaikazyan, I. V. (2021). Thought Experiment on the Axis of Syntactics. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Filosofiya. Sotsiologiya. Politologiya – Tomsk State University Journal of Philosophy, Sociology and Political Science*, 61, 270-273. (In Russian). DOI: 10.17223/1998863X/62/27.
- Melik-Gaikazyan, I. V. (2024). Semiotic optimum: A new concept for thought experiments with information. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Filosofiya. Sotsiologiya. Politologiya – Tomsk State University Journal of Philosophy, Sociology and Political Science*, 82, 302–315. (In Russian). <https://doi.org/10.17223/1998863X/82/28>
- Thought Experiment on the Axis of Syntactics

- Mill, J. S. (2011). *A System of Logic, Ratiocinative and Inductive, Being a Connected View of the Principles of Evidence, and the Methods of Scientific Investigation* (5th ed.). LENAND. (In Russian).
- Morgan, M. (2002). Model experiments and models in experiment. In L. Magnani & N. Nersessian (Eds.), *Model-Based Reasoning: Science, Technology, Values*. Springer Science+Business Media.
- Nagel, E. (1961). *The Structure of Science: Problems in the Logic of Scientific Explanation*. Harcourt, Brace & World.
- Nagel, M., Parker, S., Kovalchuk, E., Stanwix, P., Hartnett, J. V., Ivanov, E., Peters, A., Tobar, M. (2015). Direct terrestrial test of Lorentz symmetry in electrodynamics to 10–18. *Nature Communications*, 6(1). Art. 8174.
- Nersessian, N. J. (2022). *Interdisciplinarity in the Making: Models and Methods in Frontier Science*. MIT Press.
- Norton, J. D. (2021). *The Material Theory of Induction*. University of Calgary Press.
- Popper, K. (2004). *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*. AST. (In Russian).
- Popper, K. (2005). *The Logic of Scientific Discovery*. Respublika. (In Russian).
- Radder, H. (1988). *The Material Realization of Science: A Philosophical View on the Experimental Natural Sciences*. Van Gorcum.
- Schelling, T. (2016). *Micromotives and Macrobehavior*. Gaidar Institute. (In Russian).
- Simons, M., & Vagelli, M. (2021). Were experiments ever neglected? Ian Hacking and the history of philosophy of experiment. *Philosophical Inquiries*, 9(1), 167–188.
- Stuart, M. T., & El Skaf, R. (2024). Scientific Models and Thought Experiments. In T. Knuuttila, N. Carrillo, & R. Koskinen (Eds.), *Handbook of Philosophy of Scientific Modeling*. Routledge.
- Varkhotov, T. A. (2024). Imagination as a meta-subject in the methodology of a thought experiment. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Filosofiya. Psikhologiya. Pedagogika – Izvestiya of Saratov University. Philosophy. Psychology. Pedagogy*, 24(4), 368–372. (In Russian).
- Voloshin, M. Yu. (2024). The 'Materiality Principle' in Studies of the Epistemology of Computer Simulations. *Filosofiya. Zhurnal Vysshey shkoly ekonomiki – Philosophy. Journal of the Higher School of Economics*, 8(3), 310–335. (In Russian).
- Wittgenstein, L. (2017). *Tractatus Logico-Philosophicus*. Kanon+, ROOI "Reabilitatsiya". (In Russian).

Материал поступил в редакцию 17.11.2024

Материал поступил в редакцию после рецензирования 31.01.2025