

УДК 165.0

ЭПИСТЕМИЧЕСКАЯ РОЛЬ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ФОНА В ФИЛОСОФИИ НАУЧНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

В.С. Пронских

С позиций философии научного эксперимента рассматривается роль экспериментального фона как определяющая систематическую ошибку эксперимента, связанную с недостаточным знанием изучаемой системы. На основе работ современных западных философов и на примере экспериментов в физике высоких энергий и элементарных частиц изучается роль фона как существенно определяющая содержание деятельности экспериментатора, вводящая в анализ множество инструментальных теорий, требующая развития теоретических подходов для идентификации фона, проблематизирующая закрытость экспериментальной системы. Выявлено, что в отдельных случаях необходимость определения фона может вводить в анализ эксперимента теорию изучаемого явления.

Ключевые слова: философия научного эксперимента, теоретическая нагруженность, инструментальные теории, экспериментальный фон, физика элементарных частиц, нейтральные токи

Вопрос о роли фона в научном эксперименте тесно связан с эпистемологическим вопросом о соотношении эмпирического и теоретического в познании, с проблемой теоретической нагруженности эксперимента и с вопросом о том, является ли эксперимент «открытой системой» и если является, то в какой мере. Отметим, что под фоном обычно понимают явления, которые в научном эксперименте могут имитировать изучаемое явление, выглядеть подобно ему, имея при этом другую природу, отличную от природы этого изучаемого явления. Впервые философские аспекты роли фона в физических экспериментах XX в. подробно рассмотрели П. Галисон и Э. Пиеринг [1].

Выявление эпистемической роли экспериментального фона составляет один из предметов такого раздела философии науки, как философия научного эксперимента. Ее активное развитие началось на Западе около 30 лет назад, хотя первой работой на эту тему можно считать книгу П. Дюгема «Физическая теория, ее цель и строение» [2]. За этой работой

последовал довольно длительный период практического отсутствия интереса к проблематике научного эксперимента, прерванный публикацией работы Я. Хакинга «Представление и вмешательство» [3]. В те же годы, т.е. в начале – середине 80-х годов прошлого столетия, вышли ключевые работы по философии, истории и социологии эксперимента в физике высоких энергий упомянутых выше П. Галисона и Э. Пикеринга, где проблема фона была рассмотрена уже довольно подробно.

Приблизительно с того же периода начали выходить работы А. Франклина по философии эксперимента применительно к современной физике, на основе которых он впоследствии опубликовал обзор на тему физического эксперимента в Стэнфордской энциклопедии [4]. В этом обзоре фон и его определение отнесены к одной из стратегий, применяемых экспериментаторами, чтобы убедиться, что их результаты не содержат ошибок. В 2003 г. вышел сборник под редакцией голландского философа Х. Раддера «Философия научного эксперимента» [5], где сформулирован ряд вопросов развивающейся философии научного экспериментирования, хотя фон не рассматривается там как отдельная проблема. К числу таких вопросов Раддер относит вопросы о материальной реализации эксперимента, о природе экспериментальной ошибки (этот вопрос, как будет показано ниже, также связан с проблемой фона), об экспериментировании и причинности, о взаимосвязи науки и технологии, о роли теории в экспериментальной практике, об эксперименте и компьютерном моделировании. В сборник вошли статьи самого Х. Раддера, Г. Хона, М. Хайдельбергера, Р. Харре, Дж. Вудварда, Д. Бэрда, Э.Ф. Келлера и ряда других философов, изложивших свои позиции по данным вопросам. В российской философской литературе обзор материалов этого сборника и перевод ряда ключевых статей были сделаны А.Ю. Сторожук [6].

К настоящему времени вышло новое издание более раннего труда Х. Раддера [7], где он обсуждает вопросы о материальной реализации, теоретическом описании эксперимента, производстве явлений в эксперименте и различные возможности для реалистического понимания эксперимента, в частности формулирует условия «закрытости» экспериментальной системы, которые позволяют трактовать фон как одну из угроз такой «закрытости» (эти условия мы рассмотрим ниже).

Дискуссия по актуальным вопросам философии эксперимента продолжается в настоящее время и на проводимых А. Франклином раз в два года конференциях из серии «Философия научного экспериментирования», где философские вопросы обсуждаются в контексте исторических, психологических, социологических аспектов экспериментальной и в це-

лом научной деятельности с привлечением данных ситуационных исследований современной науки. Для этих конференций, как и вообще для современной западной философии науки, характерны междисциплинарность и обращение к смежным областям знания, таким как социология, история, психология, экономика и исследования науки (STS). К числу вопросов, которые рассматриваются там в той или иной форме, помимо сформулированных Х. Раддером можно отнести и следующие: насколько эксперимент независим от теории, каким образом организована экспериментальная практика и насколько она ориентирована на теорию, каковы природа и причины экспериментальных ошибок (включая проблему фона).

Широко обсуждаются основания стратегий, которые применяют экспериментаторы для того, чтобы убедиться в отсутствии ошибок, а также вопросы о том, открываются ли явления в эксперименте или создаются в лаборатории, дают ли эксперименты основания для веры в теоретические сущности, в чем состоит научная и философская значимость приборов, какова эпистемическая роль фона в эксперименте. Последний из этих вопросов, неявно связанный с большинством остальных и касающийся смысла и значения фона в контексте физического эксперимента, мы рассмотрим здесь более подробно.

В классическом эксперименте проблема фона не привлекала к себе сколько-нибудь значительного внимания, так как различие изучаемого и других явлений представлялось самоочевидным. Например, в случае наблюдения планет Солнечной системы с помощью телескопа Галилея фоном, т.е. явлениями, которые можно было принять за изучаемые, могли быть пятно на стекле телескопа или планета другой системы. Тем не менее различие могло проводиться достаточно легко, например пятно не подчинялось бы закону Кеплера, оставаясь неподвижным, другая планета имела бы иной характер движения, чем планета Солнечной системы. Несмотря на простоту практического осуществления такого различия явления у фона, уже здесь мы можем видеть, что в интерпретацию наблюдения входит предположение о характере движения планет (закон Кеплера), т.е. теория явления.

Однако уже рассматривая проводившийся в первой трети XX в. эксперимент Эйнштейна и де Гааза по измерению гиромангнитного отношения электрона (а также ряд других аналогичных экспериментов) и описывая усилия экспериментаторов по подавлению такого источника фона, как земной магнетизм, и применяемые ими для этого методы, Галлисон отмечает, что хотя в этих экспериментах основной фон, которым

в данном случае было магнитное поле Земли, еще можно было исключить *конструкцией* прибора в силу их относительной простоты, контроль за фоном становится не побочной деятельностью экспериментаторов, а начинает составлять *содержание* всей их деятельности, поскольку большая часть их времени и усилий уходила на выявление фона и борьбу с ним [8]. В этом состоит одно из ключевых наблюдений Галисона в отношении особенностей физического эксперимента в XX в.

Следующий качественный этап в решении проблемы фона Галисон связывает уже с исследованиями космических лучей, рассматривая его на примере эксперимента Боте – Колхерстера, одного из экспериментов по обнаружению новой частицы – мюона [9]. Физики-экспериментаторы использовали разработанные ранее счетчики Гейгера – Мюллера, присоединенные к электроскопам, которые показывали разряды, происходившие в счетчиках, если через них проходили заряженные частицы. Однако эти разряды могли быть вызваны не только космическими частицами, но и любыми другими попавшими в счетчик заряженными частицами и создававшими, таким образом, фон.

Чтобы отличить проникающие частицы космических лучей – мюоны от других заряженных частиц, попадающих в счетчик случайно, экспериментаторы предложили следующую схему. Они разделили два счетчика металлическим бруском. Каждый из счетчиков был присоединен к отдельному электроскопу, который фиксировал электрический разряд в счетчике, возникающий при прохождении через него частиц. Экспериментаторы ожидали, что мюоны космических лучей, обладающие более высокой проникающей способностью, будут проникать через оба счетчика и разделяющий их брусок, вызывая одновременное срабатывание двух счетчиков (в отличие от частиц других типов), что должно служить указанием на изучаемое явление, а именно, на *совпадение* срабатываний двух счетчиков.

В этом эксперименте проявился также фоновый, или имитирующий, процесс, когда счетчики срабатывали одновременно из-за того, что в них одновременно попадали какие-либо другие независимые заряженные частицы, так что одновременность срабатывания счетчиков была случайной. Таким образом, создавался фон случайных совпадений, а демонстрация результата – обнаружения мюона должна была состоять в наблюдении превышения числа *истинных* совпадений, т.е. вызванных прохождением мюона сквозь оба счетчика, над числом случайных совпадений, т.е. вызванных случайным одновременным попаданием в оба счетчика различных независимых частиц.

Это одно из первых упоминаний об эксперименте, в котором использовалась подобная схема совпадений для демонстрации экспериментального результата. Оно важно тем, что впоследствии, по мере развития физики элементарных частиц и атомного ядра, данная схема начинает использоваться все чаще, а в современных физических экспериментах аргумент совпадений применяется уже весьма широко. Появление таких аргументов указывает и на то, что в физике микромира *экспериментальные приборы теряют ту избирательность относительно изучаемых явлений, которой они обладали в классическом эксперименте*. Это связано в первую очередь со спецификой изучаемых объектов – частиц, с их неразличимостью и с множественностью процессов в микромире, в ходе которых могут возникать объекты, сходные по свойствам.

Другая отличительная особенность интерпретации эксперимента с совпадениями – это необходимость различать истинные и случайные совпадения для их последующего сравнения и заключений о наличии или отсутствии наблюдаемого эффекта. Одной такой возможностью являются измерение числа случайных совпадений в условиях заведомого отсутствия изучаемого эффекта (мюонов) и его последующее вычитание из числа совпадений в рабочих условиях, где присутствуют совпадения обоих типов. Но для этого необходимо создать условия, в которых изучаемое явление будет заведомо отсутствовать. Основу такой возможности составляют как теория явления, так и количественная теория прибора, т.е. множество *инструментальных теорий*, на которых основаны принципы его работы.

Термин «инструментальные теории» здесь, так же как и в работах П. Галисона и Э. Пикеринга, используется в несколько ином контексте, чем его использовал К. Поппер [10], критикуя позицию инструментализма. В современном эксперименте, в приборе и установке, предназначенных для приготовления и измерения изучаемых явлений, происходит множество процессов, описываемых ранее созданными и верифицированными в предшествующих экспериментах теориями. Именно знание таких теорий и уверенность в их применимости для интерпретации происходящих в приборе процессов позволяют использовать прибор для поиска новых феноменов, делают устройство прибором. Эти теории, на которых основано действие приборов, и называются здесь инструментальными, и они не проблематизированы в контексте тех экспериментов, где выступают в таком качестве. Использование в приборах независимо проверенных «надежных» теорий в качестве инструментальных отмечено А. Франклином как одна их эпистемических экспериментальных стратегий.

Инструментальные теории необходимо отличать от теорий изучаемого явления, на поиск которого ориентировано использование приборов. Например, проверяемой теорией может быть рассматриваемая ниже теория электрослабого взаимодействия, тогда как действие прибора может описываться классической механикой, термодинамикой, электромагнетизмом и т.д. Далее будет проанализирован и более сложный случай, когда инструментальной теорией является неклассическая теория. Тем не менее это, как правило, теории иные, чем теории исследуемого феномена. Вопрос применения теории в качестве инструментальной никак не связан с ее дескриптивными свойствами или наличием философских вопросов, касающихся ее оснований, а требует только эмпирической адекватности данной теории в области, в которой она используется в подобном качестве.

Дополнительной возможностью являются применение временных аргументов, изучение временных зависимостей происходящих в установке совпадений и заключение на их основе о том, какая часть совпадений случайна, а какая – истинна. Например, принимается, что срабатывание счетчиков должно быть одновременным (с точностью до разрешающей способности прибора), если это истинное совпадение (частица пролетела оба счетчика по очереди насквозь), или оно не должно быть таковым, если в счетчики попали две причинно – несвязанные частицы. Такое рассуждение уже предполагает теоретическое представление о процессах, в которых возникает фон, а также о том, какие временные свойства он имеет. Эти теории, таким образом, входят в получение экспериментального результата, формируют его *теоретические компоненты*. По сравнению с классическим экспериментом мы здесь наблюдаем как увеличение числа теорий, включенных в экспериментальный результат, так и их усложнение.

Качественно иной пример приводит Галисон, рассматривая эксперименты Андерсона по обнаружению мюона в космических лучах, выполнявшиеся на конденсационной камере с толстой свинцовой пластиной [11]. Экспериментаторы наблюдали в камере два типа частиц и связанных с ними явлений: одни вызывали ливни частиц, а другие оставляли сквозные проникающие следы. Инструментальная теория, которой в этом случае была квантовая электродинамика в том виде, в каком она существовала тогда (в 1936 г.), не могла хорошо объяснить возникновение ливней, ее предсказания в этой области энергий были ненадежными. В связи с этим большинство ученых считали, что ливни вызываются новым типом частиц, в то время как проникающие частицы – хорошо известные электроны.

Объяснение этому явлению, в частности, пытался дать В. Гейзенберг, вводя понятие «фундаментальной длины», которое означало бы кардинальное изменение формулировки квантовой механики. Теоретическими изысканиями в этой области занимались также Н. Бор и В. Паули. Однако в ходе дальнейшего развития теории ливней Р. Оппенгеймер и Дж. Карлсон показали, что проникающие частицы не могут быть электронами, а являются, следовательно, какими-то новыми частицами. Это, как демонстрирует Галисон [12], изменило саму постановку вопроса в исследовании на *противоположную*. Теперь стало необходимо объяснить, что представляют собой ливневые частицы, в допущении того, что новые частицы – проникающие.

В ходе дальнейшего теоретического анализа выяснилось, что ливневые частицы хорошо описываются теорией Бете – Гайтлера и являются электронами. Таким образом, развитие теории в ходе эксперимента изменило первоначальное представление о наблюдаемом явлении (ливневые частицы – мюоны, проникающие – электроны) на противоположное (ливневые частицы – электроны, проникающие – мюоны). Иначе говоря, то, что считалось явлением, оказалось фоном, а то, что считалось фоном, стало явлением, которое необходимо изучить и объяснить. Этим экспериментом и его анализом Галисон иллюстрирует, как *теория определяет, что является фоном*, а что – изучаемым феноменом.

Однако, как нам представляется, в анализе Галисона не проводится достаточно четкого различения того, какой тип теорий имеется в виду. Рассматривая теоретические компоненты в ускорительных экспериментах по физике высоких энергий [13], мы выявили различные роли в структуре эксперимента двух типов теорий: теорий явления, как правило, представляющих собой теории, проверяемые в эксперименте, и инструментальных теорий, на которых основаны принципы работы приборов и установок в эксперименте, о чем говорилось выше. Применительно к эксперименту по обнаружению мюона и его теоретическому анализу Галисон в качестве теорий, определивших, что есть фон, а что – явление, указывает квантовую механику и электродинамику и модели, основанные на квантовых теориях.

Иначе говоря, Галисон не проводит различия между теорией мюона как изучаемого явления (что он собой представляет и как взаимодействует) и *инструментальной теорией* (как проявляются взаимодействия известных частиц – фотонов и электронов в веществе конденсационной камеры с металлической пластиной, а мюон появляется уже в результате исключения объясненных явлений), обсуждая не первую, а вторую.

Принципиально новым здесь представляется то, что в физике элементарных частиц впервые в качестве инструментальных теорий, теорий прибора, в первой трети XX в. выступают *квантовые теории*.

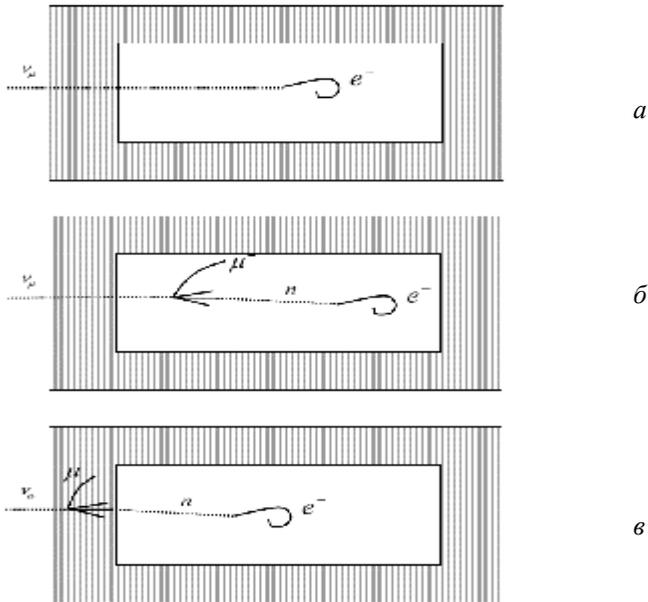
Новизна того, что квантовые теории теперь выступают в роли инструментальных теорий, может объяснить отсутствие различения типов теорий в анализе Галисона. Однако в современной физике микромира такая роль квантовых теорий вполне тривиальна. В эпоху описываемых экспериментов такое применение квантовых теорий было передним краем науки, теория явления развивалась *одновременно и в связке* с техникой эксперимента, что и объясняет изменение интерпретации на противоположную.

Еще одним интересным примером эксперимента в физике высоких энергий, широко обсуждавшимся в англоязычной литературе по философии научного эксперимента [14], являются проводившиеся в ЦЕРН эксперименты по подтверждению теории электрослабого взаимодействия (теория Глэшоу – Вайнберга – Салама), в частности серия экспериментов по поиску нейтральных токов. По аналогии с квантовой электродинамикой, где электрон, создавая ток, вступал во взаимодействие с электромагнитным полем, испуская или поглощая квант поля – фотон, в электрослабой теории Глэшоу – Вайнберга – Салама взаимодействие, например рассеяние нейтрино на электроне или нуклоне, представлялось как обмен виртуальными квантами поля – бозонами, которых предполагалось два типа. Заряженный ток (процесс с изменением электрического заряда) в теории осуществлялся с помощью обмена W^+ - и W^- -бозонами, тогда как нейтральный ток (процесс без изменения заряда) в этой теории связывался с обменом нейтральным Z^0 -бозоном.

Эксперимент по обнаружению нейтральных токов – первый из рассматриваемых здесь экспериментов, выполненный с использованием ускорителя, что помимо существенно возрастающей технической сложности предполагает некоторые качественные отличия, в частности увеличение роли учета фона. В этом эксперименте пучок протонов ускорителя попадал в мишень, и образующиеся в ней частицы проходили через слой земли, оставляя только мюонные нейтрино. Поток нейтрино достигал пузырьковой камеры и вызывал в ней изучаемые взаимодействия, в частности ливни частиц. Продукты взаимодействия оставляли следы, которые регистрировались на фотопленку.

Подтверждение изучаемого варианта электрослабой теории состояло в данном эксперименте в приписывании снимков тому или иному процессу (вылету заряженной частицы при распаде нейтрального Z^0 - или

заряженного W^\pm -бозона) и последующем статистическом анализе. Часть нейтрино неизбежно попадают и в материалы, окружающие камеру, такие как магниты, пол, конструкционные материалы и радиационная защита, и образуют в ней нейтроны фона. Эти фоновые нейтроны, также проникавшие в камеру, могли вызывать в ней ливни, сходные с ливнями, вызываемыми нейтрино (см. рисунок).



Фон и эффект в пузырьковой камере эксперимента «Гаргамель»

a – событие нейтрального тока с обменом Z-бозоном (рассеяние мюонного нейтрино на электроны в объеме камеры); *б* – фоновое ассоциативное событие (нейтрино, сталкиваясь с адронным веществом в камере, производит нейтрон, который, сталкиваясь далее в веществе, производит электрон, подобный нейтральному току); *в* – фоновое событие (нейтрино сталкивается в веществе защиты, порождая нейтрон, который вызывает в камере событие, внешне подобное нейтральному току)

Так, если один из этих вторичных нейтронов сталкивается с нейтроном или протоном ядра вещества в пузырьковой камере, то может возникнуть ливень адронов, который выглядит аналогично одному из

возможных нейтринных событий (проявлению заряженных W^{\pm} -токов). Еще одним источником фона являлись такие нейтроны, испускавшиеся наряду с другими адронами в нейтринных ливнях, которые могли в дальнейшем, в свою очередь, вызывать в других местах камеры вторичные ливни, неотличимые по наблюдаемым признакам от нейтринных (см. части б и в на рисунке). Благодаря наличию мюона в предшествующем нейтринном событии они могли быть ассоциированы с этим событием (и тем самым отнесены к фону) и поэтому назывались ассоциативными.

В связи с этим Галисон предполагает, что снимок события рассеяния нейтрино на электроны (этот процесс наряду с ливнями мог объясняться обменом Z^0 -бозоном), ставший поворотным моментом в подтверждении существования нейтральных токов, а следовательно, в подтверждении электрослабой теории, первоначально был интерпретирован как проявление фона и не привлек внимания [15]. Это, по мнению Галисона, было связано с тем, что первоначально слабые токи не были ключевыми в этой теории и задача их поиска не ставилась экспериментаторами как приоритетная. Только впоследствии, когда поиск нейтральных токов в силу их возросшей теоретической важности стал проводиться целенаправленно, при анализе ранее полученных снимков изображение похожего явления было обнаружено и интерпретировано как подтверждение теории.

Здесь Галисон подходит к обсуждению значимости статистических аргументов для анализа экспериментальных данных, этот вопрос обсуждают также Дж. Боген и Дж. Вудворт [16]. С качественной точки зрения, фоновые нейтроны, которые могли имитировать похожие образы, появлялись из материалов, окружающих камеру, следовательно, вероятность фоновых событий была выше у стенок камеры и ниже – в ее центре. Тем не менее применительно к каждому конкретному снимку невозможно определить, фоновое ли это событие или изучаемое явление, можно только оценить вероятность такой идентификации события исходя из модельных соображений. Подобные рассуждения дали Богену и Вудворду основания утверждать, что теории предсказывают явления, но не данные, т.е. не отдельные снимки, измерения и т.д.

Э. Пикеринг, рассматривая этот эксперимент и его отдельные фазы, обращает внимание на то, что на более ранних этапах эксперимента величина фона, так же как и впоследствии, рассчитывалась при помощи компьютерного математического моделирования [17]. Указывая на несовершенство модели явления, имевшейся в то время у экспериментаторов, он утверждает, что до того как подтверждение электрослабой теории

стало центральной задачей эксперимента, результаты моделирования были интерпретированы как свидетельство фонового происхождения наблюдавшихся в эксперименте событий, а через несколько лет полученные тем же методом результаты моделирования были сочтены свидетельствами в пользу наблюдения нейтральных токов.

Одной из причин неоднозначности интерпретации Э. Пикеринг называет сложность моделирования всей конструкции установки. Однако отметим, что описание механизмов возникновения и транспорта нейтронов было за несколько лет существенно развито и точность предсказаний модели возросла, что скорее всего и предопределило более надежное понимание процессов, происходящих в камере и окружающих ее материалах. При этом сложность моделирования больших экспериментальных конструкций, на которую указывает Пикеринг, скорее преувеличена и практически может быть устранена в больших экспериментах посредством математического моделирования на компьютерах, поскольку является технической, а не принципиальной.

Тем не менее одна из эпистемических проблем, которую обходят вниманием в дискуссиях по поводу этого эксперимента, состоит в том, что фоновые нейтроны частично возникают в материалах, окружающих камеру, в результате тех же процессов образования ливней при рассеянии нейтрино на ядрах веществ конструкционных материалов, что и изучаемые в эксперименте, а, следовательно, описываемые либо той же электрослабой теорией Глэшоу – Вайнберга – Салама, либо с помощью другого априорного теоретического представления о том, что происходит в этом процессе, т.е. с помощью *теории явления*.

Испытывая рассеяние в окружающих камеру материалах, нейтрино могут участвовать в процессах с обменом бозонами электрослабого взаимодействия (что было впоследствии подтверждено экспериментами) точно так же, как и в самом веществе камеры, рождая нейтроны фона. Однако то, что эта электрослабая теория верна, было доказано на основе количественного анализа событий в камере, в ходе которого была необходима количественная оценка фона в этих окружающих материалах, а для нее, в свою очередь, требовалось предварительное представление об изучаемом процессе, его теоретическая модель.

Таким образом, определяя количество фоновых нейтронов, необходимо каким-либо образом оценивать и количество тех из них, которые возникают с участием некоторой теории этого явления. Количество же событий с проявлениями изучаемых нейтральных токов определяется как *превышение над фоном* количества всех подобных событий, а изме-

ренной величиной явления, как отмечалось Галисоном, будет то, что остается после вычитания фона, т.е. теории фона в конечном счете количественно входят в результат измерения явления. Следовательно, помимо инструментальных теорий в получении экспериментального результата участвуют предварительное знание, модель фона, в качестве которой выступает некоторая модель самого изучаемого явления, *теория явления*, факт, которому в работах по философии эксперимента не уделялось достаточного внимания. Эта теория не обязательно должна быть теорией Глэшоу – Вайнберга – Салама, но это должна быть некоторая теория (модель) возникновения нейтронов при рассеянии нейтрино на нуклонах, т.е. теория, описывающая тот же круг феноменов, что и сама электрослабая теория.

Если вхождение инструментальных теорий в экспериментальный результат подчеркивает общую теоретическую нагруженность эксперимента (а именно инструментальные по существу теории еще П. Дюгем приводит в качестве примера теоретической нагруженности эксперимента, не давая им, однако, такого определения и не различая их с теориями феномена) и труда экспериментатора, но принципиально не проблематизирует интерпретацию экспериментального результата, то нагруженность теории явления допускает конструктивистскую интерпретацию и указывает на потенциально важное направление исследований в философии научного эксперимента. И именно экспериментальный фон в примере с нейтральными токами явился одним из механизмов, благодаря которым теория феномена может входить в получение значимого экспериментального результата.

Включая в круг обсуждаемых вопросов нейтральные токи, Бюген и Вудворд [18] так же, как ранее Галисон и Пикеринг, не акцентируют внимания на том факте, что теория явления и теория фона – это, по существу, теории одного и того же явления, заключая на основе различения данных и явлений, что теория явления (Глэшоу – Вайнберга – Салама) не участвовала в обнаружении нейтральных токов. Не делает этого и Д. Майо [19], ограничиваясь рассмотрением роли статистических методов в анализе экспериментальных данных и на этом основании также исключая роль проверяемой теории. Однако С. Шиндлер [20], утверждающий о влиянии теории высокого уровня (проверяемой теории) на результат эксперимента, в частности, считает ключевым фактором возникшую в определенный момент готовность экспериментаторов к регистрации нейтральных токов, основанную на их теоретической необходимости, на высокой научной ценности теории Глэшоу – Вайнберга – Салама.

В другой работе Шиндлер [21] отмечает, что убедительность моделирования фона в этих экспериментах «зависела от всего набора допущений» в расчетах (как мы показываем в данной статье, теория явления должна была явиться одним из таких допущений). В связи с этим он утверждает, что не столько надежное отделение фона от сигнала послужило аргументом в пользу обнаружения нейтральных токов, сколько иные, теоретические преимущества теории Глэшоу – Вайнберга – Салама, предсказавшей эти токи, повлияли на выбор этой теории и обнаружение экспериментальных подтверждений в ее поддержку. Одним из таких свидетельств, по мнению Шиндлера, и явился выбор величины фона, позволивший сделать утверждение об обнаружении явления нейтральных токов. Шиндлер солидарен с Галисоном в том, что фон можно было только оценить в эксперименте, тогда как чем ниже оцененное значение фона, тем больше, следовательно, число событий, которые принимаются за проявление нейтральных токов. Шиндлер допускает влияние знания экспериментаторами предсказаний теории на оценку фона, однако без указаний на непосредственное вхождение проверяемой теории в расчеты фона такие допущения не выглядят убедительными. В свою очередь, С. Перович [22], рассматривая аргументы в пользу теоретической нагруженности эксперимента, так же как и Шиндлер, называет процессы в камере истинными, а процессы, вызванные фоновыми нейтронами, – артефактами, тоже не придавая особого значения физической общности их природы с фоновыми.

Кроме того, анализируя описания Галисона и Пикеринга, как правило, авторы не проводят необходимого различия между фоном (background) и шумом (noise), что затрудняет интерпретацию ряда утверждений, поскольку шум в экспериментальном контексте обычно связывается с электромагнитными колебательными процессами в электронных частях прибора. Несмотря на то что шум в широком смысле также может быть причиной фона, обсуждаемый Галисоном и Пикерингом фон в экспериментах по поиску нейтральных токов не является шумом в его наиболее распространенном понимании, а вызван процессами, происходящими при рассеянии нейтрино. Более детальное рассмотрение проблемы различения фона и шума выходит за рамки данной работы.

Еще один вопрос философии эксперимента, который возникает в связи с проблемой фона, это вопрос об «открытости» экспериментальной системы, т.е. о том, возможно ли учесть все факторы, влияющие на результат эксперимента, или в системе могут возникать непредсказуемые процессы, которые способны изменить этот результат и которые экспериментатор не будет в состоянии учесть. Этот вопрос примени-

тельно к экспериментам по поиску свободных кварков на установке, подобной использовавшейся в экспериментах Милликена, рассматривался Пикерингом [23]. Пикеринг изучал работу двух групп экспериментаторов, которые пришли к разным выводам относительно существования дробных электрических зарядов. В ходе экспериментов группы обнаруживали у себя и друг у друга все новые факторы, влиявшие на результат, а также выявляли такие проблемы техники эксперимента, которые им не удавалось разрешить.

В связи с этим Пикеринг ставит вопрос о том, возможно ли в принципе учесть все процессы, определяющие результат эксперимента. Х. Раддер [24], рассматривая вопрос о «закрытости», вводит для эксперимента понятие теоретического описания, которое перекликается с используемым здесь понятием теоретических компонентов. Он считает, что «закрытость» экспериментальной системы возможна только относительно выбранного теоретического описания. Кроме того, исключить или учесть необходимо только те факторы, которые могут повлиять на некоторый определенный результат, так как эксперимент, как правило, ищет ответ на вполне конкретные вопросы.

Раддер формулирует два условия закрытости экспериментальной системы: 1) все происходящие в некоторой системе экспериментальные эпизоды не должны иметь достаточных условий для возникновения за пределами этой системы; 2) за пределами системы выполнены необходимые условия воспроизводимости экспериментальных эпизодов в системе. Как мы видим, в отношении фона первое из этих условий не всегда может быть выполнено, поскольку, например, ливень в камере может быть вызван фоновым нейтроном определенной энергии, который представляет собой достаточное условие для возникновения ливня, точно так же, как и нейтрино. Таким образом, важной проблемой является также обоснование отсутствия неучтенных источников фона в эксперименте.

Присутствие фона нарушает условия закрытости экспериментальной системы, но в отличие от экспериментов, выполнявшихся до первой трети XX в., в современных экспериментах его бывает невозможно исключить конструктивно. Это создает, как обсуждалось выше, такой тип теоретической нагруженности, который связан с самой постановкой эксперимента, поэтому ее можно назвать *перформативной*. Однако помимо конструктивного исключения Галисон рассматривает такие способы учета фона, как его *измерение и расчет*.

В обсуждаемом выше эксперименте по обнаружению нейтральных токов в силу того, что фоновые нейтроны создаются, как и изучаемое

явление, потоком нейтрино, причем одновременно, измерить фон в камере отдельно от феномена не представлялось возможным. Но поскольку для фона есть свои теории, его часто оказывается возможным рассчитать, а в примере, касающемся нейтральных токов, это теории по существу того же явления. Ввиду того, что в рассматриваемых экспериментах средства такого расчета, как следует из описания Пикеринга, создавались и развивались одновременно с самим экспериментом, результаты не всегда оказывались стабильными, что, однако, не создает никакой принципиальной сложности. Очевидно, тем не менее, что такие средства должны были включать какую-либо априорную информацию об изучаемом процессе, поскольку он приводил к возникновению и фоновых нейтронов, и изучаемого явления в камере.

Таким образом, эпистемическая роль фона, процессов, имитирующих изучаемое физическое явление, – один из важных и широко обсуждаемых вопросов современной философии научного эксперимента. Как показывают и критический анализ исторических описаний Галисона и Пикеринга, а также работ ряда других современных авторов, и анализ, выполненный в настоящей работе, эта роль состоит в том, что наличие фона

- может составлять основное содержание деятельности экспериментатора;
- вводит в физический эксперимент и его результат большое количество теоретических компонентов инструментальных теорий (дополнительную теоретическую нагруженность);
- может требовать применения и развития теорий, для того чтобы определить, является ли он фоном или изучаемым феноменом;
- может вводить в получение значимого результата теорию самого явления;
- может проблематизировать «закрытость» экспериментальной системы в целом.

Ошибка, связанная с неучетом фона (ввиду, например, его неизвестных природы или величины), относится в эксперименте к так называемым систематическим ошибкам, т.е. ошибкам нестатистической природы, вызванным недостаточным знанием экспериментальной системы. Сложность и актуальность проблемы фона указывают на необходимость системного эпистемологического анализа современных экспериментов в физике и других науках с целью изучения роли фона в познании.

Автор выражает благодарность профессору А.И. Липкину за обсуждение работы и ценные замечания.

Примечания

1. См.: *Galison P.L.* How experiments end. – The University of Chicago Press, 1987. – P. 71; *Pickering A.* Constructing Quarks: A Sociological History of Particle Physics. – The University of Chicago Press, 1984. – P. 188.
2. См.: *Дюгем П.* Физическая теория, ее цель и строение. – СПб., 1910. – С. 328.
3. См.: *Хакинг Я.* Представление и вмешательство: Введение в философию естественных наук. – М.: Логос 1998. – P. 296.
4. См.: *Franklin A.* Experiment in physics // The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2012 Edition), Edward N. Zalta (ed.). – URL: <http://plato.stanford.edu/archives/win2012/entries/physics-experiment/>.
5. См.: *The Philosophy of scientific experimentation / Ed. by H. Radder.* – University of Pittsburg Press, 2003. – P. 6.
6. См.: *Сторожук А.Ю.* Философия научного эксперимента: реакция на кризис рационализма // Философия науки. – 2004. – № 3 (22). – С. 87–120.
7. См.: *Radder H.* The Material Realization of Science: From Habermas to Experimentation and Referential Realism. – Springer, 2012. – P. 161.
8. См.: *Galison P.L.* How experiments end.
9. Ibid. – P. 94.
10. См.: *Поннер К.* Логика и рост научного знания: Избр. работы – М: Прогресс, 1983. – С. 82.
11. См.: *Galison P.L.* How experiments end.
12. Ibid.
13. См.: *Липкин А.И., Пронских В.С.* Теоретические компоненты в экспериментах на ускорителях элементарных частиц // Вестник РУДН. Сер.: Философия. – 2010. – № 3. – С. 56.
14. См.: *Galison P.L.* How experiments end. – P. 170; *Pickering A.* Constructing Quarks. – P. 188.
15. См.: *Galison P.L.* How experiments end. – P. 180.
16. См.: *Bogen J., Woodward J.* Saving the phenomena // The Philosophical Review. – 1988. – V. XCVII, No.3. – P. 303.
17. См.: *Pickering A.* Constructing Quarks... – P. 192.
18. См.: *Bogen J., Woodward J.* Saving the phenomena. – P. 304.
19. См.: *Mayo D.* The new experimentalism, topical hypotheses, and learning from error // PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association. – 1994. – V. 1. – P. 270.
20. См.: *Schindler S.* Bogen and Woodward's data-phenomena distinction, forms of theory-ladenness, and the reliability of data // Synthese. – 2011. – V. 182 (1). – P. 49.
21. См.: *Schindler S.* A matter of Kuhnian theory-choice? The GWS model and the neutral current // Perspectives on Science – 2014. – V. 22. – No.4. – P. 508.
22. См.: *Perovic S.* Theory-ladenness of observation in the experimental context. 2011 (Preprint). – P. 1. – URL: <http://philsci-archive.pitt.edu/id/eprint/8914> (дата обращения 23.04.2013).

23. См.: *Pickering A.* The Hunting of the Quark // *Isis.* – 1981. – V. 72. – P. 216.

24. См.: *Radder H.* The Material Realization of Science... – P. 57.

Дата поступления 01.05.2015

Объединенный институт
ядерных исследований, Дубна, Россия
Национальная ускорительная лаборатория
им. Э. Ферми, Батавия, США

vitali.pronskikh@jinr.ru

***Pronskikh, V.S.* The epistemic role of scientific background in philosophy of scientific experiment**

Roles of experimental background related to the systematic (ignorance) error in experiment are considered within philosophy of scientific experimentation approaches. Based on an analysis of contemporary literature and taking high-energy and particle physics as examples, the roles of background in determining experimentalists' practice, introducing instrumental and phenomenal theories in data analysis, requiring new theoretical models, and challenging closedness of experimental systems are studied. It is shown that in certain cases the background determination can introduce a theory of the phenomenon under scrutiny in data analysis.

Keywords: philosophy of scientific experimentation, theory ladenness, instrumental theories, background, particle physics, neutral currents