

МЕТАФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕТОДИКИ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

DOI: 10.22363/2224-7580-2023-2-103-115

EDN: GSSFCP

МАКСВЕЛЛОВСКИЙ СИНТЕЗ ОПТИКИ И ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМА И ПРОБЛЕМА НЕСОИЗМЕРИМОСТИ ПАРАДИГМ

Р.М. Нугаев*

*Поволжский государственный университет
физической культуры, спорта и туризма*

Российская Федерация, 420010, РТ, г. Казань, Деревня Универсиады, д. 35

Аннотация. Обосновывается точка зрения, согласно которой один из перспективных подходов к решению сформулированной Т. Куном и П. Фейерабендом проблемы несоизмеримости (incommensurability) конкурирующих и сменяющих друг друга в процессе научной революции парадигм может быть связан с направлением развития неокантианской эпистемологии, представленным работами Эрнста Кассирера. Согласно Кассиреру, высказывания, фиксирующие связи и отношения между математическими идеальными конструктами, образуют тот «нейтральный язык», который способен служить основой для сравнения различных парадигм, в частности «старой» и «новой». Подробно рассматривается образцовый пример генезиса и функционирования нейтрального математического языка, относящийся к максвелловскому синтезу оптики, электричества и магнетизма. Показано, что его основу составили сначала математический аппарат механики сплошных сред, а затем и тензорный аппарат теории упругости. Основная функция этого элемента теории Максвелла состояла в проецировании выводов всех объединявшихся теорий на гидродинамическую модель, «переписывании» всех синтезируемых законов на этом математическом языке, сравнении их выводов между собой для элиминации противоречий и обобщения в самосогласованной системе уравнений.

Ключевые слова: несоизмеримость, Кассирер, математизация, Максвелл, синтез

* E-mail: rinatnugaev@mail.ru

Введение

В процессе становления постпозитивистского этапа эволюции философии науки Томасом Куном и Полом Фейерабендом был сформулирован и обоснован известный тезис о несоизмеримости сменяющих друг друга в процессах научных революций парадигм (*in commen surabilitytenet*). Согласно этому тезису, творцы новых фундаментальных научных теорий (Ньютон, Максвелл, Эйнштейн) производят такие глубокие преобразования теоретических онтологий, настолько решительно отказываются от отживших представлений, что конструируемые ими «новые» парадигмы становятся *несоизмеримыми* со «старыми». Это означает, что в науке напрочь отсутствуют *объективные основы* для сравнения сменяющих друг друга парадигм. Так, в «*Структуре научных революций*» Т. Кун приводит ставший классическим пример несоизмеримости, относящийся к процессу замены ньютоновской механики специальной теорией относительности: «Однако физическое содержание эйнштейновских понятий никоим образом не тождественно со значением ньютоновских понятий, хотя и называются они одинаково. (Ньютоновская масса сохраняется, эйнштейновская может превращаться в энергию) <...> Традиция нормальной науки, которая возникает после научной революции, не только несовместима, но часто фактически и *несоизмерима* с традицией, существовавшей до нее...» [1. С. 140–143].

Пол Фейерабенд придерживался сходной, хотя и менее жесткой и более структурированной позиции [2. С. 280–284]. Так называемая «*проблема несоизмеримости*» состоит в том, что, если «новая» и «старая» парадигмы действительно несоизмеримы, то на основании каких доводов мы можем утверждать, что «новая» парадигма лучше «старой»? А если мы это утверждать не можем, то в чем же тогда состоит прогресс развития науки? Поэтому несомненный интерес для современной философии науки представляют те концепции, которые предвзряют исследование конкретных проблем философии науки принятием общей концепции эволюции науки и, соответственно, более четких критериев научного прогресса. Это, как правило, возможно тогда, когда эта концепция формулируется как продолжение той или иной *классической* философской традиции, что позволяет задействовать хорошо структурированный аппарат классической гносеологии, позволяющий, в частности, более определенно отличить истину от заблуждения. Такой концепцией является гносеология Эрнста Кассирера, разработанная в русле неокантианской философской традиции, привлекающей, в рамках продолжающегося отказа от неопозитивистских концепций, все большее и большее внимание современных исследователей [3; 4].

Цель данной статьи – проанализировать концепцию Кассирера под углом зрения проблемы (не)соизмеримости (первый и второй разделы) и показать на примере максвелловской революции, какие возможности для решения этой проблемы она предоставляет (третий раздел).

1. Неокантианская эпистемология Эрнста Кассирера

В соответствии с традициями марбургской школы неокантианства основополагающие понятия каждой науки, средства, которыми она ставит свои «предельные» вопросы и формулирует определенные выводы, являются не пассивными отражениями человеческого бытия, но сконструированными самими людьми «интеллектуальными символами» [5; 6]. Раньше всех и наиболее явно осознало символический характер своих фундаментальных средств познание физико-математическое. Согласно Кассиреру, современная наука возникла только в XV–XVII веках, в то время как в западноевропейской культуре встретились и стали «взаимпроникать и активно взаимодействовать» две традиции, развивавшиеся до того относительно независимо друг от друга.

Первая традиция (Аристотель) – это традиция опытного естествознания, согласно которой всякое научное знание возникает только из *опыта*.

Вторая традиция (Евклид) – это традиция математически строгого рассуждения, согласно которой всякое научное утверждение должно быть *доказано*, то есть логически безукоризненным путем выведено из системы самоочевидных аксиом.

Взаимодействие этих традиций и составило одну из антиномий, неразрешимость которой продолжает развивать естественнонаучное познание. Результатом того, как «проникают друг в друга основополагающие формы познания – чувственного ощущения и чистого созерцания, категорий чистого рассудка и идей чистого разума; как в их *взаимосвязи* и *взаимодействиях* определяется теоретический образ действительности» [6. С. 14] является конструирование систем идеальных математических объектов. Так, законы классической (ньютоновской) механики имеют смысл лишь тогда, когда они описывают связи и отношения между «идеальными предельными образами», которые мы абстрактно ставим на место эмпирических чувственных данных чувственного восприятия. Соответственно, механическое перемещение есть предикат, который нельзя непосредственно применять к предметам окружающего нас чувственного мира. Оно имеет смысл «лишь в приложении к тому классу объектов, которые подставляет на место их математика в своем свободном творчестве» [7. С. 143].

Радикально противостоя традиционному логическому учению Аристотеля, путь математического образования понятий был проторен Галилеем, Кеплером и Ньютоном «через прием образования рядов». Последний состоит отнюдь не в том, чтобы выделить из некоторой совокупности однородных впечатлений то, что обще им, но в том, чтобы установить «некоторый принцип, в силу которого различное вытекает одно из другого. Единство понятия обнаружилось не в некоторой неизменной сумме признаков, но в правиле, благодаря которому простое различие было представлено как закономерный ряд элементов» [7. С. 172].

В итоге на место единичных «значений ряда», устанавливаемых при помощи наблюдений или измерений, мы ставим «предельные значения, к кото-

рым движутся ряды в целом». Естественнонаучные теории дают нам наглядные примеры использования этого конструктивного метода «перехода к пределу»: абсолютно упругое тело, идеальный газ, несжимаемая жидкость, совершенный круговой процесс и т.д. Сама классическая механика описывает строгие законы движения только за счет использования предельной идеи «материальной точки». Но, вводя это «царство предельных идеальных объектов», мы ни в коей мере не должны смешивать его с миром платоновских идей или форм, описанным еще Кеплером: «Математические идеи суть вечные прообразы и „архетипы“, по которым божественный строитель мира устроил все».

Как не уставал повторять сам Кассирер, «невозможно уже заблуждаться и принимать предметы физики – массу, силу, атом, эфир – за новые реальности, которые должно исследовать и внутрь которых должно проникнуть, раз поняли, что они *инструменты*, создаваемые себе мыслью, чтобы изобразить хаос явлений в виде расчлененного и измеримого целого» [7. С. 193].

Используя многочисленные примеры, детально описанные в работах великого немецкого физика Генриха Герца, Кассирер заключает, что основополагающие понятия естественных наук, и особенно базисные понятия механики и электродинамики, – отнюдь не копии непосредственно данных в опыте вещей. Напротив, они являются необходимыми «*конструктивными проектами*» физического мышления. Теоретическая значимость этих проектов прежде всего определяется тем, насколько выводимые из них следствия совпадают с получаемыми экспериментальными результатами.

Вместе с тем всякое естественнонаучное понятие, в том в специфическом значении, которым оно обладает в математике и физике, – это «только *символ* для определенной формы *связи*, который сбросил с себя одно за другим всякое особенное материальное содержание. Оно означает только вид *возможной* координации, но не «сущность» (*das Was*) элементов, которые должны быть координированы друг с другом» [7. С. 236].

В итоге, вместо того чтобы сочинять новый поистине платоновский мир позади мира восприятий, наше познание ограничивается тем, что набрасывает общие логические схемы, с помощью которых оно рассчитывает изобразить *связи и отношения* восприятий. Естественнонаучный символ имеет свой коррелят не в составных частях восприятия, но в закономерной *связи*, существующей между его частями.

2. Место концепции научного прогресса в эпистемологии Эрнста Кассирера

В согласии с кантианской традицией кассиреровская эпистемология исходит из того, что современная наука категорически отвергает натурфилософские притязания на проникновение «внутри» природы, подразумевающие последние субстанциональные ее основания. Развитие науки предстает в кассиреровском варианте неокантианской эпистемологии следующим образом.

I. Сначала производится тщательная дифференциация отдельных сфер восприятия, предлагаемых нам эмпирическим созерцанием; в каждой из них

«текущие переходы» замещаются точными, четко зафиксированными численными определениями. При этом «мир физики» (впрочем, как и «миры» химии, биологии и др.) подразделяется и артикулируется согласно непосредственно данным в ощущении различиям. Световым и цветовым ощущениям соответствует оптика, тепловым – термодинамика, звуковым – акустика. Но уже на этом этапе для вхождения в теоретические схемы оптики, термодинамики и др., чувственное содержание должно пройти через описанные выше трансформации, когда определенные ощущения заменяются в первичных схемах определенными пределами математических последовательностей или, в отечественной терминологии [8], «частными теоретическими схемами».

II. Но неизбежно наступает второй, более значимый, этап. «Подлинная и куда более сложная задача физики не сводится к переходу от чувственных «качеств» к точно определяемым величинам. Скорее, после осуществления этой подготовительной работы она ставит действительно фундаментальный для нее вопрос о *функциональной связи и соединении отдельных качественных областей*. Они должны улавливаться не в простых сосуществованиях и последовательности, но их следует мыслить как законосообразное и управляемое законом единство» [6. С. 340].

Для иллюстрации данного тезиса Кассирер обращается к известному докладу Макса Планка «*Единство физической картины мира*». В нем основатель квантовой физики убедительно обосновывает тезис, согласно которому подлинный прогресс в естественных науках состоит во все большем освобождении теоретической мысли от ограничений, налагаемых на нее первоначальной привязанностью к непосредственному содержанию чувственных ощущений и к примитивному способу их артикуляции, то есть в решительной «*эмансипации от антропоморфных элементов*».

В частности, развитие физики и химии не остановилось на чисто эмпирическом установлении существования разнообразных констант, но перешло к установлению *общих системных связей*, сделавших «понятным» появление определенных комплексов. Эта «понятность», по сути, означала поиск неких универсальных законов, определяющих *связи* разнородных констант. При помощи этих законов области, ранее считавшиеся предельно далекими друг от друга, стали рассматриваться с единой точки зрения. Сначала этот подход ограничивался отдельными областями, но затем стал «основной тенденцией современной физики». Сначала приблизились друг к другу константы, описывавшие физические и химические процессы. Но более тесное сближение констант произошло только в середине XIX века, когда Джеймс Максвелл выявил соотношение между константами, детерминирующими оптические свойства определенных субстанций, и константами, характеризующими их электропроводность. При этом решающую роль в эволюции второго этапа играет *общий схематизм понятия числа*. А именно: «...число функционирует как своего рода *абстрактный посредник*, в котором *встречаются* друг с другом различные сенсорные области, утрачивающие при этом свою сенсорную разнородность. Например, в теории Максвелла феномен света отождествляется с феноменом электричества, поскольку они получают одинаковое

численное значение и выражение. Внешнее различие между оптическими и электрическими явлениями исчезает, как только признается, что константа c , выступающая в уравнениях Максвелла, в точности равна скорости света в вакууме. Именно форма *чисто нумерического отношения способствует преодолению гетерогенности чувственных свойств и достижению гомогенности физической „сущности“*» [6. С. 346].

Заметим, что и цитировавшийся выше лидер теоретической физики начала XX века пришел, в ходе рефлексии над основаниями своей профессиональной деятельности, к аналогичным выводам [9].

Возвращаясь к максвелловскому синтезу, мы можем констатировать, что в качестве его важнейшего результата было признано, что все законы, действительные для световых лучей (рефракции, интерференции, поляризации, и др.), в равной степени применимы и к тепловому излучению. Тем самым между этими двумя областями был основан прочный «союз», позволивший преодолеть качественное различие ощущений, в которых нам даны теплота и свет. Отныне они стали различаться – в «объективном смысле физических суждений – только числовыми значениями, только неким параметром, обозначающим «длину волны» у двух разновидностей электромагнитного излучения. В итоге «последовательная разработка специфически физической формы мышления и ее символики породила [нейтральный!] язык, создавший возможность такого неслыханного расширения, показавшего, что границы ощущения являются лишь случайными «антропоморфными» границами» [6. С. 347].

Но особенно наглядно рассматриваемая особенность эволюции второго этапа проявилась в истории открытия закона сохранения энергии в формулировке Роберта Майера. Как подчеркивал Кассирер, для последнего механический закон сохранения активной силы означает не что иное, как «универсальное отношение, связывающее разнообразные области физических явлений и делающее их *качественно сопоставимыми и соизмеримыми*... Принцип устанавливает фиксированные числовые отношения при превращении теплоты в движение и движения в теплоту, но он никоим образом не предполагает того, что теплота по своей сущности есть не что иное, как движение» [6. С. 353].

И наконец, в результате совместных успехов Максвелла, Лоренца и Эйнштейна, теории электромагнитного поля и специальной теории относительности эфир, как «деревянное железо», синтезировавший взаимоисключающие признаки, был отброшен, и полностью воцарилась такая реальность, как «физическое поле». Но при этом «реальность, именуемая нами «полем», уже не мыслима как комплекс физических «вещей», но она выразима как совокупность физических *отношений*» [6. С. 365].

«Сущность» света уже более не заключается для нас в «движении» волны или в «колебаниях», но состоит всего лишь в периодических изменениях вектора, чья направленность всегда считается перпендикулярной направлению света.

Прогресс в развитии физики состоит отнюдь не в более глубоком погружении в сущность рассматриваемых процессов, выражающемся в находжении, наконец, истинного «правещества», из которого сделаны все вещи. Он состоит в объединении различных физических теорий, в подведении целостности природных явлений под одно всеобщее правило, устанавливающее связи и отношения между различными разделами физики [10]. И результатом этого объединения должна стать новая система отношений, описывающих связи между уже известными идеализациями физических процессов. Таким образом, процесс объединения научных теорий оказывается неразрывно связанным с другим более глубоким процессом, выражающим прогресс научного знания. В результате объединения физических теорий «вместе с индивидуальной особенностью впечатлений исчезла также и ее внутренняя неоднородность, так что области, которые с точки зрения ощущения *совершенно несравнимы* друг с другом, теперь могут быть поняты как находящиеся во взаимной связи члены одного и того же общего плана. Только в этом заключается особая ценность научного конструктивного построения; в нем оказывается связанным посредством непрерывно тянущихся промежуточных логических членов то, что в первом наивном воззрении чуждо и несвязанно друг с другом» [6. С. 352].

3. Образцовый пример (casestudy) функционирования нейтрального языка: максвелловский синтез оптики и электромагнетизма

Студенту Эдинбургского университета и блестящему выпускнику, а затем аспиранту Кембриджа, сыну преуспевающего юриста лорду Джеймсу Клерку Максвеллу, в отличие от христианского фундаменталиста, сына деревенского кузнеца Майкла Фарадея, был присущ глубокий скептицизм Юма и Канта, впитанный на лекциях ведущего шотландского философа того времени Уильяма Гамильтона (1788–1856). Эти лекции, которые «интересовали его чрезвычайно», и развили его «любовь к спекуляциям, к которым он в итоге оказался весьма склонен». Именно заведующий кафедрой моральной философии Эдинбургского университета сэр Гамильтон с его релятивизмом и глубокими сомнениями в возможностях познания сущностей вещей привил Максвеллу вкус к основам кантовской философии [11. С. 65]. Неслучайно уже после Эдинбурга, приступая к занятиям в Кембридже и разрабатывая «обычное обилие планов на будущее», под пунктом 4 (метафизика) Максвелл намечает «прочтение кантовской „Критики чистого разума“ на немецком с целью согласования ее с сэром У. Гамильтоном» (цит. по: [11. С. 77]). Предшественниками Максвелла в деле создания теории электромагнетизма были такие светила науки, как Ганс Христиан Эрстед, Андре-Мари Ампер, Майкл Фарадей и Вильям Томсон. Но мировоззрение Максвелла резко отличалось от их взглядов прежде всего *более высоким уровнем философской культуры*, подчеркнутой ориентацией на взгляды Канта критического периода.

Как известно, суть «коперниканской революции», которую начал в эпистемологии Кант, состоит в том, что мир повседневного, обычного опыта

утрачивал право быть исходной точкой отсчета в истолковании чувственно-воспринимаемых вещей. У Канта мир привычного опыта заменяется галилеевской экспериментально-математической физикой, в основе которой лежат идеализации, абстрагирования от «жизненного мира».

Вместе с тем, коль скоро истина постигается в опыте, и мы познаем не столько ноумены, сколько феномены, необходимо отказаться от допущения реализуемой возможности абсолютного знания. «Являемость вещей в опыте» заключает в себе истинно-сущностный характер. *Феномены не есть просто сущностные явления, сквозь которые проглядывает так или иначе замутненная сущность; они есть прежде всего сущее в своем собственном состоянии.* Феномены человеческого опыта заключают в себе всю полноту постигаемой достоверности. Особое место в процессе познания занимают так называемые «аналогии опыта». Они, согласно Канту, в отличие от основоположений о применении математики к естествознанию, касаются не порождения созерцаний, а *связи их существования в опыте, не синтетического единства в связи вещей самих по себе, но лишь восприятий* [12. С. 236–237]. «...Познание по аналогии... не означает, как обычно понимают это слово, несовершенного сходства двух вещей, а *означает совершенно сходство двух отношений между совершенно несходными вещами*» [12. С. 236]. Рассматривая более детально аналогии опыта, Кант отмечает, что если понятие предшествует восприятию, то это означает лишь *возможность* его, и только восприятие, дающее материал для понятия, есть единственный признак действительности. «Однако если вещь находится в связи с некоторыми восприятиями согласно принципам их эмпирического связывания (согласно аналогиям [опыта]), то существование ее можно познать также и до восприятия ее, стало быть, до некоторой степени *arbitrio*. В этом случае существование вещи все же связано с нашими восприятиями в возможном опыте, и мы можем прийти от своих действительных восприятий до вещи через ряд возможных восприятий, руководствуясь упомянутыми аналогиями [опыта]. Так, воспринимая притягиваемые железные опилки, мы познаем существование проникающей все тела магнитной материи, хотя непосредственное восприятие этого вещества для нас из-за устройства наших органов невозможно» [13. С. 222].

Так что даже *пример работы принципов аналогии в научном познании Кант приводит из области магнитных явлений*, как бы прямо указывая дорогу Максвеллу. И основная философская работа Максвелла – эссе «*Существуют ли действительные аналогии в природе?*», написанное в 1856 году – несомненно «вышла» из «*Критики чистого разума*». Это эссе представляет собой своеобразную переключку с теми частями творчества Канта, которые посвящены аналогиям. Но это – не ученическое воспроизведение «*Критики чистого разума*» и разъясняющих ее основные положения «*Пролегомен*», а скорее напряженный спор Максвелла с «Кантом в самом себе». Легший в основу эссе доклад «*Существуют ли реальные аналогии в природе?*», прочитанный Максвеллом на заседании кембриджского «клуба апостолов» в феврале 1856 года, является кульминационной точкой эволюции максвелловской метафизики. Этот год для творчества Максвелла особенно значим: именно в

1856 году была завершена публикация его первой электродинамической статьи «*О фарадеевских линиях сил*», в которой была тщательно намечена программа исследования электромагнитных явлений, которой Максвелл следовал всю свою жизнь. Кембриджский доклад представляет собой достаточно пространное изложение метафизических компонент «твердого ядра» (hardcore) максвелловской научно-исследовательской программы (НИП). Одна из них – признание относительности всякого конкретного знания в полном соответствии с шотландскими традициями здравого смысла с их нелюбовью к чистому, абстрактному анализу. Все, что нам остается, – это прибегать к аналогиям и моделям.

«Тогда, когда видят отношение между двумя вещами, которые хорошо известны, и думают, что должно быть сходное отношение между вещами, которые менее известны, то заключают от одного к другому. Это предполагает, что, несмотря на то, что пары вещей могут значительно отличаться друг от друга, *отношение* в одной паре может быть тем же, что и в другой. Теперь с научной точки зрения *отношение* – это самое важное, что нужно знать, и знание одной вещи позволяет в конечном счете получить знание о другой. Если все, что мы знаем, – это отношение, и если все отношения одной пары вещей соответствуют отношениям другой пары, будет трудно отличить одну пару от другой... Правда, такие ошибки достаточно редки, за исключением математических и физических аналогий... Возможно „книга“ как говорится, природы тщательно пронумерована; в этом случае несомненно, что вводные части будут объяснять то, что следует за ними, а методы, которым учат в первых частях, будут сочтены таковыми и использованы для иллюстраций более продвинутых частей курса; но если это – не „книга“, а иллюстрированный журнал, нет ничего глупее предположения, что одна ее часть может пролить свет на другие» (цит. по [11. Р. 112]).

Итак, первый урок, извлеченный Максвеллом из кантовской философии, – (I) «*принцип относительности научной истины*» [11. С. 112]. Но этим влияние Канта и эпистемологии конца XVIII – начала XIX века не ограничивается. Из рассматриваемого доклада может быть извлечен еще один принцип – (II) «*принцип активности теории по отношению к опыту*». Значение этого принципа для творчества Максвелла трудно переоценить. Действительно, в природе все явления тесно взаимосвязаны и взаимопроникают друг в друга (*merge into one another*). Вся разница в теоретических подходах обусловлена тем, что их авторы фокусируются на разных сторонах и разных уровнях рассматриваемых явлений. Поэтому главная задача теоретика состоит в том, чтобы ввести особые понятия, выражающие различные аспекты явлений. Но эти понятия – не пассивные копии вещей, а те (априорные) формы, в которых хаотическая лава ощущений и впечатлений отливается, приобретая сначала смутные очертания. Затем эти сырые формы еще «обтачиваются» за счет столкновения их как с опытными данными, так и со следствиями из других теорий для того, чтобы приобрести завершенность.

Однако задачи теоретика состоят не только в том, чтобы ввести и отполировать теоретические понятия, выражающие различные аспекты явлений,

но также в том, чтобы соединить эти аспекты в синтезе, раскрывающем связи и отношения между ними. Структура этого синтеза намечена в другой философской работе Максвелла – статье «*Герман Людвиг Фердинанд Гельмгольц*» [14. Р. 592], посвященной анализу творчества одного из наиболее близких по духу для Максвелла исследователей, Генриха Герца [15].

«Обычно научное знание растет за счет аккумуляции вокруг конечного числа отличающихся друг от друга центров. Но рано или поздно должно наступить такое время, когда два или более раздела знания уже больше не могут оставаться независимыми друг от друга, но должны *слиться в согласованное целое* (must be fused in to a consistent whole). При этом, хотя ученые мужи могут быть глубоко убеждены в необходимости подобного слияния, сама эта операция является одной из *самых трудных*. Ведь, хотя явления природы все согласованы друг с другом, мы должны иметь дело не только с ними, но и с гипотезами, которые были изобретены для систематизации этих явлений; и ниоткуда не следует, что из-за того, что одно множество наблюдателей выработало со всей искренностью для их упорядочения одну группу явлений, гипотезы, которые они сформировали, будут согласованы с теми, при помощи которых второе множество наблюдателей объясняли другое множество явлений.

Каждая наука может показаться достаточно (tolerably) согласованной внутри самой себя, но прежде чем все они смогут быть объединены в одно целое, каждая должна быть освобождена от известкового раствора, при помощи которого ее части были предварительно скреплены для согласования друг с другом. Поэтому операция слияния двух наук в одну в общем случае содержит много критики установленных методов, и отбрасывание многих кусков любимых знаний, которые ранее долгое время имели устойчивую научную репутацию» [14. Р. 592].

Этот отрывок – не случайное для Максвелла обстоятельство; Максвелл неоднократно подчеркивал ценность «*взаимооплодотворения* разными науками друг друга» (подробнее см.: [16. Р. 4]). Классический пример устранения «остатков цемента», который Максвелл приводил неоднократно (в частности в статье «О действии на расстоянии»), – это создание ньютоновской теории тяготения, когда «прогресс науки состоял в освобождении от небесных механизмов, которыми поколения астрономов загромождали небеса, в смывании паутины с неба (sweeping cobwebs off the sky)» [17. Р. 315].

Для того чтобы понять, каким именно образом Максвелл начал последовательно реализовывать описанные выше принципы, выведенные из попыток выделить рациональные элементы из кантовской философии, обратимся к его статье «*О фарадеевских силовых линиях*» [18]. Именно в ней заложены основы «синтетической» методологии Максвелла.

В чем состоит *принципиальная новизна* максвелловского подхода к синтезу явлений электричества и магнетизма, основанного на методе физических аналогий, и в лучшую сторону отличающего его от уже разработанных к тому времени подходов? – Отнюдь не в том, что он предлагает еще один «субстанциональный», в терминологии Кассирера, подход, отвергающий все

предыдущие как основанные на ложных предпосылках и утверждающий, что «на самом деле» электричество и магнетизм – это поля, а не непосредственные взаимодействия зарядов, происходящие по прямым линиям. Поэтому фарадеевские идеи применяются Максвеллом вовсе не для того, чтобы раскрыть «истинную сущность электричества и магнетизма», но для того, чтобы «показать, каким образом скрупулезное применение идей и методов Фарадея представляет на *математическое* [!] рассмотрение раскрытую им *взаимосвязь* [!] *существенно различных порядков явлений*» [18. Р. 58].

Но «идеи Фарадея» в данном случае – не полевые концепции, как это могло бы показаться доверчивому читателю, воспитанному на представлениях о том, что максвелловская электродинамика – это лишь математическое выражение физических концепций Фарадея. «Идеи Фарадея» – это всего лишь представления о *силовых линиях*, касательных к направлениям электрических и магнитных сил в данной точке.

Таким образом, суть *подлинной* инновации Максвелла – лишь в том, что он предложил рассматривать фарадеевские силовые линии, описывавшие направления электрических и магнитных сил, в качестве трубок с некоей *идеальной* несжимаемой жидкостью, репрезентирующих теперь не только направления сил, но и их интенсивности, поскольку скорости течения жидкости обратно пропорциональны сечениям этих трубок. Но для шотландского кантианца принципиально важно, что эта несжимаемая жидкость практически *никакого отношения к реальности не имеет*. Максвелл ни в коем случае не собирается утверждать, что какие-либо свойства электромагнитных явлений репрезентируются свойствами несжимаемой жидкости. Не случайно ни в 1856 году, ни позже Максвелл никогда и не пытался сконструировать единую непротиворечивую *механическую* модель электромагнитных явлений. Наоборот, он часто использовал *одновременно* несколько моделей, которые даже могли противоречить друг другу. «Это даже и не гипотетическая жидкость, вводимая для объяснения действительных явлений. Это – всего лишь *собрание воображаемых свойств*, которое может быть использовано для вывода определенных теорем *чистой математики* способом, для многих более интеллигентным и более подходящим для физических проблем, чем тот способ, в котором используются только алгебраические символы» [18. Р. 160].

Как отмечает Максвелл, репрезентация электрических и магнитных полей при помощи трубок с несжимаемой жидкостью в выгодную сторону отличается от других случаев тем, что между трубками нет никакого промежутка. Единственное налагаемое на предлагаемые модели жесткое требование, как, впрочем, и на все математические конструкты, – чтобы они *не противоречили* друг другу. Во всем остальном – полная свобода воображения. Даже законы сохранения могут в наших игрушечных моделях (toy models) нарушаться! «В концепциях источников, где жидкость может производиться, и стоков, где она аннигилируется, нет ничего самопротиворечивого. Свойства жидкости полностью в нашем распоряжении; мы сделали ее несжимаемой, а сейчас предполагаем, что она возникает из ничего в одних точках, и превращается в ничто в других» [18. Р. 162].

И в оставшихся разделах работы Максвелл показывает, каким образом «руководящая идея» линий движения жидкости может быть применена для описания таких (относительно) простых разделов, как статическое электричество, постоянный магнетизм, магнетизм индукции и однородные гальванические токи, и др. Таким образом, эпистемологический смысл максвелловской инновации, предлагаемой им в основополагающей работе 1856 года, – конструирование «нейтрального языка» для описания и сравнения выводов из различных конкурирующих и синтезируемых моделей и теорий. Для того чтобы сравнить между собой и свести воедино, – в *непротиворечивую* теоретическую схему – результаты описаний разных экспериментов, несущих следы существенно различных теоретических языков, необходимо создать или использовать особый, искусственный теоретический язык, по возможности равноудаленный от всех сравниваемых теорий. Его основа – математическая терминология механики сплошных сред. Конечная цель Максвелла – спроецировать выводы всех конкурирующих «парадигм» на эту область. Надо «переписать» все известные законы на этом языке, сравнить их выводы между собой для того, чтобы избавиться от противоречий и обобщить, наконец, в самосогласованной системе математических уравнений.

Итог статьи [18] – вывод уравнений Максвелла, но без тока смещения. Важным недостатком модели трубок несжимаемой жидкости было то, что они, за исключением простых отдельных случаев, были неспособны объяснить в общем виде не только связи и взаимодействия электрических и магнитных полей и электрических токов, но также раскрытую Фарадеем в 1845 году взаимосвязь магнитных и оптических явлений. Поэтому в 1861 году начинается публикация второй статьи [19]. Теперь нейтральный язык – не математический аппарат гидродинамики, а математический аппарат теории упругости, в которой отношения между силами математически описываются в виде тензоров. Тензорный аппарат обеспечивал создание нового диалекта «нейтрального языка» [20].

Литература

1. Кун Т. Структура научных революций. М.: АСТ, 2003.
2. Фейерабенд Пол. Против метода: очерк анархистской теории познания. М.: АСТ, 2007.
3. *Ryckman Thomas*. The Reign of Relativity. Philosophy in Physics 1915–1925. Oxford: Oxford University Press, 2005.
4. *Ladyman J*. Structural Realism and the Relationship between the Special Sciences and Physics // Philosophy of Science. 2008. 75. P. 744–755.
5. *Кассирер Эрнст*. Философия символических форм. Т. 1. М.-СПб.: Университетская книга, 2002.
6. *Кассирер Эрнст*. Философия символических форм. Т. 3. М.-СПб.: Университетская книга, 2002.
7. *Кассирер Эрнст*. Познание и действительность. Понятие субстанции и понятие функции. М.: Гнозис, 2006.
8. *Степин В. С.* Теоретическое знание. М.: Прогресс-Традиция, 2003.
9. *Planck M*. Die Einheit des physikalischen Weltbildes. Physikalische Rundblicke. Leipzig, 1922.

10. *Нугаев Р. М.* Генезис общей теории относительности: интертеоретический контекст // Вопросы Философии. 2017. № 1. С. 62–70.
11. *Campbell Lewis, Garnett William.* The Life of James Clerk Maxwell. L.: Macmillan, 1882.
12. *Кант Иммануил.* Прологомены ко всякой будущей метафизике, могущей появиться как наука / пер. Вл. Соловьева, 1893 // Иммануил Кант. Тракаты: сб. СПб.: Наука, 2006. С. 147–258.
13. *Кант Иммануил.* Критика чистого разума. Второе издание / пер. Н. Лосского. М.: Эксмо, 2006.
14. *Maxwell James.* Hermann Ludwig Ferdinand Helmholtz // Nature. 1877. Vol. XV. Reprinted in: The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. 1890. Vol. 2. P. 592–599.
15. *Нугаев Р. М.* Максвелловская научная революция: согласование исследовательских программ Френеля, Ампера-Вебера и Френеля-Юнга. Казань: Изд-во КГУ, 2013.
16. *Harman Peter.* The Natural Philosophy of J.C. Maxwell. Cambridge University Press, 2001.
17. *Maxwell James.* On Action at a Distance. 1873. Reprinted in: The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. 1890. Vol. 1. P. 315–320.
18. *Maxwell J. C.* On Faraday's Lines of Force // The Transactions of the Cambridge Philosophical Society. 1856. Vol. X, part 1. Reprinted in "The Scientific Papers of James Clerk Maxwell". 1890. Vol. 1. P. 155–229.
19. *Maxwell J. C.* On Physical Lines of Force // Philosophical Magazine. 1861. Vol. XXI. Reprinted in "The Scientific Papers of James Clerk Maxwell". 1890. Vol. 1. P. 451–513.
20. *Нугаев Р. М.* Генезис и становление максвелловской электродинамики: интертеоретический подход // История науки и техники. 2013. № 12. С. 3–19.

MAXWELL'S UNIFICATION OF OPTICS AND ELECTROMAGNETISM AND THE INCOMMENSURABILITY TENET

R.M. Nugaev*

*Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism
35 Universiade Village, Kazan, Republic of Tatarstan, 420010,
Russian Federation*

Abstract. It is contended that one of the promising directions for solving the problem of incommensurability of paradigms, coined by T. Kuhn and P. Feyerabend, can be associated with the trend of advancement of neo-Kantian epistemology, presented by the writings of Ernst Cassirer. According to Cassirer, the statements fixing connections and relationships between mathematical ideal constructs form a "neutral language" that can serve as a firm ground for comparing the "old" and "new" paradigms. A case study of the genesis and functioning of a neutral mathematical language related to the Maxwellian synthesis of optics and electromagnetism is provided. It is elicited that its basis is constituted by the mathematical language of continuum mechanics. The main function of the neutral language was to project the consequences of all the unified theories onto the mathematical model, "rewrite" all known laws in this mathematical language, compare their conclusions with each other to eliminate contradictions and generalize the stuff in a self-consistent system of equations.

Keywords: incommensurability, Cassirer, mathematization, Maxwell, synthesis

* E-mail: rinatnugaev@mail.ru