

УДК 930

Максвелловская научная революция: эпистемологический контекст

Нугаев Ринат Магдиевич

Доктор философских наук,
профессор кафедры гуманитарных дисциплин,
Казанский филиал Российского Университета Кооперации,
420045, Россия, Татарстан, Казань, ул. Н. Ершова, 58;
e-mail: kafedra_gum@kki-ruk.ru

Аннотация

Утверждается, что эпистемологическим фундаментом максвелловской методологии синтеза теорий оптики, электричества и магнетизма послужили идеи кантовской эпистемологии в интерпретации таких представителей шотландского Просвещения как Томас Рид и Уильям Гамильтон. Это позволило Максвеллу создать свою стратегию объединения, разработать собственную программу синтеза не только оптики, электричества и магнетизма (это неплохо сделали до него Ампер и Вебер), но континентальной и британской исследовательских традиций рассмотрения электромагнитных явлений. Цель данной статьи – более полно раскрыть мировоззренческий и методологический контексты максвелловской научной революции, показав, что максвелловская революция является гораздо более сложным явлением, чем это может показаться с точки зрения ряда известных концепций научных революций. Один из их основных недостатков – отсутствие описания процесса *взаимодействия* «парадигм», «научно-исследовательских программ», «исследовательских традиций» и т.д. Это замечание особенно справедливо по отношению к генезису максвелловской электродинамики.

Ключевые слова

Научная революция, максвелловская электродинамика, синтез, кантовская эпистемология, исследовательская программа.

Введение

Принято считать, что объединившая электричество и магнетизм максвелловская электродинамика явилась этапом развертывания *фарадеевской* научно-исследовательской программы, основанной на концепции близкодействия¹. Последняя, обеспечив и предсказание, и опытное подтверждение явления излучения электромагнитных волн, победила, наконец, весьма успешно конкурировавшую с ней – на первых порах – исследовательскую программу Ампера-Вебера, основанную на альтернативной близкодействию концепции дальнодействия. Тем не менее, более пристальный взгляд на историю и методологию физики второй половины XIX в., ставший возможным прежде всего благодаря исследованиям Дэниела Сигела² (1991), Маргарет Моррисон³ (2000) и Оливье

Дарриголя⁴ (2001), позволяет поставить эту точку зрения под сомнение как слишком большое **упрощение** на основе учета следующих аргументов.

(1) Во-первых, *сам создатель максвелловской электродинамики неоднократно – с самой первой работы и до конца своих дней – подчеркивал, что ключевые идеи электродинамики Ампера-Вебера не столько альтернативны, сколько **дополнительны** по отношению к концепции полевого взаимодействия*. Еще в начале своих исследований в области электродинамики, в мае 1855г., аспирант кембриджского университета, прилежный студент профессора математики Габриэля Стокса и ректора Тринити-колледжа философа науки кантонианца Уильяма Уэвелла, постоянный корреспондент Вильяма Томсона с гордостью сообщает отцу: «Я продолжаю работать над электричеством, стремясь проложить свой путь сквозь работы солидных (heavy) немецких авторов. Привести в порядок все их понятия потребует много времени, но я надеюсь выработать *свой* взгляд на этот предмет и придти в конце концов

1 Darrigol Olivier. *Electrodynamics from Ampere to Einstein*. – Oxford: Oxford University Press, 2002. – 515 p.

2 Siegel D.M. *Innovation in Maxwell's electromagnetic theory: molecular vortices, displacement current, and light*. – Cambridge: Cambridge University Press, 1999. – 229 p.

3 Morrison M. *Unifying Scientific Theories: Physical Concepts and Mathematical Structures*. – Cambridge: Cambridge University Press, 2000. – 270 p.

4 Darrigol Olivier. *Electrodynamics from Ampere to Einstein*. – Oxford: Oxford University Press, 2002. – 515 p.

к чему-то интеллигибельному (intelligible) в виде теории»⁵.

Использование юным Максвеллом картезианской терминологии обусловлено тем, что именно Декарт требовал артикуляции феноменов на интеллигибельные и сугубо чувственно-воспринимаемые вещи; в отличие от первых, последние представляют собой мир хаоса, преходящих ощущений и влечений. И уже в последовавшей вскоре самой первой «электрической» статье «О фарадеевых силовых линиях» (1856), заложившей основы собственной методологии построения теории электрических и магнитных явлений, ее автор заявляет, что в данной работе «мы продвигаемся вперед на основе другого принципа и ищем объяснения явлений *не только* в токах, но *также* и в окружающей их среде»⁶.

Но при этом перед любым непредвзятым исследователем неизбежно встает следующий вопрос: *зачем же нужна была еще одна точка зрения на явления электричества и маг-*

нетизма? – Разве недостаточна была «настоящая физическая теория», выдвинутая «Ньютоном теории электричества» – Андре-Мари Ампером (с работы которого в 1826г. и началась теоретическая электродинамика) – и основанная им вместе с Вебером и Нейманом на принципах действия на расстоянии, тех принципах, «которые мы прекрасно понимаем» (в кавычках даны оценки самого Максвелла)? Ведь домаквелловская теоретическая электродинамика Ампера-Вебера, действительно обеспечившая объединение электростатики и электродинамики с теорией магнетизма, прекрасно согласовывалась с опытными данными, была свободна от внутренних противоречий и обещала плодотворный союз с оптикой. Никакой срочной необходимости выработки иного подхода к электродинамике в этот период большинством физиков «не ощущалось». Например, в 1846г. немецкий последователь Ампера Вильгельм Вебер (1804-1890) разработал простую и ясную интегральную теорию, объединяющую все известные тогда классы электромагнитных явлений. К этому следует добавить, что уже в 1847г. Герман Гельмгольц показал, что электромагнитная индукция с необходимостью следует из закона Ампера, если

5 Campbell L., Garnett W. The Life of James Clerk Maxwell. – London: Macmillan, 1882. – P. 105.

6 Maxwell J.C. On Faraday's Lines of Force // The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. Vol. 1. – N.Y.: Dover Publications, 1890. – P. 193.

учитывать закон сохранения энергии. Как метко заметил один из современных историков науки, «Максвелл был сильно впечатлен – и даже несколько напуган – предлагаемым таким образом элегантным объединением электромагнитных явлений»⁷. Более того, как впоследствии отмечал сам Максвелл, именно «согласно теории Вебера, периодические электрические возмущения должны распространяться со скоростью равной скорости света»⁸. Все, что на эти доводы мог сначала возразить Максвелл, – всего лишь что электродинамика Ампера-Вебера – слишком математизированная теория, игнорирующая связи между явлениями, теория, огрубляющая, упрощающая **отношения между статическим и динамическим электричеством**: «...теория проводимости гальванизма и теория взаимного притяжения проводников были сведены к математическим формулам, но не были поставлены в отношения

к другим частям электрической науки»⁹.

Много позже, уже после создания своей системы уравнений, в «Обращении к математическому и физическому отделениям британской ассоциации содействия науки» (Ливерпуль, 1870) Максвелл еще раз (после 1856г.) сравнивает соотношение концепций близкодействия и далекодействия с взаимоотношениями между корпускулярной и волновой теориями света. Более того, «согласно теории электричества, которая с большим успехом развивается в Германии, две электрические частицы действуют друг на друга непосредственно на расстоянии, но с силой, которая, согласно Веберу, зависит от их относительной скорости, и которая согласно теории, контуры которой были обозначены Гауссом, но развиты Риманом, Лоренцом и Нейманом, действует не мгновенно, но с определенным запаздыванием, зависящим от расстояния между частицами. Мощность, с которой эта теория, в руках этих выдающихся людей, объясняет каждый вид, должна быть тщательно изучена для того, чтобы дать ее должную оценку. Я же

7 Siegel D.M. Innovation in Maxwell's electromagnetic theory: molecular vortices, displacement current, and light. – Cambridge: Cambridge University Press, 1999. – P. 10.

8 Maxwell J.C. Note on the Electromagnetic Theory of Light // The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. Vol. 2. – N.Y.: Dover Publications, 1890. – P. 137.

9 Maxwell J.C. On Faraday's Lines of Force // The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. Vol. 1. – N.Y.: Dover Publications, 1890. – P. 155.

предпочитаю другую теорию электричества, которая отрицает действие на расстоянии и связывает электрическое действие со знакомыми инженерам натяжениями и давлениями во всепроникающем веществе, служащем для распространения света. Обе эти теории объясняют не только те явления, которые послужили основой для их выдвижения, но и те, что непосредственно к ним не относились или даже не были известны во время их создания; и обе пришли к одним и тем же численным результатам, дающим абсолютную скорость света в терминах электрических величин. То, что столь фундаментально отличающиеся друг от друга теории содержат столь большую область совпадающих друг с другом истин, – это факт, **философское значение** которого мы не сможем в полной мере оценить до тех пор, пока не выработаем такую научную точку зрения, которая позволит узреть истинное соотношение между этими столь различающимися гипотезами»¹⁰.

И, наконец, в своем *opus magnus* – «Трактате об электричестве

и магнетизме» (1873), Максвелл отмечает, что «Фарадей видел силовые линии, пронизывающие все пространство, там, где математики видели центры сил, притягивающих на расстоянии; Фарадей видел среду там, где они не видели ничего кроме расстояний; Фарадей предполагал источник и причину явлений в реальных действиях, протекающих в среде, они же были удовлетворены тем, что нашли их в силе действия на расстоянии, приписанной электрическим флюидам. Когда я переводил то, что я считал идеями Фарадея, в математическую форму, я нашел, что в большинстве случаев результаты обоих методов совпадали, так что ими объяснялись одни и те же явления и выводились одни и те же законы действия, но что методы Фарадея походили на те, при которых мы начинаем с целого и приходим к частному путем анализа, в то время как обычные математические методы были основаны на принципе движения от частных и построения целого путем синтеза»¹¹.

Описывая процесс создания своей системы уравнений, Максвелл

10 Maxwell J.C. Address to the mathematical and physical sections of the British Association // The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. Vol. 2. – New York: Dover Publications, 1890. – P. 228.

11 Максвелл Дж.К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля / Пер. З.А. Цейтлина. – М.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1952. – С. 349.

отмечает, что «я отдавал себе отчет в том, что в то время полагали, что существует определенная разница между фарадеевским способом понимания явлений и способом понимания математиков, так что ни те, ни другой не были удовлетворены языками друг друга. Я был также убежден в том, что *эти расхождения не были результатом того, что одна из партий ошибалась*»¹².

(2) *Основное экспериментальное подтверждение максвелловской электродинамики было получено не сотрудниками созданной самим Максвеллом, долгое время им руководившейся и прекрасно оборудованной кавендишской лаборатории, не британскими учениками и последователями Максвелла, а учеником Германа Гельмгольца немецким физиком Генрихом Герцем (1888), который сторонником теории Максвелла себя не считал.* Как позже отмечал Людвиг Больцман, Герц рассматривал уравнения Максвелла «просто как феноменологическое описание фактов».

(3) *Влияние идей Фарадея и на юного, и особенно на зрелого Максвелла сильно преувеличено.* Вне всякого сомнения, влияние фарадеевских «Экс-

периментальных исследований»¹³ (1839-1855), опытов не только по электромагнитной индукции (1831), но и особенно по вращению плоскости поляризации света в магнитном поле (1845) на создание максвелловской теории трудно переоценить. — Но и в этом случае следует разделять сами экспериментальные исследования и те философские идеи, которые за их интерпретацией стоят. Для самоучки, не имевшего не только высшего, но и полноценного среднего образования, сына деревенского кузнеца, зятя старосты находившейся в весьма непростых отношениях с официальной англиканской церковью, «фундаменталистской» сандаманианской христианской общины, который впоследствии сам эту же общину и возглавил, была характерна твердая вера в целесообразность и разумность устройства мира Творцом. Отвечая в 1844г. на вопросы о своих религиозных взглядах, Майкл Фарадей отмечал: «на мой взгляд, дискуссия по религиозным вопросам – пустое дело. В моей религии никакой философии нет. Я принадлежу к очень маленькой и презираемой (despised) секте христиан, известной, если вообще известной кому-нибудь,

12 Там же. С. 599.

13 Фарадей М. Избранные работы по электричеству. – М.-Л., 1939. – 304 с.

как сандаманиане, и наша надежда – в вере в Христа»¹⁴.

В 1846г., выступая в своем Королевском Институте (Royal Institution) по вопросам электричества и магнетизма, Фарадей специально отмечал, что «наша слабая философия, позволяет увидеть в каждой частице материи центр силы, действующей на бесконечные расстояния, связывающей вместе молекулы и ионы и твердой в своем постоянстве. Вокруг каждой частицы мы видим силы различных явлений природы..., настолько гармоничную работу всех этих сил, что каждая молекула предстает как реализация могущественного замысла... И поэтому наша философия, по мере того, как она раскрывает нам эти вещи, неминуемо должна вести нас к Нему – к тому, кто все эти вещи отдал; ибо сказано авторитетом гораздо высшим, чем наш собственный : “ невидимые вещи Его с начала сотворения мира ясно видны, будучи поняты посредством тех вещей, которые им сотворены, и даже *Его всемогущество и божественность*”»¹⁵.

В другой лекции, прочитанной в том же учреждении «в присутствии

принца Альберта», Фарадей заявил, что «тучи, затемняющие наш взор, тают с каждым днем, и я не сомневаюсь в том, что нас ожидают славные открытия в области естественных наук, раскрывающие *мудрость и мощь Творца*»¹⁶.

Один из современных исследователей творчества Майкла Фарадея – английский историк науки Колин Рассел – утверждает, что несколько лет назад в библиотеке Института Электрических Инженеров был найден любопытный документ – приватный меморандум Фарадея, не предназначенный его автором для публикации¹⁷. Документ был посвящен разъяснению взглядов Фарадея на актуальные в то время проблемы атомов и полей. В отличие от его научных публикаций, он содержал несколько упоминаний Бога, в частности, выражал удивление по поводу того, почему Господь не размещал «энергию» вокруг точечных центров сил (Р. Бошкович) с той же легкостью, с которой он делал это вокруг материальных ядер. Именно теология всемогущего Творца привела Фарадея к идее о точечных центрах сил и,

14 Dr. Bence Jones. Faraday's Life and Letters. Vol.1, 2. – Philadelphia: J.D. Lippincott, 1870. – P. 195.

15 Там же. P. 229.

16 Там же. P. 244.

17 Russell C. Michael Faraday: physics and faith. – Oxford: Oxford University Press, 2000. – 128 p.

в конечном счете, о полях, которые их окружают. Согласно другому известному исследователю творчества Фарадея – английскому историку науки Пирсу Вильямсу (L. Pearce Williams) – фарадеевская вера в единство сил материи раскрывало его веру в гармонию творения, привнесенную в мир щедростью Творца, приведшего различные части Вселенной в гармоничное единство¹⁸. Но блестящему студенту эдинбургского университета и выпускнику, а затем аспиранту Кембриджа, сыну преуспевающего юриста лорду Джеймсу Клерку Максвеллу был присущ глубокий скептицизм Юма, Беркли и Канта, впитанный на лекциях сэра Уильяма Гамильтона по философии сознания, читавшихся в эдинбургском университете. Эти лекции, которые «интересовали его чрезвычайно», не только оказали на лорда Максвелла «сильное впечатление», но и развили его «любовь к спекуляциям, к которым он в итоге оказался весьма склонен». Именно сэр Гамильтон с его релятивизмом и глубокими сомнениями в возможностях познания сущностей вещей привил Максвеллу вкус

к основам кантианской философии. Например, в одном из упражнений по курсу философии Максвелл отмечает, что утверждения, согласно которым длина, ширина и толщина принадлежат исключительно материи, «неверны, поскольку они принадлежат также к геометрическим фигурам, в свою очередь являющимся формами мысли»¹⁹. Уже после Эдинбурга, приступая к занятиям в Кембридже и работая «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»²⁰. Об отношении к другому классику британской философии свидетельствует следующее замечание в одном из писем юного Максвелла к отцу, отправленное 25 марта 1854г. : «Я читаю “Теорию зрительного восприятия” Беркли и чрезвычайно ею восхищен, равно как и другими его нематематическими работами; правда, я был весьма разочарован, когда обнаружил, что он в конце концов попал в капкан, который сам же своими парадок-

18 Pearce W.L. Michael Faraday, a biography. – N.Y.: Basic Books, 1965. – 531 p.; Pearce W.L. The origins of field theory. – L.: Random House, 1966. – 148 p.

19 Campbell L., Garnett W. The Life of James Clerk Maxwell. – London: Macmillan, 1882. – P. 65.

20 Там же. P. 77.

сами и расставил»²¹. Неслучайно «у Конта имеются хорошие идеи о научном методе, но никакого понятия о человеке»²².

И, наконец, в своем центральном философском произведении – эссе «Существуют ли реальные аналогии в Природе?» (1856) – Максвелл занимает по основополагающим вопросам подчеркнуто кантианскую позицию, отмечая: «что касается пространства и времени, любой скажем вам, что общеизвестно и твердо установлено, что “они лишь изменения наших собственных сознаний” ...Поскольку у нас нет ни одной причины верить, на основе простой смены впечатлений, что разницы в положении, так же как в порядке появления, существуют среди самих причин этих ощущений»²³.

Но оговоримся, что речь идет только о Канте, но не о немецкой классической философии вообще. Известно, например, ироничное замечание Максвелла о работе одного из современников: «хотелось бы надеяться на то, что изучение Гегеля оказало на автора благоприятное воздействие»²⁴. Конечно, сказанное

выше не означает, что Максвелл был атеистом; аналогично, мало кто сомневается в том, что автор «Критики чистого разума» действительно отодвинул «границы разума для того, чтобы расчистить место для веры». Известно высказывание Максвелла о том, что «я согласен с утверждением о том, что конечная цель человека – прославление Бога и принятие его навечно»²⁵. Или, например, в лекции, прочитанной по случаю вступлению в должность профессора физики абердинского университета в 1856г., будущий создатель теории электромагнитного поля особо отмечал, что «как только мы познакомимся с одним или двумя великими законами физики, мы начнем смотреть на Вселенную как на реализацию высочайших принципов Красоты и Порядка; мы подготовлены к тому, чтобы рассматривать Природу не как простой набор чудес, удовлетворяющих наше любопытство, но как систематизированный музей, задуманный для того, чтобы шаг за шагом представить нам те фундаментальные принципы, которые использованы в трудах Создателя»²⁶.

Но весьма либеральная религиозность Максвелла предполагала

21 Там же. Р. 109.

22 Там же. Р. 108.

23 Там же. Р. 121.

24 Там же. Р. 108.

25 Там же. Р. 87.

26 Там же. Р. 420.

не только жесткое **разграничение** научного разума и веры, но и также характеризовалась следующим, не менее известным его утверждением: «Я полагаю, что те результаты, к которым человек приходит в своих попытках гармонизировать свою науку с христианством, не должны рассматриваться как имеющие какое-либо другое значение, кроме самого человека, да и для него только в течение определенного времени, но общество не должно накладывать на него свой отпечаток»²⁷.

И, будучи «сыном своего времени», он никогда не принадлежал в течение долгого времени ни к какой церкви; как он сам отмечал, «моя вера слишком глубока для того, чтобы находиться в оковах какого-либо одного множества мнений».

Далее, как отмечает один из отечественных знатоков творчества Максвелла, объяснение принятия полевой концепции симпатией к близкодействию на первый взгляд представляется весьма естественным и правдоподобным. Но это объяснение не подтверждается анализом работ Максвелла²⁸. Из них следует, что от-

27 Там же. Р. 465.

28 Шапиро И.С. К истории открытия уравнений Максвелла // Успехи физических наук. – 1972. – Том 108. – № 2. – С. 319-333.

носиться к полю как к физической реальности автор «Трактата об электричестве и магнетизме» начал довольно поздно: лишь после того, как вывел из своих уравнений существование (электро) магнитных волн, т.е. после введения тока смещения. До этого поле он использовал с «откровенно иллюстративной» целью – для построения наглядных образов весьма и весьма сложных векторных дифференциальных уравнений. Например, в одной и той же работе для разъяснения разных аналитических соотношений Максвелл использует значительно отличающиеся друг от друга модели. Так, в работе «О фарадеевых силовых линиях» он замечает: «На эту субстанцию не следует смотреть так же, как на гипотетическую жидкость в смысле, который допускался старыми теориями для объяснения явлений. Она представляет собой исключительно совокупность *фиктивных* свойств, составленную с целью представить некоторые теоремы математики в форме более наглядной и с большей легкостью применяемой к физическим задачам, чем форма, использующая чисто алгебраические символы...»²⁹.

29 Там же. С. 327.

Переход к дифференциальным уравнениям в частных производных, составлявший содержание этой статьи, отнюдь не состоял в переходе к физическому близкодействию. Уравнение Пуассона для потенциала тяготения, например, известное и Максвеллу, и его современникам, никто и не собирався интерпретировать в духе полевой концепции. Как полагал сам Максвелл, тяготение не должно было истолковываться в рамках физической теории поля. Поэтому «исходными пунктами электродинамических исследований Максвелла вряд ли были априорная убежденность в необходимости близкодействия и стремление свести электромагнитные явления к чисто механическим. Насколько можно судить по работам Максвелла и последовательному развитию идей в этих работах, первоначальным стимулом к пересмотру господствовавших представлений была неудовлетворенность чисто эмпирическим характером закона взаимодействия движущихся зарядов, отсутствием *органической связи* между покоящимся и движущимся электричеством»³⁰.

Далее, специфические черты фарадеевского понятия поля состоят в том, что сила – это субстанция, при-

30 Там же. С. 331.

чем субстанция единственная, и что все силы способны ко взаимопревращениям посредством различных движений силовых линий. Но Максвелл, пытаясь найти математическое выражение непрерывных преобразований электрических и магнитных сил, рассматривал последние как стрессы и натяжения в механическом эфире³¹. **Цель данной работы – более полно раскрыть мировоззренческий и методологический контексты максвелловской научной революции с учетом обстоятельств (1) – (3), исходя из той точки зрения, что максвелловская революция является гораздо более сложным явлением, чем это может показаться с точки зрения ряда известных концепций научных революций**³². Ранее мною уже неоднократно отмечалось, что *один из основных недостатков упомянутых моделей развития научного знания – отсутствие опи-*

31 Nersessian N. J. Faraday's Field Concept // Gooding D., James F.A.J. Faraday Rediscovered. – N.Y., 1985. – Pp. 377-406.

32 Kuhn T.S. Objectivity, Value Judgement and Theory Choice // The Essential Tension. – Chicago: University of Chicago Press, 1977. – Pp. 320-339; Lakatos I., Worrall J., Currie G. The Methodology of Scientific Research Programmes. Philosophical Papers. Vol. 1. – Cambridge: Cambridge University Press, 1978. – 254 p.

сания процесса *взаимодействия* «парадигм», «научно-исследовательских программ», «исследовательских традиций» и т.д.³³. И это замечание особенно справедливо по отношению к генезису максвелловской электродинамики. Но это в то же время не означает, что я во всем согласен с выводами М. Моррисон, Д. Сигела и О. Дарриголя. В частности, я полагаю, что одним из основных недостатков исследования М. Моррисон является *недооценка* ею роли механистического мировоззрения для получения максвелловских результатов 1854-1855, 1861 и 1864 гг. Ведь уравнения Максвелла представляют собой, по словам И.С. Шапиро, пример фундаментального физического закона, явно угаданного, а не «выведенного», в ригористском смысле слова, из экспериментальных данных (Шапиро, 1972, С.319). Скажем, в 1861 г. в процессе работы над статьей «О физических силовых линиях» Максвелл сообщает в письме одному из своих товарищей по Кембриджу о том, что «сейчас я

пытаюсь придать точную математическую форму всему тому, что известно об электромагнетизме без помощи гипотез, а также выяснить, *какие изменения формулы Ампера, не противоречащие ей, возможны*»³⁴.

Тем самым Максвелл подчеркивал, что можно получить самые разные варианты, делающие систему его уравнений самосогласованной, и *только следующие из вихревой модели соображения однозначно ведут к тому выражению для тока смещения, которое сохранилось и доныне*. Конечно, впоследствии он получил свои уравнения из лагранжева формализма, не прибегая к «модельным» представлениям, но это уже был вывод *post hoc*. Лагранжиан (как это прекрасно знают современные физики) заранее выбирался таким, чтобы еще раз получить выражения, содержащие ток смещения, первоначально полученный на основе модельных соображений. Как справедливо отмечает, говоря о функциях аналоговых моделей, В.С. Степин «последние же были не просто вспомогательными средствами, чем-то вроде строительных лесов, которые должны быть убраны,

33 Нугаев Р.М. Реконструкция процесса смены развитых научных теорий. – Казань: КГУ, 1989. – 208 с.; Нугаев Р.М. Нугаев Р.М. Эйнштейновская научная революция 1898-1915: интертеоретический контекст. – Казань: Логос, 2010. – 299 с.

34 Campbell L., Garnett W. The Life of James Clerk Maxwell. – London: Macmillan, 1882. – P. 163.

когда построено здание теории. Они служили особыми **каркасами**, часть которых становилась арматурой для возводимых стен теоретической постройки, входила в само “тело” создаваемой теории, а вторая, внешняя часть, связанная с наглядно-образной формой модели, оставалась лесами, которые облегчали создание теории и были устранены после ее создания»³⁵.

С другой стороны, Д. Сигелявно недооценивает кантианскую, агностическую составляющую мировоззрения Максвелла, рассматривая его творчество как привычную для специалиста-физика серию «эклектических» колебаний между механистическим материализмом и агностицизмом. Далее, несмотря на то, что в своей фундаментальной «Электродинамике от Ампера до Эйнштейна» (2001) О. Дарриголь скрупулезно описал процесс коммуникации между различными традициями в электродинамике, охватывающий также и континентальную и британские традиции, как историк науки он не уделил достаточное внимание разработке **общего механизма** взаимодействия исследовательских традиций на трех основных уровнях – личном, логико-методологическом и

социально-психологическом. В результате недооценки значения кантианской эпистемологии в творчестве Максвелла, Дарриголь также недооценивает влияние на максвелловскую электродинамику идей не только Г. Гельмгольца, но и Ампера и Кирхгофа, а также Неймана и Вебера, утверждая, что «максвелловская теория была чисто полевой теорией, игнорирующей современную дихотомию между электричеством и полем»³⁶. В общем случае, я полагаю, что основной недостаток работ Д. Сигела, М. Моррисон и О. Дарриголя – недооценка значения **собственной методологии Максвелла**, разработанной им для своего амбициозного проекта синтеза механики, электродинамики и оптики. Ведь чем бы Максвелл не занимался – метафизикой, эпистемологией, математикой, физикой, химией – везде он пытался найти **свой путь**, как правило независимый от подходов других исследователей, как это впрочем отмечали близко знавшие его люди, такие, например, как Питер Тэт. Да и как сам Максвелл неоднократно отмечал – например, в инаугурационной речи перед вступлением в должность профессора мари-

35 Степин В.С. Теоретическое знание. – М.: Прогресс-Традиция, 2000. – С. 371.

36 Darrigol Olivier. Electrodynamics from Ampere to Einstein. – Oxford: Oxford University Press, 2002. – P. 173.

шальского колледжа, «хорошо, если каждый человек живет **своим умом**, и не принуждается к принятию способов мышления других людей под внешне благопристойным предлогом изучения науки»³⁷.

Как отмечал и сам автор «Трактата об электричестве и магнетизме» в одном из писем, «в последнее время **метафизика** удается мне лучше, чем **вычисления**». Как тут не вспомнить ироничный отзыв Гельмгольца: «Максвелл, конечно гений, но все его вычисления надо перепроверять». Мне представляется, что эти комментарии заставляют более внимательно отнестись к замечаниям такого современника Максвелла и знатока его творчества как Людвиг Больцман. И в лекциях по максвелловской теории, и особенно в примечаниях к статьям Максвелла по электродинамике, переведенным Больцманом на немецкий язык, последний справедливо указывал, что многие произведения Максвелла, но особенно его ранние статьи по электродинамике «**не были достаточно поняты**»; возможно, это объясняется тем, что эти работы, «написанные по хорошо обдуманному заранее

плану» показывают, что их автор «*был столь же крупным творцом в теории познания, как и в области теоретической физики*»³⁸.

С последовательно проводимой в данной работе точки зрения, методология Максвелла, выросшая из стремления найти разумный эпистемологический компромисс между крайностями кантианства и шотландского «реализма здравого смысла» (common sense realism), явилась не только вполне самостоятельной, но и *необходимой* компонентой его творчества. Без нее его синтез оптики и теории электромагнетизма никогда бы не состоялся.

Предшественники Максвелла

Непосредственными предшественниками Максвелла в деле создания теории электромагнетизма были *Ганс Христиан Эрстед* (1777 – 1851), *Андре-Мари Ампер* (1775-1836), *Майкл Фарадей* (1791-1867) и *Вильям Томсон* (1824-1907). Сравнение их фи-

37 Mahon B. The Man Who Changed Everything. The Life of James Clerk Maxwell. – N.Y.: John Wiley, 2003. – P. 70.

38 Больцман Л. Комментарии к статье Максвелла «О фарадеевских линиях сил» // Дж. К. Максвелл. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля / Перевод З.А. Цейтлина. – М.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1952. – С. 90.

лософских взглядов с максвелловскими позволяет более детально выявить особенности максвелловской методологии создания развитой научной теории. Как известно, зимой 1819-1820гг., во время лекционной демонстрации в копенгагенском госуниверситете, Эрстед совершил выдающееся открытие, состоявшее в выявлении влияния электрического тока на направление находившейся рядом магнитной стрелки. Он показал, что повороты магнитной стрелки образуют круг вокруг «замыкающего провода». Из эксперимента следовало, что сила, действующая между магнитным полюсом и током, направлена не по соединяющей их прямой, а по *нормали* к ней, т.е. перпендикулярно. В конечном счете этот простой факт ставил под сомнение всю ньютоновскую систему мира. Несмотря на уничижительные отзывы ряда современников, открытие Эрстеда не было случайным; правда, именно это обстоятельство Эрстед и был вынужден доказывать всю жизнь. Так, в дальнейших своих комментариях он справедливо указывал на то, что еще в изданной им в Париже в 1813г. книге “Recherches sur l’identite des forces chimique et electrique” утверждалось, что «еще необходимо проверить оказывает ли электричество в его наибо-

лее латентном виде какое-либо действие на магнит как таковой». Даже в самых ранних своих трудах Эрстед предполагал, что магнетизм и электричество производятся одними и теми же силами. Эта точка зрения ни в коей мере не была новой. Она высказывалась и обсуждалась на протяжении более чем двух столетий, просто до Эрстеда никто не сумел ее наглядно продемонстрировать. При этом «всякий, ознакомившийся с работами этого физика как относительно его собственных, так и предшествующих открытий, сразу увидит, что опыты его скорее являлись следствиями его теорий, чем наоборот. В его открытии случай, повидимому, играл весьма незначительную роль; он скорее затруднял его, ибо все было уже осмыслено и опыты продуманы **задолго** до их осуществления»³⁹.

Поэтому неслучайно, что, несмотря на то, что с начала XVIII в. кафедра физики в копенгагенском университете была ликвидирована «с той целью, чтобы усилить курс богословия», золотую медаль студент этого университета Г.Х. Эрстед получил за эссе «Границы поэзии и прозы», а степень доктора философии будущий

39 Фарадей М. Избранные работы по электричеству. – М.-Л., 1939. – С. 41.

классик естествознания все-таки получил за опубликованный труд «Метафизические основы естествознания Канта». Судя по всему, именно с Канта начался отход от ньютоновского механистического мировоззрения⁴⁰. В своей работе 1786г. Иммануил Кант выдвинул такую динамическую теорию материи, которая рассматривала последнюю как детерминируемую фундаментальными силами притяжения и отталкивания – в отличие от примитивной, твердой и непроницаемой материи Ньютона, – что сулило перспективу единого рассмотрения всех сил природы. Неслучайно именно кантовская динамическая теория материи послужила своеобразными пролегоменами и к натурфилософии Фридриха Шеллинга, и его ученика немецкого естествоиспытателя Риттера и самого Эрстеда. Первоначальной мотивацией этого более широкого взгляда на вещи были новейшие открытия в электрохимии, интерпретируемые одним из философских наследников Канта – Шеллингом – как выражение единства магнитных, электрических и гальванических сил.

40 Pearce W.L. Michael Faraday, a biography. – N.Y.: Basic Books, 1965. – 531 p.; Pearce W.L. The origins of field theory. – L.: Random House, 1966. – 148 p.

Судя по всему, открытие Эрстеда было бы невозможно без шеллинговской натурфилософии : именно Шеллинг научил Эрстеда задавать Природе правильные вопросы. С точки зрения Шеллинга, динамическая конституция материи образуется из позитивной реальности силы расширения (отталкивание) через отрицательную реальность силы сжатия (притяжение) вплоть до ограничительного баланса двух этих сил в состоянии равновесия. Анти-ньютоновскому подходу Шеллинга было чуждо разделение единого процесса взаимодействия между физическими телами на «материю» и «силы». В полном соответствии с шеллинговской натурфилософией, Эрстед утверждал, что в природе нет ничего мертвого и застывшего, но что каждая вещь существует лишь как развивающийся процесс, являющийся частью более общего и развивающегося целого. Будучи сторонами развития единого первоначала, законы природы и законы разума в конечном счете совпадают. С одной стороны, чувствительная материя есть реализация инобытия абсолютного (рационального) духа; с другой стороны, рациональное начало – это кульминация бесконечного диалектического процесса , при помощи которого чувствительная

материя осознает сама себя. Бытие и сознание тождественны. Все явления природы являются проявлениями единой бесконечной силы – силы раскрытия Божества. Впоследствии, как это будет показано ниже, следы этой онтологии можно отыскать и в творчестве Майкла Фарадея. Как типичный математик, Андре-Мари Ампер не утруждал себя поисками новой физической онтологии, но зато он немало потрудился, совершенствуя и сравнивая между собой онтологии старые. 25 сентября 1820г., продолжая опыты Эрстеда, Ампер сообщил об открытии взаимного притяжения и отталкивания двух замыкающих проводов. Это открытие лишило явления магнетизма их обособленности, коренившейся якобы в существовании некоей магнитной субстанции, сосредоточенной в магните. Опыты Ампера были продолжены в исследованиях Араго, который в 1824г. продемонстрировал, что «замыкающий провод батареи» притягивает железные опилки подобно тому, как это наблюдается в случае магнита. Ампера можно считать родоначальником редукционистской исследовательской программы в электродинамике: он все-таки нашел путь сведения эрстедовских круговых сил к обычным механическим централь-

ным силам, изменяющимся по закону квадрата расстояния между силовыми центрами. Одним из элементов его позитивной эвристики было утверждение, согласно которому существуют молекулярные токи, представляющие собой токи электрические, циркулирующие внутри магнитных веществ. Этот аспект его позитивной эвристики сыграл немалую роль в перестройке «физической идеологии» (И.С. Шапиро). Магнитная субстанция в глазах общественного мнения перестала быть обязательной⁴¹. Не зря Максвелл называл его «Ньютоном электричества». И Исаак Ньютон, и Андре-Мари Ампер полагали, что все фундаментальные взаимодействия в природе (гравитационные силы у Ньютона и электромагнитные – у Ампера) опосредованы такой промежуточной субстанцией как «эфир». Ампер рассматривал эфирную субстанцию как состоящую из комбинации позитивного и негативного электрического флюидов; при этом он весьма проникательно полагал, что такого рода эфир участвует в распространении как оптических, так и электрических (а следовательно – и маг-

41 Whittaker E.T. A history of the theories of aether and electricity: from the age of Descartes to the close of the nineteenth century. – L., N.Y.: Longmans, Green and Co, 1910. – 470 p.

нитных), а также тепловых явлений. Майкл Фарадей, не получив ни высшего, ни даже полноценного среднего образования (ушел из школы в девятилетнем возрасте из-за конфликта с учительницей), оставался до конца своих дней самоучкой, пытавшимся разобраться во всем (включая и сложнейшие метафизические вопросы) самостоятельно. Для его философских воззрений характерно гармоничное соединение истовой («сандаманианской») религиозности, являвшейся во многом наследием семейных традиций, с упорным скепсисом сына кузнеца по отношению к «господской культуре». В этом плане показательны его запутаннейшие отношения с покровителем – притеснителем, защитником-обидчиком сэром Гемфри Дэви и его амбициозной супругой, неоднократно пытавшейся превратить компаньона по путешествиям по западноевропейским странам в лакея. Или – скандальный спор с Волластоном по проблемам приоритета открытия явления электромагнитной индукции: «Философом должен быть человек, готовый выслушать любое предложение, но при этом судящий обо всем своим умом. Он не должен быть обманут поверхностными впечатлениями; у него не должно быть

излюбленных гипотез; он не должен принадлежать ни к какой школе; и ни одна из доктрин не должна им руководить. Он должен преклоняться перед вещами, но не перед лицами. Только истина должна быть предметом его наивысшей заботы»⁴².

Будучи сотворенной одним Создателем, Природа является единым целым. В ней все взаимосвязано. Относительно действующих в природе сил мы можем сказать, что все они переходят друг в друга, но ни одна не является конечной причиной других. В конце концов, «наши разногласия – лишь споры о словах, поскольку природа всегда одна и та же»⁴³. Лекции для юношества, прочитанные в 1835г., Фарадей закончил констатацией того, что «мы ничего не знаем о природе электричества – является ли оно материей, силой, вибрацией или еще чем-то другим»⁴⁴. Поэтому Фарадей с нескрываемым скепсисом относился к атомной гипотезе, утверждая, что мы ничего не знаем о материи за пределами ее сил; наши непосредственные ощущения ничего о ней не говорят.

42 Dr. Bence Jones. *Faraday's Life and Letters*. Vol. 1, 2. – Philadelphia: J.D. Lippincott, 1870. – P. 220.

43 Там же. P. 310.

44 Там же. P. 62.

Открытие Фарадеем связи света с магнетизмом привело к написанию им небольшой, но исключительно плодотворной для дальнейшего развития физики работы под названием «Размышления о вибрациях световых лучей»⁴⁵, на которую неоднократно ссылался Максвелл. Понятно почему: в этой работе содержится набросок не более и не менее электромагнитной теории света. Рассматривая природу весоных тел, Фарадей в этой работе приходит к выводу о том, что каждый атом является не чем иным как полем сил – электрических, магнитных и гравитационных – которые окружают точечный центр. Все пространство вокруг такого атома оказывается пронизанным силовыми линиями. А свет и тепловое излучение представляют собой поперечные колебания распространяющиеся вдоль световых линий. И если даже мы допустим существование светоносного эфира, то должны признать, что он является проводником магнитных сил. Как Фарадей писал в 1851г., «весьма вероятно, что уж если эфир и существует, то он должен иметь и другие применения чем простая передача излучения». Также

важно для нашего изложения утверждение одного из биографов Фарадея – доктора Бенса Джонса – о том, что (в одной из своих записных книжек) Фарадей высказал предположение о том, что скорость распространения магнитных взаимодействий – по порядку величины совпадает со скоростью света. Упомянутая точка зрения Фарадея – это точка зрения хорватского иезуита о. Роджера Бошковича (1711-1787) : атомы – это материальные точки, т.н. «центры сил». С этой точки зрения, Лейбниц был абсолютно прав, утверждая, что силы более фундаментальны, чем материя. Поэтому в конце традиционной пятничной лекции в Королевском Институте Фарадей «высказал спекулятивное утверждение, которое он долго вынашивал в себе, но которое все крепло в его сознании, что возможно все те вибрации, при помощи которых такие излучения как свет и тепло передают свои силы в окружающем пространстве, – это колебания не эфира, а силовых линий, которые соединяют друг с другом наиболее отдаленные части материи... таким образом, я намереваюсь *низложить эфир*»⁴⁶.

45 Faraday M. Thoughts on Ray-Vibrations // Philosophical Mag. – 1846. – № 28(188). – P. 345.

46 Dr. Bence Jones. Faraday's Life and Letters. Vol.1, 2. – Philadelphia: J.D. Lippincott, 1870. – P. 227.

Таким образом, согласно Фарадею эфир не существует; существуют только гравитационные, электрические и магнитные силовые линии, пронизывающие пустое пространство. Свет – поперечные колебания световых линий. Поэтому часто встречающиеся утверждения о том, что с самого начала исследования Фарадея противопоставлялись им немецким и французским теориям «действия на расстоянии» во многом основаны на недоразумении. На самом деле Фарадей рассматривал взаимодействие посредством силовых линий как прямое действие на расстоянии, поскольку **в передаче сил от одной точки к другой никакая материя не участвовала**. Действительно, в этом случае эта передача сил занимала некоторое время, но отнюдь не из-за того, что какое-то промежуточное вещество или эфир в этом участвовали. Причиной запаздывания была физическая природа силовых линий. В итоге, фарадеевское понятие силовых линий изменило традиционную дихотомию между прямым действием и действием, опосредованным веществом. Другим наставником шотландца Джеймса Максвелла – ирландец Вильям Томсон – был старше его на 9 лет; Томсон уже при жизни добился всех возможных

чинов и званий и был за свои заслуги удостоен звания лорда (лорд Кельвин). Он и при жизни считался, и до сих пор считается патриархом классической (викторианской) физики XIX в. Его ультра-механистическое мировоззрение хорошо известно и в комментариях не нуждается. **Томсоновский подход значительно отличался от фарадеевского, поскольку Томсон истово верил в механический эфир**, в котором фарадеевские силовые линии представляли собой натяжения и напряжения этой механической среды. Именно Томсону принадлежит следующий знаменитый девиз: «я никогда не буду удовлетворен познанием какой-либо вещи до тех пор, пока не создам ее механическую модель. Если я могу сделать механическую модель, я могу это понять. Если я не могу создать механическую модель явления, я его не понимаю; вот почему я не могу принять электромагнитную теорию».

Другое его высказывание (обращение к членам британской ассоциации по содействию развитию науки, 1900) также не менее известно: «сейчас в физике больше нечего открывать. Все, что нам осталось – проводить все более и более точные измерения». В основополагающей энциклопедии классической физики – «Трактате о

Натуральной Философии (1882), написанной вместе с другим другом и коллегой Максвелла – шотландцем Питером Тэтом – глава «Динамические законы и принципы» начинается с утверждения о том, что «мы не можем в самом начале изложения выбрать лучший путь, чем возможно более скрупулезное следование Ньютону. В самом деле, введение в «Математические начала натуральной философии» содержит в предельно ясном виде общие основания Динамики. Изложенные там относящиеся к движению дефиниции и аксиомы требуют только небольших разъяснений и дополнительных иллюстраций, предложенных последующими достижениями, для того, чтобы привести их в соответствие с современными достижениями науки; мы получим тем самым гораздо более совершенное введение в динамику, чем даже некоторые самые лучшие современные трактаты»⁴⁷.

Неслучайно, что когда Максвелл писал рецензию на фундаментальный труд своих друзей, результаты которого он часто и плодотворно использовал в своих работах, он все же вынужден

был подвергнут критике, как чрезмерно вульгарно-материалистическое, их определение массы, отметив, с высоты своего кантовского априоризма, что «материя никогда не воспринимается чувствами непосредственно»⁴⁸. Согласно Максвеллу, материя как субстанциональное вещество была тем «неизвестным субстратом, против которого Беркли направлял свои критические аргументы». В этом смысле материя – это предполагаемая возможность наших ощущений, но как «вещь в себе» она непознаваема. Как математическое понятие, материя аналогична такому идеальному объекту, как «прямая линия». Именно своему старшему товарищу и наставнику Вильяму Томсону юный Максвелл, только что окончивший кембриджский университет, сообщил в письме в феврале 1854г. о своих намерениях «атаковать электрическую науку». Томсон и возглавил гонку по созданию механических моделей эфира, опубликовав в 1846г. классическую работу, в которой выявлялась аналогия между электрическими явлениями и эластичностью упругой среды, заполнявшей все пространство. Для этого он

47 Thomson W., Tait P. A Treatise on Natural Philosophy. – L.: Clarendon Press, 1867. – P. 219.

48 Mahon B. The Man Who Changed Everything. The Life of James Clerk Maxwell. – N.Y.: John Wiley, 2003. – P. 25.

исследовал состояние равновесия в несжимаемом эластичном твердом веществе и показал, что распределение в пространстве вектора, описывающего эластические смещения, похоже на распределение электрической силы в электростатической системе. Но было одно радикальнейшее отличие подходов Максвелла и Томсона к механическим моделям эфира. Томсон понимал эти модели буквально: как описание того, что **в действительности** происходит в пространстве. Поэтому, в частности, он никогда и не принял максвелловское понятие тока смещения (что никак его не умаляет, поскольку даже Гельмгольц признал это понятие через много лет после максвелловской статьи 1861г.). В частности, в 1888г. Томсон охарактеризовал ток смещения как «любопытную и изобретательную, но в целом несостоятельную гипотезу». А в 1905г. лорд Кельвин опубликовал статью, в которой подвел печальный итог своим попыткам и попыткам коллег построить вихревую модель эфира. «Теперь мне ясно, что любое движение в конечной области бесконечной несжимаемой жидкости рано или поздно должно закончиться диссипацией... После многолетних неудач в доказательстве стабильности гельмгольца круглого

кольца, я пришел к выводу о том, что оно существенно нестабильно, и его судьба – рассеяться в окружающем пространстве»⁴⁹.

Особенности максвелловской методологии конструирования синтетической глобальной теории

Мировоззрение Максвелла резко отличается от взглядов упомянутых выше исследователей прежде всего несопоставимо более высоким уровнем философской культуры, подчеркнутой ориентацией на взгляды Канта критического периода. Несомненно, что его источником были лекции по философии, читавшиеся ведущим шотландским философом того времени, заведующим кафедрой моральной философии эдинбургского университета сэром Вильямом Гамильтоном (1788 – 1856). Гамильтон был одним из выдающихся представителей шотландской философии «здорового смысла», наследником традиции Рида и Стюарта. Но его «философия обусловленного» носила явно кантианский оттенок. Подобно Канту, он полагал,

49 Thomson W. On Aether // Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. – Edinburgh, 1905. – P. 565.

что мы можем обладать достоверным знанием только об *«относительных проявлениях вещей»*, и именно наша глубочайшая мудрость состоит в признании того, что сами эти вещи находятся за пределами достижимости философии». Но, в отличие от Канта, он развивал основные положения «естественного реализма» в традициях школы Томаса Рида. При этом многие его критики – и в частности Джон Стюарт Милль, посвятивший его философии целую книгу, – полагали, что *гамильтоновский релятивизм плохо согласуется с ридовским реализмом*. Но для Гамильтона согласование этих действительно значительно отличающихся друг от друга позиций было возможно на основе некоей разновидности интуиционизма, выделяющего определенные состояния сознания как одновременно примитивные и лежащие вне сферы понимания, «являющиеся в меньшей мере когнитивными актами чем верованиями»⁵⁰. Шотландская философия здравого смысла была основана преподобным Томасом Ридом (1710-1796) в конце XVIII в. Ее исток – жесткая критика скептицизма другого шотландского филосо-

фа – Давида Юма (1711-1776), автора «Трактата о человеческом познании» (3тт., 1739-1740). Концентрируясь на анализе «восприятий» – тех объектов, которые непосредственно присутствуют в сознании, Юм подразделяет их на две группы – *«впечатления»* и *«идеи»*. Суть его концепции состояла в утверждении о том, что впечатления (которые также в свою очередь подразделяются на элементы чувственного и рефлексивного порядков) гораздо сильнее и «живее» идей; идеи всегда каузально зависят от впечатлений. Но именно против этой идеи и следовавших из нее скептических выводов и была направлена критика Рида. В главном труде «Исследование человеческого сознания, исходящее из принципов здравого смысла» (1764) он усматривал истоки юмовского скептицизма в тезисе Декарта, разделявшимся также и Джоном Локком, согласно которому мы не воспринимаем объекты внешнего мира непосредственно; непосредственный объект восприятия всегда находится в сознании. Против этой точки зрения он выдвигал возражение, согласно которому восприятие включает как ощущения, так и некоторые интуитивные общие истины или принципы, дающие вместе знание объектов внешнего мира. Он также наста-

50 Audi R. The Cambridge Dictionary of Philosophy. – Cambridge: Cambridge University Press, 1999. – P. 360.

ивал на том, что существуют также и другие данные нам интуитивно общие принципы, включающие моральные принципы, доступные всем людям. В итоге он заключал, что если какие-либо философские аргументы ведут к следствиям, которые противоречат здравому смыслу, то тем хуже для аргументов. Согласно Риду, юмовские умозаключения абсурдны потому, что они противоречат утверждениям о существовании как нашего тела, так и нашего сознания. Источник этого ошибочного вывода – юмовский тезис о том, что идеи – это «выцветшие впечатления ощущений». Ощущения – это не свойства материальных вещей, и тем более не сами вещи. Отрицая юмовский скептицизм, Гамильтон колебался между релятивизмом Канта и реализмом Рида, и именно это обстоятельство и отметил Максвелл в качестве основного пункта своей метафизической программы – **«прочтение кантовской “Критики чистого разума” под углом согласования ее с сэрмом Уильямом Гамильтоном»**. Более подробное изложение основных пунктов этой программы дают две философские в своей основе работы Максвелла – эссе «Об аналогиях», прочитанное на заседании кембриджского «Клуба Апостолов» в 1856г., после

публикации самой фундаментальной в мировоззренческом и методологическом отношениях статьи Максвелла «О фарадеевских линиях сил» (1855-1856) и гораздо более поздняя статья «Гельмгольц». Согласно Канту, «непонятно, каким образом созерцание присутствующей вещи позволяет мне познать, какова она сама по себе: не могут же ее свойства переселиться в мою способность представления»⁵¹. На самом деле нам даны вещи как вне нас находящиеся предметы наших чувств. Но о том, каковы они сами по себе, мы ничего не знаем, а «знаем только их явления, т.е. представления, которые они в нас производят, воздействуя на наши чувства»⁵². Опыт хотя и учит меня тому, *что* существует и *как* оно существует, никогда не научает тому, что это *необходимо*, должно быть так, а не иначе; опыт никогда не даст познания вещей самих по себе. Тем не менее мы «действительно обладаем чистым естествознанием», поскольку среди положений общей физики есть такие, которые обладают требуемой всеобщностью: – субстанция сохраняется и постоянна;

51 Кант И. Прологомены ко всякой будущей метафизике, могущей появиться как наука // Трактаты. – СПб.: Наука, 2006. – С. 171.

52 Там же.

– все, что происходит, всегда заранее определено некоторой причиной по постоянным законам и т.д. Указанные основоположения относятся не прямо к явлениям и связи между ними, а к *возможности* опыта, для которого явления составляют только материю, а не форму. Явления как одни лишь созерцания, занимающие часть пространства и времени, подпадают под понятия величины, соединяющее их многообразие (содержание) синтетически а priori по правилам. Поскольку восприятие содержит, кроме созерцания, также и ощущение, между которыми и нулем, т.е. полным его исчезновением, всегда имеет место переход путем уменьшения, то **реальное в явлении должно иметь степень**. Хотя ощущение как качество эмпирического созерцания никогда нельзя познать а priori, однако как величину восприятия его можно отличить по степени в возможном опыте от всякого другого однородного ощущения. Именно это делает возможным и определяет применение математики к природе. Суть «коперниканской революции», которую только начал (но ни в коей мере не завершил) в эпистемологии Кант, состоит в том, что **мир повседневного, обычного опыта** («жизненный мир», lebenswelt, как скажет впоследствии Э.

Гуссерль), **утрачивал право быть исходной точкой отсчета в истолковании чувственно-воспринимаемых вещей**. У Канта мир привычного опыта заменяется галилеевской экспериментально-математической физикой, в основе которой лежит идеализация, абстрагирование от «жизненного мира». Поэтому истина уже не есть нечто непосредственное, себя являемое и раскрываемое, но результат постижения с помощью определенного метода.

С другой стороны, коль скоро истина постигается в опыте, и мы познаем не столько вещи сами по себе, сколько феномены, необходимо отказаться от допущения реализуемой возможности абсолютного знания. «Являемость вещей в опыте» заключает в себе истинно-сущностный характер⁵³. *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 занима-

53 Сергеев К.А. *Философия Канта и новоевропейская метафизическая позиция* // И. Кант. Трактаты. – СПб.: Наука, 2006. – С. 101.

ют т.н. «*анalogии 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*. «...Познание по аналогии... не означает, как обычно понимают это слово, несовершенного сходства двух вещей, а *означает совершенно сходство двух отношений между совершенно несходными вещами*. Так, можно провести аналогию между правовым отношением человеческих поступков и механическим отношением движущих сил; я никогда не могу сделать что-то другому, не предоставив ему права сделать мне при тех же условиях то же самое, точно так же как ни одно тело не может действовать своей движущей силой на другое тело, не вызывая при этом его противодействия. Здесь право и движущая сила – вещи совершенно несходные, но их отношения совершенно сходны между собой»⁵⁴.

Более детально, в «Критике чистого разума», рассматривая три аналогии опыта, которые суть не что иное,

54 Кант И. Прологомены ко всякой будущей метафизике, могущей появиться как наука // Трактаты. – СПб.: Наука, 2006. – С. 236-237.

как принципы определения существований во времени согласно всем трем его модусам, 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 a priori. 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»⁵⁵.

Для нашего изложения важно то, что даже *пример работы принци-*

55 Кант И. Критика чистого разума. Второе издание. (Пер. Н. Лосского). – М.: Эксмо, 2006. – С. 222.

пов аналогии в научном познании Кант приводит из области магнитных явлений, как бы прямо указывая дорогу Максвеллу. Последний неоднократно подчеркивал, что вещи, которые мы можем измерить непосредственно – скажем, разнообразные механические силы, – являются лишь внешними проявлениями тех более глубоких процессов (скажем, напряженности электромагнитного поля), которые лежат за пределами достижимости нашей способности к созданию зрительных образов. И главная философская статья Максвелла – эссе «Существуют ли действительные аналогии в природе?», написанное в 1856г. – «вышла» из «Критики чистого разума». И не только это философское эссе. Влияние Канта ощущается и в конкретно-научных произведениях Максвелла. Так, в максвелловской книге «Материя и движение» (1876) утверждается, что «механические науки рассматривают движение материи просто как материи, и основаны на фундаментальных идеях силы и массы без какой-либо апелляции к экспериментальным измерениям»⁵⁶.

Эссе «Существуют ли действительные аналогии в природе?» пред-

ставляет 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 напряженный спор Максвелла с «Кантом в самом себе». Не случайно сам заголовок статьи сформулирован не в виде утверждения, а в виде вопроса: «Существуют ли действительные аналогии в природе?»

В самом деле, «должны ли мы заключить, что все различные области природы, в которых существуют аналогичные законы, действительно связаны друг с другом; или же, что их взаимоотношение – только кажимость, обязанная своим существованием *необходимым условиям* (курсив мой – РМН) человеческого разума?» – Максвелл не дает однозначного ответа на сформулированный в заголовке эссе вопрос, приводя аргументы как pro, так и contra – в полном соответствии с кантовскими антиномиями, которые, как известно, возникают при попытках разума выйти за пределы опыта. Действительно, с одной стороны, «касательно пространства и времени, любой Вам скажет, что сейчас ‘твердо установлено и общепризна-

56 Campbell L., Garnett W. The Life of James Clerk Maxwell. – London: Macmillan, 1882. – P. 221.

но, что они – лишь модификации состояний нашего сознания'. У нас нет никаких оснований полагать, на основании данной в нашем сознании сменны обычных ощущений, что отличия в положениях, также как в порядках возникновения, существуют среди причин этих ощущений»⁵⁷.

С другой стороны, все мы убеждены в том, что разные объекты сосуществуют в один и тот же момент времени, а также в том, что один и тот же объект существует в разные моменты времени. «Когда мы утверждаем, что пространство трехмерно, мы не только выражаем тем самым невозможность представления четвертого измерения, но утверждаем *объективную истину*, согласно которой точки пространства могут отличаться друг от друга за счет независимого изменения трех переменных. Поэтому в данном случае мы имеем реальную аналогию между устройством интеллекта и внешним миром»⁵⁸.

Далее, с одной стороны, мы видим в расходящемся веере физических следствий какого-либо события не только способность образования истинного образа события, но также реагирования на агента, или непосред-

ственно или через промежуточных инстанций, так что похоже мы схватили идею необходимого возмездия как легитимного следствия всех моральных поступков. С другой стороны, эта идея необходимого реагирования следствия поступка выведена только из небольшого количества случаев, для которых мы угадали подобный закон среди необходимых законов Вселенной. Но у нас есть идея *справедливости*, гораздо более отчетливая и ясная, выведенная из тех законов, которые мы с необходимостью рассматриваем как высшие. Так что идею возмездия мы связываем в большей мере с идеей справедливости, чем с идеей причины и следствия. Более того, с одной стороны, явления природы, будучи различными изменениями движения, могут отличаться друг от друга только по сложности. Поэтому единственный путь изучения природы – сначала выработать фундаментальные законы движения, а уже затем проверить, насколько эти законы должны быть усложнены для того, чтобы получить истинные картины Вселенной. Если эта теория истинна, мы должны искать следы этих фундаментальных законов во всех разделах науки, и не в последнюю очередь среди тех замечательных продуктов органической

57 Там же. Р. 121.

58 Там же. Р. 121.

жизни, которые являются результатами церебрации (обычно называемой «мышлением»). В этом случае, само собой разумеется, что сходства между законами различных классов явлений едва ли можно назвать аналогиями, поскольку это – всего лишь преобразованные идентичности. Если же, с другой стороны, «мы начнем с изучения мыслительных законов (абстрактных, а не физиологических законов логики), то эти кажущиеся (apparent) аналогии становятся всего лишь повторениями определенных необходимых моделей действия, к которым склонны наши сознания»⁵⁹.

Конечно же, это мышление в кантовских антиномиях неслучайно. Мы уже отмечали, что еще только приступая к занятиям в Кембридже и намечая как всегда обширную программу будущих исследований, Максвелл под пунктом 4 наметил «переработку системы Канта под углом зрения философии Уильяма Гамильтона». Учитывая то, что философия последнего создавалась в рамках шотландской философии здравого смысла, основанной на ридовском реализме, можно заключить, что Максвелл, как всегда, намеревался найти *свой собственный путь* – на этот раз меж-

ду Сциллой кантовского априоризма и Харибдой шотландского реализма, основанного на здравом смысле. Эта попытка тем более казалась возможной в силу того, что оба направления исходили из жесткой критики скептицизма Давида Юма. Для шотландской школы характерно принятие следующих положений⁶⁰.

(1) Все наши знания *относительно истинны*. (2) Среди всех наших относительных знаний *аналогии и модели* занимают особое место. (3) Это место аналогии и модели занимают по психологическим причинам. Для большинства исследователей понимание явлений природы требует использование моделей для «упрощения и организации знания». (4) Вообще для всей шотландской традиции характерны сильные *психологические* тенденции, которые в принципе допускают совмещение с логико-аналитическими традициями кантианства. Непросто проследить все этапы эволюции максвелловской метафизики, но несомненно, что доклад «Существуют ли

60 Mertz J.T. A History of European Scientific Thought in the Nineteenth Century. In 4 vols. Vol. 2. – NY: Dover, 1964. – 850 p.; Olson R. Scottish Philosophy and British Physics, 1750-1880: A Study in the Foundations of the Victorian Scientific Style. – Princeton, NJ: Princeton University Press, 1975. – 349 p.

59 Там же. P. 123.

реальные аналогии в природе», прочитанный Максвеллом на заседании кембриджского «клуба апостолов» в феврале 1856г., является самой ее кульминационной точкой. Этот год для творчества Максвелла особенно значим: именно в 1856г. была завершена публикация его первой электродинамической статьи «О фарадеевских линиях сил», в которой была тщательно намечена программа исследования электромагнитных явлений, которой, с нашей точки зрения, Максвелл следовал всю свою жизнь. Какие-либо сведения о разрывах и скачках в максвелловском научном мировоззрении у нас отсутствуют (за исключением, возможно, его знакомства с Фарадеем и их личных встреч в Лондоне после того, как Максвелл вступил в должность профессора Кингз-колледжа). Поэтому можно констатировать, что кембриджский доклад представляет собой наиболее пространное изложение метафизических компонент «твердого ядра» максвелловской исследовательской программы. Как уже говорилось выше, статья исходит из кантовских, априористских представлений о пространстве и времени, которые характеризуются как общеизвестные и *твердо установленные*.

«Поскольку, если даже не упоминать все вещи внешней природы, которые рассматриваются людьми в качестве *проекций вещей на их сознания*, все здание науки, вплоть до самой башни философии, иногда представляется как рассеченная модель природы, а иногда – как естественный рост внутреннего содержания сознания».

Но тут же – и это характерно для всего доклада – делается полемическая оговорка, что все сказанное Кантом не относится к конкретным свойствам пространства и времени – трехмерности пространства и одномерности и необратимости времени, которые относятся к «объективным истинам». Данное обстоятельство позволяет нам охарактеризовать данное обстоятельство как «реальную аналогию между конституцией интеллекта и внешним миром». Отсюда вдумчивый слушатель (а Максвелл обращался к представителям кембриджской интеллектуальной элиты, воспитанным на традициях ректора Тринити колледжа и последователя Канта Уильяма Уэвелла) может заключить, что априорные принципы кантовской философии непосредственно распространяются только на предельно общие метафизические принципы. Поэтому и общая, и заимствованная опять же у

Канта аналогия между моральными и механическими принципами носит не реальный, конкретный, а призрачно-метафизический характер. Эта аналогия между доводами, причинами, [механическими] силами, принципами и моральными регулятивами настолько ярка, что ослепляет».

Достаточно пессимистический вывод, если принять во внимание, что Максвелл, с его известными склонностями к метафизическим спекуляциям, был этой аналогией сильно увлечен, о чем, в частности, свидетельствуют следующие строки из его письма к своему другу – Льюису Кемпбеллу – написанному 14 Марта 1850 г. : «трем законам механического движения в моральной философии соответствуют три метафизических, моральных принципа – принципы свободы, равенства и братства⁶¹».

Философское разрешение конфликта, по Максвеллу, должно состоять в признании относительности всякого конкретного знания, в полном соответствии с шотландскими традициями здравого смысла с их нелюбовью к чистому, абстрактному анализу. Все, что нам остается – это прибе-

гать 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

61 Campbell L., Garnett W. The Life of James Clerk Maxwell. – London: Macmillan, 1882. – Pp.187-188.

одна ее часть может пролить свет на другие»⁶².

Таков первый урок, извлеченный Максвеллом из кантовской философии – (I) «принцип относительности научной истины». Но этим влияние Канта и метафизики конца XVIII – начала XIX вв. не ограничивается. Из рассматриваемого доклада может быть извлечен еще один принцип – (II) «принцип активности теории по отношению к опыту», который самим Максвеллом формулировался следующим образом: «Расплывчатые контуры феноменальных вещей сливаются друг с другом (*merge into one another*) до тех пор, пока мы не направим на них *фокусирующее стекло теории*, и не сфокусируем его так, чтобы получить одну дефиницию, а иногда – другую, так чтобы проникнуть на *разные глубины* великого жернова мира»⁶³.

Значение этого принципа для всего творчества Максвелла трудно переоценить. 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 рассма-

62 Там же.

63 Там же

триваемых явлений. Поэтому задача теоретика состоит прежде всего в том, чтобы ввести особые понятия, выражающие различные аспекты явлений. Откуда они берутся? Из «опыта»? За счет непосредственного обобщения данных эксперимента? – Другой отрывок из письма Максвелла, написанного в 1854г., позволяет более глубоко проникнуть в его творческую лабораторию. «Вытачивание (*grinding out*) «подходящих идей», как их называет Уэвелл, – тяжелая работа. В конечном счете они все-таки появляются на свет божий, и после сталкивания их с фактами и с расхожими полупереваренными теориями я рассчитываю придать им определенную форму, после чего я надеюсь узнать поболее об индуктивной философии, чем я знаю сейчас»⁶⁴.

Вот откуда берутся понятия : они – не пассивные копии вещей, а те (априорные) формы, в которых хаотическая лава ощущений и впечатлений отливается, приобретая сначала смутные очертания. Но затем, в соответствии с традициями шотландского реализма, **эти сырые формы еще «обтачиваются»** за счет сталкивания их как с опытными данными, так и со следствиями из других теорий для

64 Там же. P. 112.

того, чтобы приобрести завершенность. Отсюда – третий принцип: (III) принцип согласования теоретических терминов с научными фактами. Но задача теоретика состоит не только в том, чтобы ввести и отполировать теоретические понятия, выражающие различные аспекты явлений, но и также в том, чтобы соединить эти аспекты в синтезе. Каким же должен быть этот синтез? – Его контуры и этапы намечены в другой философской работе Максвелла – статье «Герман Людвиг Фердинанд Гельмгольц», посвященной анализу творчества одного из наиболее близких по духу для Максвелла исследователей, наставнику Генриха Герца, человеку, много сделавшему для развития теории электромагнитного поля. Примечательно, с чего начинается эта статья.

«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 into a consistent whole). Но, несмотря на то, что 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 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»⁶⁵.

65 Maxwell J.C. Hermann Ludwig Ferdinand Helmholtz // The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. Vol. 2. – N.Y.: Dover Publications, 1890. – P. 592.

Этот отрывок – не случайное для Максвелла обстоятельство; Максвелл неоднократно подчеркивал ценность «взаимооплодотворения разными науками друг друга»⁶⁶. И отсюда вытекает четвертый принцип максвелловской методологии – (IV) принцип очищения теоретического языка от терминов, плохо согласующихся с терминами других теорий. 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»⁶⁷

Заключение

Таким образом, ключевым моментом максвелловской методологии синтеза теорий оптики, электричества

66 Harman P.M. *The Natural Philosophy of J.C. Maxwell*. – Cambridge: Cambridge University Press, 2001. – P. 4.

67 Максвелл Дж.К. О действиях на расстоянии // Статьи и речи. – М.: Наука, 1968. – С. 62; Нугаев Р.М. Коперниканская научная революция: синтез физики Земли и математики Неба. – Казань: Логос, 2012. – 302 с.

и магнетизма послужили идеи кантовской эпистемологии в интерпретации таких представителей шотландского Просвещения как Томас Рид и Уильям Гамильтон. Это позволило Максвеллу создать свою собственную методологию построения развитой научной теории, основанную на таких принципах, как : (I) принцип относительности научной истины; (II) принцип активности теории по отношению к опыту; (III) принцип согласования теоретических терминов с научными фактами; (IV) принцип очищения теоретического языка от терминов, плохо согласующихся с терминами других теорий.

Библиография

1. Больцман Л. Комментарии к статье Максвелла «О фарадеевских линиях сил» // Дж. К. Максвелл. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля / Перевод З.А. Цейтлина. – М.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1952. – С. 89-106.
2. Кант И. Прологомены ко всякой будущей метафизике, могущей появиться как наука // Трактаты. – СПб.: Наука, 2006. – С.147-258.
3. Кант И. Критика чистого разума. Второе издание. (Пер. Н.

- Лосского). – М.: Эксмо, 2006. – 735 с.
4. Максвелл Дж.К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля / Пер. З.А. Цейтлина. – М.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1952. – 691 с.
 5. Максвелл Дж.К. О действиях на расстоянии // Статьи и речи. – М.: Наука, 1968. – С. 48-62.
 6. Нугаев Р.М. Реконструкция процесса смены развитых научных теорий. – Казань: КГУ, 1989. – 208 с.
 7. Нугаев Р.М. Эйнштейновская научная революция 1898-1915: интертеоретический контекст. – Казань: Логос, 2010. – 299 с.
 8. Нугаев Р.М. Коперниканская научная революция: синтез физики Земли и математики Неба. – Казань: Логос, 2012. – 302 с.
 9. Сергеев К.А. Философия Канта и новоевропейская метафизическая позиция // И. Кант. Трактаты. – СПб.: Наука, 2006. – С. 5-146.
 10. Степин В.С. Теоретическое знание. – М.: Прогресс-Традиция, 2000. – 744 с.
 11. Фарадей М. Избранные работы по электричеству.– М.-Л., 1939. – 304 с.
 12. Шапиро И.С. К истории открытия уравнений Максвелла // Успехи физических наук. – 1972. – Том 108. – № 2. – С. 319-333.
 13. Audi R. The Cambridge Dictionary of Philosophy. – Cambridge: Cambridge University Press, 1999. – 1000 p.
 14. Campbell L., Garnett W. The Life of James Clerk Maxwell. – London: Macmillan, 1882. – 342 p.
 15. Darrigol Olivier. Electrodynamics from Ampere to Einstein. – Oxford: Oxford University Press, 2002. – 515 p.
 16. Dr. Bence Jones. Faraday's Life and Letters. Vol.1, 2. – Philadelphia: J.D. Lippincott, 1870. – 385 p.
 17. Faraday M. Thoughts on Ray-Vibrations // Philosophical Mag. – 1846. – № 28(188). – P. 345.
 18. Harman P.M. The Natural Philosophy of J.C. Maxwell. – Cambridge: Cambridge University Press, 2001. – 228 p.
 19. Kuhn T.S. Objectivity, Value Judgement and Theory Choice // The Essential Tension. – Chicago: University of Chicago Press, 1977. – Pp. 320-339.
 20. Lakatos I., Worrall J., Currie G. The Methodology of Scientific Research Programmes. Philosophical Papers. Vol. 1. – Cambridge: Cambridge University Press, 1978. – 254 p.

21. Mahon B. *The Man Who Changed Everything. The Life of James Clerk Maxwell.* – N.Y.: John Wiley, 2003. – 215 p.
22. Maxwell J.C. *On Faraday's Lines of Force // The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. Vol. 1.* – N.Y.: Dover Publications, 1890. – Pp. 155-229.
23. Maxwell J.C. *On Physical Lines of Force // The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. Vol. 1.* – N.Y.: Dover Publications, 1890. – Pp. 451-513.
24. Maxwell J.C. *Note on the Electromagnetic Theory of Light // The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. Vol. 2.* – N.Y.: Dover Publications, 1890. – Pp. 137-142.
25. Maxwell J.C. *Address to the mathematical and physical sections of the British Association // The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. Vol. 2.* – New York: Dover Publications, 1890. – Pp. 215-219.
26. Maxwell J.C. *Hermann Ludwig Ferdinand Helmholtz // The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. Vol. 2.* – N.Y.: Dover Publications, 1890. – Pp. 592-598.
27. Mertz J.T. *A History of European Scientific Thought in the Nineteenth Century. In 4 vols. Vol. 2.* – N.Y.: Dover, 1964. – 850 p.
28. Morrison M. *Unifying Scientific Theories: Physical Concepts and Mathematical Structures.* – Cambridge: Cambridge University Press, 2000. – 270 p.
29. Nersessian N. J. *Faraday's Field Concept // Gooding D., James F.A.J. Faraday Rediscovered.* – N.Y., 1985. – Pp. 377-406.
30. Olson R. *Scottish Philosophy and British Physics, 1750-1880: A Study in the Foundations of the Victorian Scientific Style.* – Princeton, NJ: Princeton University Press, 1975. – 349 p.
31. Pearce W.L. *Michael Faraday, a biography.* – N.Y.: Basic Books, 1965. – 531 p.
32. Pearce W.L. *The origins of field theory.* – L.: Random House, 1966. – 148 p.
33. Russell C. *Michael Faraday: physics and faith.* – Oxford: Oxford University Press, 2000. – 128 p.
34. Siegel D.M. *Innovation in Maxwell's electromagnetic theory: molecular vortices, displacement current, and light.* – Cambridge: Cambridge University Press, 1999. – 229 p.
35. Thomson W., Taite P. *A Treatise on Natural Philosophy.* – L.: Clarendon Press, 1867. – 727 p.
36. Thomson W. *On Aether // Proceedings of the Royal Society of*

- Edinburgh. – Edinburgh, 1905. – P. 565.
37. Whittaker E.T. A history of the theories of aether and electricity: from the age of Descartes to the close of the nineteenth century. – L., N.Y.: Longmans, Green and Co, 1910. – 470 p.

Maxwellian scientific revolution: epistemological context

Nugaev Rinat Magdievich

Full Doctor of Philosophy,
Professor of the department of humanities,
Kazan Branch of the Russian University of Cooperation,
P.O. Box 420045, N. Ershova str., No. 58, Kazan, Tatarstan, Russia;
e-mail: kafedra_gum@kki-ruk.ru

Abstract

The key point of Maxwell's methodology for the synthesis of the theories of optics, electricity and magnetism were the ideas of Kant's epistemology in the interpretation of such representatives of the Scottish Enlightenment as Thomas Reid and William Hamilton. This allowed Maxwell to create his own methodology of formation of the developed scientific theory based on the principle of relativity of scientific truth, the principle of theory activity in relation to the experience, the principle of matching theoretical terms with the scientific facts, the principle of purification of theoretical language of terms, poorly consistent with the terms of other theories.

Maxwell's worldview is very different from those researchers primarily by an incomparably higher level of philosophical culture, emphasized by a focus on the views of Kant's critical period. With consistently pursued in this work point of view, the Maxwell methodology, which grew out of a desire to find a reasonable compromise between the extremes of epistemological Kantian and the Scottish "common sense realism", was not only a fully independent, but also a necessary

component of his creativity. Without it, his synthesis of optics and electromagnetic theory would have never come off.

Keywords

Scientific revolution, maxwellian electrodynamics, unification, Kantian epistemology, research programme.

References

1. Audi, R. (1999), *The Cambridge Dictionary of Philosophy*, Cambridge University Press, Cambridge, 1000 p.
2. Bol'tsman, L. (1952), Comments on the Maxwell's' article "On Faraday's Lines of Force", *J.C. Maxwell. Selected works on the theory of the electromagnetic field* ["Kommentarii k stat'e Maksvella "O faradeevskikh liniyakh sil", *Dzh. K. Maksvell. Izbrannye sochineniya po teorii elektromagnitnogo polya*], Gos. izd-vo tekhniko-teoreticheskoi literatury, Moscow, pp. 89-106.
3. Campbell L., Garnett W. (1882), *The Life of James Clerk Maxwell*, Macmillan, London, 342 p.
4. Darrigol O. (2002), *Electrodynamics from Ampere to Einstein*, Oxford University Press, Oxford, 515 p.
5. Dr. Bence Jones (1870), *Faraday's Life and Letters. Vol. 1, 2*, J.D. Lippincott, Philadelphia, 385 p.
6. Faraday, M. (1846), "Thoughts on Ray-Vibrations", *Philosophical Mag*, No. 28(188), p. 345.
7. Faraday, M. (1939), *Selected works on electricity* [*Izbrannye raboty po elektrichestvu*], Moscow, Leningrad, 304 p.
8. Harman, P.M. (2001), *The Natural Philosophy of J.C. Maxwell*, Cambridge University Press, Cambridge, 228 p.
9. Kant, I. (2006), "Prolegomena to Any Future Metaphysics That Will be Able to Come Forward As Science", *Tracts* ["Prolegomeny ko vsyakoi budushchei metafizike, moguushchei poyavit'sya kak nauka", *Traktaty*], Nauka, St. Petersburg, pp. 147-258.
10. Kant, I. (2006), *Critique of Pure Reason. Second edition* [*Kritika chistogo razuma. Vtoroe izdanie*], Eksmo, Moscow, 735 p.

11. Kuhn, T.S. (1977), "Objectivity, Value Judgement and Theory Choice", *The Essential Tension*, University of Chicago Press, Chicago, pp. 320-339.
12. Lakatos, I., Worrall, J., Currie, G. (1978), *The Methodology of Scientific Research Programmes. Philosophical Papers. Vol. 1*, Cambridge University Press, Cambridge, 254 p.
13. Mahon, B. (2003), *The Man Who Changed Everything. The Life of James Clerk Maxwell*, John Wiley, N.Y., 215 p.
14. Maxwell, J.C. (1890), "Address to the mathematical and physical sections of the British Association", *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. Vol. 2*, Dover Publications, N.Y., pp. 215-219.
15. Maxwell, J.C. (1890), "Hermann Ludwig Ferdinand Helmholtz", *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. Vol. 2*, Dover Publications, N.Y., pp. 592-59.
16. Maxwell, J.C. (1890), "Note on the Electromagnetic Theory of Light", *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. Vol. 2*, Dover Publications, N.Y., pp. 137-142.
17. Maxwell, J.C. (1890), "On Faraday's Lines of Force", *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. Vol. 1*, Dover Publications, N.Y., pp. 155-229.
18. Maxwell, J.C. (1890), "On Physical Lines of Force", *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. Vol. 1*, Dover Publications, N.Y., pp. 451-513.
19. Maxwell, J.C. (1952), *Selected works on the theory of the electromagnetic field [Izbrannye sochineniya po teorii elektromagnitnogo polya]*, Gos. izd-vo tekhniko-teoreticheskoi literatury, Moscow, 691 p.
20. Maxwell, J.C. (1968), "On the actions of the distance", *Articles and Speeches ["O deistviyakh na rasstoyanii", Stat'i i rechi]*, Nauka, Moscow, pp. 48-62.
21. Mertz, J.T. (1964), *A History of European Scientific Thought in the Nineteenth Century. In 4 vols. Vol. 2*, Dover, N.Y., 850 p.
22. Morrison, M. (2000), *Unifying Scientific Theories: Physical Concepts and Mathematical Structures*, Cambridge University Press, Cambridge, 270 p.
23. Nersessian, N.J. (1985), "Faraday's Field Concept", *Gooding D., James F.A.J. Faraday Rediscovered*, N.Y., pp. 377-406.
24. Nugaev, R.M. (1989), *The process of reconstruction of the developed scientific theories change [Rekonstruktsiya protsessa smeny razvitykh nauchnykh teorii]*, KGU, Kazan, 208 p.

25. Nugaev, R.M. (2010), *Einstein's scientific revolution of 1898-1915: intertheoretical context* [*Einshteinovskaya nauchnaya revolyutsiya 1898-1915: interteoreticheskii kontekst*], Logos, Kazan, 299 p.
26. Nugaev, R.M. (2012), *The Copernican revolution in science: a synthesis of the Physics of the Earth and Mathematics of the Sky* [*Kopernikanskaya nauchnaya revolyutsiya: sintez fiziki Zemli i matematiki Neba*], Logos, Kazan, 302 p.
27. Olson, R. (1975), *Scottish Philosophy and British Physics, 1750-1880: A Study in the Foundations of the Victorian Scientific Style*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 349 p.
28. Pearce, W.L. (1965), *Michael Faraday, a biography*, Basic Books, N.Y., 531 p.
29. Pearce, W.L. (1966), *The origins of field theory*, Random House, , L.:, 148 p.
30. Russell, C. (2000), *Michael Faraday: physics and faith*, Oxford University Press, Oxford, 128 p.
31. Sergeev, K.A. (2006), "The philosophy of Kant and modern European metaphysical position", *I. Kant. Tracts* ["Filosofiya Kanta i novoevropeskaya metafizicheskaya pozitsiya", *I. Kant. Traktaty*], Nauka, St. Petersburg, pp. 5-146.
32. Shapiro, I.S. (1972), "History of Maxwell's equations discovery", ["K istorii otkrytiya uravnenii Maksvella"], *Uspekhi fizicheskikh nauk*, No. 2(108), pp. 319-333.
33. Siegel, D.M. (1999), *Innovation in Maxwell's electromagnetic theory: molecular vortices, displacement current, and light*, Cambridge University Press, Cambridge, 229 p.
34. Stepin V.S. (2000), *Theoretical knowledge* [*Teoreticheskoe znanie*], Progress-Traditsiya, Moscow, 744 p.
35. Thomson, W. (1905), "On Aether", *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, Edinburgh, p. 565.
36. Thomson, W., Taite, P. (1867), *A Treatise on Natural Philosophy*, Clarendon Press, L., 727 p.
37. Whittaker, E.T. (1910), *A history of the theories of aether and electricity: from the age of Descartes to the close of the nineteenth century*, Longmans, Green and Co, L., N.Y., 470 p.