

Эпистемологические аспекты становления воззрений на электромагнетизм

В. Н. Князев^{1, 2}

¹ Московский педагогический государственный университет, Москва, Россия

² Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия

kvn951@inbox.ru

Аннотация. Автор исходит из того, что философское осмысление развития физического познания включает в себя единство онтологического и эпистемологического аспектов, где онтологический аспект задается самой предметностью исследовательской направленности на явления природы (световое излучение, намагничивание и электризация тел). Основной акцент сделан на эпистемологических особенностях познавательной деятельности физиков в период становления новоевропейской классической науки — в части эволюции взглядов на электромагнитные процессы. Утверждается, что отдельные результаты исследования магнетизма, наэлектризованности тел и световых явлений — как самостоятельных объектов изучения — за период первых трех столетий составили теоретическую базу, достаточную для выяснения единой сущности этих явлений посредством классической электродинамики Максвелла. Сделан вывод, что выдающаяся заслуга Максвелла перед физической наукой XIX в. повлияла на развитие квантовой и релятивистской физики XX в.

Ключевые слова: эпистемология физики, становление классической физики, физическое познание, электромагнетизм, электродинамика Максвелла

Для цитирования: Князев В. Н. Эпистемологические аспекты становления воззрений на электромагнетизм // Экономические и социально-гуманитарные исследования. 2024. № 3 (43). С. 84—93. <https://doi.org/10.24151/2409-1073-2024-3-84-93> EDN: CQNZSM.

Original article

Epistemological aspects of formation of views on electromagnetism

V. N. Knyazev^{1, 2}

¹ Moscow State Pedagogical University, Moscow, Russia

² National Research University “Moscow Power Engineering Institute”, Moscow, Russia

kvn951@inbox.ru

Abstract. The author assumes that philosophical understanding of the physical cognition development includes unity of ontological and epistemological aspects, where the ontological aspect is set by the very subject matter of the research focus on natural phenomena (light radiation, magnetization and bodies electrification). The main emphasis is on epistemological peculiarities of physicists' cognitive activity in the formative years of New European classical science — as regards of evolution of views on electromagnetic processes. It is argued that individual results from the research on magnetism, electrified bodies, and light phenomena — as independent objects to be studied — over the first three centuries have formed the theoretical basis sufficient to elucidate the unified essence of these phenomena by means of classical Maxwell electrodynamics. It has been concluded that Maxwell's outstanding service to 19th-century physical science has influenced the development of 20th-century quantum and relativistic physics.

Keywords: physics epistemology, classical physics formation, physical knowledge, electromagnetism, Maxwell electrodynamics

For citation: Knyazev V. N. “Epistemological Aspects of Formation of Views on Electromagnetism”. *Economic and Social Research* 3 (43) (2024): 84–93. (In Russian). <https://doi.org/10.24151/2409-1073-2024-3-84-93> EDN: CQNZSM.

Философия науки без истории науки пуста;
История науки без философии науки слепа.

И. Лакатос

Введение

Человечество обнаружило существование в природе загадочных свойств электричества и магнетизма еще в древние времена. Разумеется, древний человек, видя грозовую молнию, испытывал страх, трепет и боязнь, совершенно не понимая ее природы, и лишь мог мыслить о ее сверхъестественном происхождении. «Первые упоминания о природных постоянных магнитах, таинственных камнях, притягивающих железо, появились в Китае в глубокой древности. Такие камни называли “сидеритами”, “геркулесовыми” <...> а позже за ними сохранилось название “магнит”. Римский натуралист Плиний писал, что это название произошло от имени пастуха Магнеса... <...> О магнитах в Европе знали еще в VII веке до н. э. (Фалес Милетский)» [5, с. 4]. Первоначальное выявление свойств притяжения мелких предметов натертыми кусочками янтаря (*древнегреч. словом ἤλεκτρον* (электрон) был назван янтарь) невозможно исторически достоверно проследить. Развитие мореплавания привело

к открытию компаса в позднем Средневековье, что способствовало открытию Америки (Вест-Индии) Хр. Колумбом в 1492 г. Собственно пионером в исследовании магнетизма и электричества следует считать У. Гильберта (1544—1603), главный труд которого «О магните, магнитных телах и о большом магните — Земле» (1600) представил более 600 осуществленных им опытов [3] и впервые ввел термин *electricity*. Опираясь на историю классической физики, выявим теоретико-познавательные «шаги» в развитии представлений об электромагнитном поле, электромагнитных феноменах и в теоретическом осмыслении электродинамики новоевропейской наукой, в рамках теории Дж. К. Максвелла. Здесь следует высказать два предварительных замечания.

Первое. Вычленение эпистемологических аспектов естественно-научного знания — не самая простая задача: эпистемология как философия научного познания весьма многообразна. При этом проявим солидарность с философствующим физиком

Кенигсбергского университета П. Фолькманом, который 130 лет тому назад написал: «Теория познания не может претендовать, да и никогда не станет претендовать на то, чтобы предсказать, в каком направлении будет совершаться дальнейшее развитие познания в той или другой дисциплине. Напротив, ей всегда придется черпать свой материал в большей или меньшей степени в прошлой истории отдельных дисциплин» [14, с. 13].

Второе. Общеизвестно, что основоположником науки в современном смысле этого выражения является Г. Галилей. Своими открытиями в механике и астрономии он не только заложил основы классической науки, но и разработал фундамент научной методологии. Метод, названный в последующем *гипотетико-дедуктивным*, обосновывает математическую гипотезу как «постулат, абсолютная правильность которого обнаружится впоследствии, когда мы ознакомимся с выводами из этой гипотезы, точно согласующимися с данными опыта» [2, с. 248]. Именно это подчеркивал и А. Эйнштейн, разъясняя сложную взаимосвязь умозрения и опыта, логического и эмпирического в науке: «Часто утверждают, что Галилей стал отцом современной науки, заменив умозрительный, дедуктивный метод экспериментальным, эмпирическим методом. Думаю, однако, что подобное мнение не выдерживает более внимательной проверки. Не существует эмпирического метода без чисто умозрительных понятий и систем, и не существует систем чистого мышления, при более близком изучении которых не обнаруживался бы эмпирический материал, на котором они строятся.

Резкое противопоставление эмпирического и дедуктивного подходов неверно, и было совершенно чуждо Галилею. Логические (математические) системы, полностью лишённые какого бы то ни было эмпирического содержания, были созданы лишь в девятнадцатом веке. Кроме того, эксперимен-

тальные методы, которыми располагал Галилей, были столь несовершенны, что только с помощью чистого мышления можно было свести их в единое целое» [15, с. 342].

Процесс развития теоретических представлений об электрических и магнитных явлениях природы происходил в рамках исторического становления науки Нового времени [8]. С позиций современного научного знания нам понятно, что вся природная действительность реализует единство и различие трех областей вселенского мира: микро-, макро- и мегамиров. Человеческая цивилизация и весь макромир в своей физической основе имманентно пронизаны и структурно организованы электромагнитными процессами — и сегодня мы живем в мире электроники, интернета, нейронных сетей и грядущих возможностей искусственного интеллекта, и всё это основано на электромагнетизме. Каковы же основные исторические особенности теоретико-познавательных достижений в осмыслении электромагнетизма?

Исторические вехи развития взглядов на электромагнетизм

Представляется, что строго выделить этапы в развитии теоретических воззрений на природу электромагнетизма нелегко. При этом начало движения познания, характеризованное эмпирическими исследованиями свойств природного магнетизма и наэлектризованности тел, следует связывать с началом становления новоевропейской классической науки в XVII — XVIII вв., а именно с первыми теоретико-познавательными «шагами» в механике и оптике, приведшими в XIX в. к революционным открытиям явления электромагнитной индукции и, главное, к созданию теории электромагнитного поля — с последующим многообразием практического приложения этой теории к жизни человечества. Важнейшим теоретическим достижением XX в. следует считать создание квантовой электродинамики

как исходного раздела квантовой теории поля (и более широко — всей квантовой физики).

Направления познавательных исследований в XVII в. охватывают спектр явлений природы, недостаточный для создания метода изучения электромагнетизма. В начале XVII в. стали известны законы небесной механики, гениально открытые И. Кеплером, ряд закономерностей механических движений, найденных Г. Галилеем, в середине века геометрические и волновые свойства света изучены Хр. Гюйгенсом и несколько позже — И. Ньютоном. Р. Декарт еще в годы своей молодости в ходе философской разработки системы познавательных методов, описание которых он включал в «Правила для руководства ума» (1628—1629, работа осталась незавершенной), стремился к выработке ясных, отчетливых и достоверных знаний и сформулировал правило V: «Весь метод состоит в порядке и расположении тех вещей, на которые надо обратить взор ума, чтобы найти какую-либо истину. Мы будем строго придерживаться его, если шаг за шагом сведем запутанные и темные положения к более простым, а затем попытаемся, исходя из усмотрения самых простых, подняться по тем же ступеням к познанию всех прочих» [6, с. 91]. Общеизвестно, что Декарт — основоположник философского и научного рационализма — учитывал возможности человеческих органов чувств, в частности восприятия зрительных образов, — и в трактате «Мир, или трактат о свете» выразил свое понимание оптики в большей степени через размышление о радуге¹. При этом, сохраняя положения, свидетельствующие о значимости рационализма, он раскрыл в произведении «Страсти души» чрезвычайно широкий спектр человеческих чувств, восприятий, переживаний

и собственно страстей во взаимодействии души и тела.

Проблемы становления научно-экспериментальных знаний в исследовании электричества и магнетизма на рубеже XVI — XVII вв. связаны с творческими работами У. Гильберта, который осознанно критически относился как к схоластическим традициям Средневековья, так и к множеству алхимических методов поиска новых веществ на основе веры в мистические силы. Вместе с тем и его гипотезы, и гипотезы ряда других ученых-практиков в последующем критически отвергались. Будучи современником Фр. Бэкона (старшим по возрасту), он способствовал формированию более декларативно-теоретической позиции Бэкона, которая провозглашала необходимость развития научного знания посредством опытов и их индуктивных обобщений. Сам же Гильберт в предисловии своей книги писал: «Так как в открытии тайн и исследовании скрытых причин вещей от точных опытов и доказанных положений получают более прочные выводы, нежели от вероятных догадок и мнений рутинных философов, то для лучшего понимания совершенно неизвестной доселе славной субстанции великого магнита, всеобщей матери земли, и превосходных, выдающихся сил сего шара, — мы поставили себе задачу начать с обыкновенной магнитной материи, каменной и железной, а также с ближайших магнитных тел и частей земли, которые можно трогать руками и воспринимать чувствами, а затем уже идти далее через очевидные магнитные опыты и впервые проникнуть в сокровенную глубь земли» [3, с. 5]. В этой работе Гильберт приводит много примеров электризации предметов, что несколько позже было проанализировано Фр. Дюфе в книге «История электричества» (1698—1739). Дюфе в 1729 г. выявил существование двух видов электричества — «стеклянное» и «смоляное», возникающие соответственно при трении стекла о шелк и янтаря (или смолы) о шерсть [11, с. 27].

¹ Здесь следует сказать, что Декарт, и еще ранее Леонардо да Винчи, и многие оптики XVII и XVIII вв. совершенно не представляли сущностного природного единства магнетизма, электричества и световых явлений.

Постепенное накопление результатов разнообразных опытов ученых в XVII в. (Р. Бойль, О. фон Герике и др.) привело к созданию электроскопов и затем электрометров, что способствовало интенсификации дальнейших исследований. В 1740-е гг. электростатические генераторы и конденсаторы дали возможность проводить опыты с существенно большими в количественном отношении зарядами. Следует также подчеркнуть, что Б. Франклин (1706—1790) в 1751 г. ввел понятие о положительном и отрицательном электрическом заряде. В России в это время М. В. Ломоносов писал, что электрическая сила «начала в ученом свете возрастать славою и приобретать успехи около 1740 г.» [12, с. 438]. Действительно, петербургский физик-экспериментатор Г.-В. Рихман (1711—1753) в статье «Новые опыты с электричеством, порождаемым в телах» (1745) развернуто представляет свой прибор «электрический указатель», по сути — электрометр [13, с. 245]. При этом Рихман руководствуется мыслью, что субстанцией электричества является своеобразная «электрическая жидкость». Рихман, совместно с Ломоносовым, не только создает концепцию атмосферного электричества, но и опытно, с помощью «громовых машин», изучает причины явлений атмосферных электрических зарядов и разрядов [13, с. 28—29]. В работе «Теория электричества, разработанная математически» Ломоносов подчеркивает, что единственной причиной происхождения электричества является трение. Он пишет: «Электрические явления — притяжение, отталкивание, свет и огонь — состоят в движении. Движение не может быть возбуждено без другого движущегося тела. Но тела, удаленные от электризованных тел, не находятся в соприкосновении с ними. Поэтому должна существовать нечувствительная жидкая материя, которая распространяется вне электризованного тела и, изменяемая его силой, производит такого рода действия» [12, с. 283].

Полагаю, что в словах «нечувствительная жидкая материя» мы сегодня можем усмотреть то явление, которое только через столетие (!) было открыто как электромагнитное поле природного существования.

Отдельно следует сказать о творчестве не очень известного немецкого ученого Ф. У. Т. Эпинуса (1724—1802), которому свойства притяжения и отталкивания зарядов представлялись универсальными свойствами электричества, аналогичными всемирному тяготению, но совершенно не полностью. Он пишет в отношении этих свойств так: «Я отнюдь не считаю их, как поступают некоторые неосторожные последователи великого Ньютона, силами, внутренне присущими телам, и я не одобряю учение, которое постулирует действие на расстоянии. Действительно, я считаю несомненной аксиомой предложение, по которому тело не может производить никакого действия там, где его нет» [16, с. 21]. Такой взгляд имманентно содержит в себе возможность наличия особого типа среды-посредника между зарядами, в духе суждения о «единой электрической жидкости» Б. Франклина. Эпинус довольно подробно раскрывает эластичность такой жидкости, способной проникать через поры предметов; более того, он выдвигает гипотезу, что не только электрические, но и магнитные силы обратно пропорциональны квадрату расстояния между предметами.

Признаем, что ряд ученых второй половины XVIII в. и начала XIX в., например Л. Эйлер (1707—1783) и С. Д. Пуассон (1781—1840), настолько были убеждены в существовании таинственного эфира, что и явления электричества пытались объяснить, ссылаясь на эфир². В каком-то смысле, за неимением более глубоких теоретических

² Идея *эфира* как представления об особой гипотетической всепроникающей среде, идущая от античной мифологии через взгляды Декарта и даже Максвелла, сохранила свою культурную статусность с различными вариациями вплоть до современности.

познаний, представления об эфире носили определенно позитивный характер. В этом отношении я солидарен с высказыванием Б. Г. Кузнецова: «Эфир электродинамики XIX в. имел своим предшественником эфир, фигурировавший в теории электричества XVIII в. Отсюда идет непрерывная линия последовательного изменения идеи эфира как причины электрических явлений, при сохранении, развитии и конкретизации общего представления о реальной среде, движение которой лежит в основе явлений электричества и магнетизма» [11, с. 56]. Подчеркну значимость открытия Ш. Кулоном в 1785 г. закона взаимодействия электрических зарядов как итога становления электростатики³. Во «Втором мемуаре по электричеству и магнетизму, где определяется, следуя каким законам действует магнитная жидкость, так же как и жидкость электрическая, либо при отталкивании, либо при притяжении» Кулон буквально пишет: «...Взаимное притяжение электрической жидкости, называемой положительной, к электрической жидкости, называемой обыкновенно отрицательной, обратно пропорционально квадрату расстояний» (цит. по: [4, с. 252]). Как видим, сохраняется терминология электрической и магнитной жидкости. Далее ответим на вопрос, изменились ли воззрения на эти явления в первую половину XIX в.

Развитие представлений об электромагнитных явлениях и создание классической электродинамики

Дальнейшие исследования электричества и магнетизма реализовались в большей степени в западноевропейских странах, во многом в кругу французской политехнической

школы, основанной еще в 1794 г. В первое десятилетие работы школы выпускниками ее стали, например, С.-Д. Пуассон, Ж.-Б. Био, О. Френель, Л. Гей-Люссак, Ф. Араго и др. В направленности проводимых ими опытов и анализе результатов учитывалось движение зарядов в проводниках (электрический ток) и в растворах-электролитах. Открытия Л. Гальвани, А. Вольты, А.-М. Ампера, Г. С. Ома и др. совершались в ходе возрастающей силы экспериментов и дискуссий между десятками исследователей, причем важнейшим объектом интеллектуального осмысления всё более становился не столько электрический заряд, сколько электрический ток. Летом 1820 г. датский физик Х. К. Эрстед опубликовал статью о наблюдении им влияния электрического тока на поведение магнитной стрелки. Вскоре Ж.-Б. Био и Ф. Савар, и затем П. С. Лаплас установили количественные характеристики между величиной тока и возникающим магнитным полем. Именно в 1820-е гг. постепенно имплицитно формировались представления об электромагнитном поле, они пришли на смену «электрической жидкости», «магнитной субстанции» и «эфиру» и окончательно победили только при создании электродинамики, в воззрениях Максвелла.

Здесь следует подчеркнуть следующую эпистемологическую тонкость: сама форма использования терминов, по содержанию и объему обозначаемых ими понятий, должна была получить в научном сообществе признание в ее содержательной ценности. Новизна исследований неизбежно требовала новых терминов. Частично об этом пишет А.-М. Ампер в статье «Теория электродинамических явлений, выведенная из опытов»: «Поскольку явления, о которых идет здесь речь, могут быть названы лишь электричеством, находящимся в движении, я счел нужным обозначить их наименованием *электродинамических явлений*. Наименование *электромагнитных явлений*, которое им

³ Историкам науки известно, что за несколько лет до этого, а именно в 1781 г., Г. Кавендиш, по сути, первым открыл эту закономерность, но в силу своей скромности и замкнутости не опубликовал результаты. Рукописи Кавендиша опубликовал только почти через сто лет Максвелл.

давали до сих пор, было уместно, пока дело шло только об открытии г. Эрстедом взаимодействий между *магнитом* и *электрическим током*, но это наименование может ввести в заблуждение после того, как мною доказано, что явления такого же рода возникают без всякого магнита, лишь при взаимодействии двух *электрических токов*» [1, с. 128].

Следуя дальнейшему развитию идей электромагнетизма, выделим миссию М. Фарадея, который еще в 1822 г. написал в своей тетрадке: «Превратить магнетизм в электричество», — этот девиз послужил для него своеобразной путеводной звездой в дальнейших исследованиях. В последующие годы Фарадей проводил множество опытов, которые привели его летом 1831 г. к выдающемуся открытию явления электромагнитной индукции, т. е. к фиксации эмпирического знания о порождении индукционного тока при вариациях магнитного поля исходного тока в проводнике. Это послужило толчком на теоретическом этапе анализа результата к формированию еще не четкого взгляда Фарадея на существование электромагнитного поля как самостоятельной объективной реальности.

Будучи прирожденным экспериментатором и носителем мощной интуиции, Фарадей, однако, слабо владел методами, необходимыми для терминологических новаций. Его современник британский филолог У. Хьюэлл (1794—1866), знаток древних языков, помог Фарадею в решении лингвистической задачи — выработать точные термины, соответствующие содержанию формирующейся парадигмы электромагнетизма. В 1834 г. Фарадей открыл законы электролиза и именно сам «очень подробно его описал, но затруднялся концептуализировать этот процесс» [7, с. 31]. Хьюэлл помог ему ввести термины «катод», «анод», «электрод», «ионы» и ряд других. Кстати, их дружеское сотрудничество способствовало удачному описанию экспериментальных результатов и их теоретизации.

15 декабря 1845 г. Фарадей высказал гениальное предчувствие — о близости сути природы света к сущности электромагнитных процессов, а именно — написал примечание к своей статье «О намагничивании света и об освещении магнитных силовых линий»: «Я не принимаю и не отвергаю гипотезы об эфире, или корпускулярной гипотезы, или какого-либо иного воззрения, которое может быть предложено относительно природы света. Насколько я усматриваю, о луче света в действительности нам известно не более, чем о линии магнитной или электрической силы... <...> С помощью луча света мы можем *простым глазом* указать направление магнитных линий в теле, а по изменению луча и его оптического действия на глаз мы можем видеть ход этих линий совершенно так же, как мы можем видеть ход стеклянной нити или нити какого-либо другого прозрачного вещества, которая стала видимой благодаря свету» (цит. по: [4, с. 362—363]). Подчеркну, что подлинное доказательство природы света как электромагнитного процесса состоялось только через несколько десятилетий.

Существенным дополнением к исследованиям Фарадея, к его научному воззрению на явление, названное им самим «магнито-электрической индукцией», явилось открытие Э. Х. Ленцом общего закона направления тока индукции. Изучением энергетических свойств электрического тока занимались Дж. Джоуль и Г. Гельмгольц вплоть до формулировки закона сохранения энергии.

Выдающаяся заслуга Дж. К. Максвелла перед физической наукой состоит в создании математической теории электродинамики: на основе 20 переменных величин, характеризующих свойства магнитных и электрических процессов, он сформулировал 20 уравнений. Несколько позже уравнения Максвелла, связывающие величины магнитного и электрического полей, были обобщены до четырех важнейших уравнений. Так,

в 1864—1865 гг. была создана великая теория электромагнитного поля, а в ее составе — электромагнитная теория света. По этому поводу А. Эйнштейн пишет: «...Произошел великий перелом, который навсегда связан с именами Фарадея, Максвелла, Герца. Львиная доля в этой революции принадлежит Максвеллу. Он показал, что все тогдашнее знание о свете и об электромагнитных явлениях выражается в его хорошо известной двойной системе дифференциальных уравнений в частных производных, в которой электрические и магнитные поля выступают как зависимые переменные... <...> Это понимание электромагнитного поля как не сводимой далее сущности на рубеже двух столетий уже получило общее признание» [15, с. 138]. Действительно, революционным моментом является выработка представления о физической реальности как о единстве вещественной материи и поля. И хотя Максвелл был уверен, что создал теорию «электродинамического эфира» и сделал открытие своеобразной всепроникающей неподвижной среды, всё же последующие эксперименты Майкельсона — Морли — в 1887 г., через 8 лет после кончины Максвелла — не подтвердили существование эфира. В ходе множества тщательно проведенных опытов в период 1888—1890 гг. Г. Герц убедительно доказал существование электромагнитных волн и обобщил эмпирическое доказательство теоретическим путем приведения уравнений Максвелла к современному их виду. Первыми основателями беспроводной связи считаются Т. Эдисон (1876), Г. Герц (1888) и Н. Тесла (1891). В 1895 г. передачу радиосигналов осуществили независимо друг от друга А. С. Попов и Г. Маркони, а К. Рентген открыл рентгеновское излучение электромагнитных волн. Достижения этих ученых явились критериями правильности научной теории Максвелла.

Заключение

Слово «становление» в названии данной статьи «Эпистемологические аспекты становления воззрений на электромагнетизм» означает тот методологический компонент исследования, который связан с рассмотрением эволюции классических воззрений на электромагнетизм до XX в. Это становление завершилось созданием теории электродинамики и опытно-экспериментальным доказательством ее истинности. При этом вплоть до начала XX в. были физики, относившиеся к ней несколько скептически (например, знаменитый У. Томсон-Кельвин). Упомянем здесь высокую оценку заслуг Фарадея и Максвелла, данную Эйнштейном: «Переход от сил дальнего действия к полям, как основным величинам, делал эту теорию революционной. То, что оптика нашла себе место в теории электромагнетизма, установившей связь между скоростью света и абсолютной электрической и магнитной системой мер... <...> все это было для меня как откровение. Помимо перехода к теории поля, т. е. к выражению элементарных законов при помощи дифференциальных уравнений, Максвеллу понадобился всего один гипотетический шаг — введение электрического тока смещения в пустоте и в диэлектриках с его магнитным действием; это нововведение было почти что продиктовано свойствами самих дифференциальных уравнений. В этой связи я не могу удержаться, чтобы не отметить удивительное внутреннее сходство между сочетанием Фарадей — Максвелл и сочетанием Галилей — Ньютон. Первый в каждой паре интуитивно схватывал соотношения, а второй их точно формулировал и применял количественно» [15, с. 270—271]. Таким образом, Эйнштейн дает здесь глубокую оценку основополагающим результатам развития классической физики на основе выявления связи и аналогий между механикой, оптикой и электромагнетизмом посредством диалектики эмпирических и теоретических методов развития

физики. В его рассуждениях подчеркивается единство онтологического и эпистемологического аспектов физического познания.

Современные взгляды на природу электромагнитных явлений, повседневное использование в быту и на производстве электротехнических и радиотехнических приборов, компьютеров, электронных сетей, интернета — всё это привело к мощнейшим технико-практическим трансформациям, выраженным в принципиальном воздействии техносферы на общество. Электромагнитные явления ныне изучены гораздо лучше, чем остальные фундаментальные силы природы. В кругу теоретических новаций XX в. следует отметить создание квантовой электродинамики (Р. Фейнман, Дж. Швингер, С. Томонага), затем теории электрослабых взаимодействий (Ш. Глэшоу, С. Вайнберг, А. Салам) и теории Великого объединения (Г. Джорджи, Ш. Глэшоу) [9, с. 114—139].

В последние несколько десятилетий в фундаментальной теоретической физике в области реляционной парадигмы довольно удивительным выглядит теоретико-познавательный «шаг» в развитии представлений о первичности электромагнитных взаимодействий и вторичности гравитационных взаимодействий [10], что свидетельствует о сохранении принципиальной проблемности в современном физическом познании, направленном на понимание основ мироустройства. Есть уверенность в том, что современные научно-исследовательские программы и подходы должны глубже вскрывать эпистемологические смыслы человеческого отношения к природной реальности, в том числе к сущности электромагнетизма.

Список литературы и источников

1. *Ампер А.-М.* Электродинамика / ред. и примеч. Я. Г. Дорфмана. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 492 с. (Классики науки).
2. *Галилей Г.* Избранные труды: в 2 т. Т. 2. М.: Наука, 1964. 571 с.
3. *Гильберт В.* О магните, магнитных телах и о большом магните — Земле: Новая физиология, доказанная множеством аргументов и опытов / пер. с лат. А. И. Доватура; ред. и коммент. А. Г. Калашникова. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 412 с. (Классики науки).
4. *Голиа Г. М., Филонович С. Р.* Классики физической науки (с древнейших времен до начала XX в.): [сб. текстов]. М.: Высшая школа, 1989. 576 с.
5. *Григорьев В. И.* Электромагнетизм космических тел. М.: Физматлит, 2004. 111 с.
6. *Декарт Р.* Сочинения: в 2 т. / пер. с лат. и франц.; сост., ред. В. В. Соколов. Т. 1. М.: Мысль, 1989. 654 с. (Философское наследие; т. 106).
7. *Касавин И. Т.* Рождение философии науки из духа Викторианской эпохи // Эпистемология и философия науки. 2019. Т. 56. № 1. С. 23—33. EDN: VUDDNE.
8. *Князев В. Н.* Истоки и становление классической физики // Проблемы онто-гносеологического обоснования математических и естественных наук. 2017. № 8. С. 34—44. EDN: ZXPCGN.
9. *Князев В. Н.* Концепция супервзаимодействия в философии физики. М.: МПГУ, 2018. 194 с. EDN: YKYRJB.
10. *Князев В. Н.* Статус электромагнитных взаимодействий в реляционной парадигме // VI Декартовские чтения «Декарт и современные формы трансляции научного знания»: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. А. И. Пирогова, Т. В. Растимешинной. М.: МИЭТ, 2019. Ч. 2. С. 29—39. EDN: MNFXFF.
11. *Кузнецов Б. Г.* Эволюция основных идей электродинамики. М.: ЛЕНАНД, 2023. 296 с. (Физико-математическое наследие: физика (электродинамика)).
12. *Ломоносов М. В.* Полное собрание сочинений. Т. 3: Труды по физике. 1753—1765 гг. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1952. 607 с.
13. *Рихман Г.-В.* Труды по физике. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 712 с.
14. *Фолькман П.* Теория познания естественных наук: связь их с духовной жизнью нашего времени: пер. с нем. Изд. 2-е. М.: URSS, 2010. 366 с. (Из наследия мировой философской мысли: теория познания).
15. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов: в 4 т. Т. 4: Статьи, рецензии, письма. Эволюция физики. М.: Наука, 1967. 600 с.

16. Эпинус Ф. У. Т. Теория электричества и магнетизма / ред. и примеч. Я. Г. Dorfmana. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1951. 564 с. (Классики науки).

References

1. Ampère André-Marie. *Electrodynamics*. Ed. and comment. by Ya. G. Dorfman. Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1954. 492 p. (In Russian).
2. Galileo. *Selected Writings*. New transl. by W. R. Shea, M. Davie. Oxford: Oxford Univ. Press, 2012. 480 p. Oxford World's Classics.
3. Gilbert William of Colchester. *On the Loadstone and Magnetic Bodies, and on the Great Magnet the Earth: A New Physiology, Demonstrated with Many Arguments and Experiments* (1600). Transl. by P. Fleury Mottelay. Ann Arbor, MI: Edward Brothers, 1892. 368 p.
4. Golin G. M., Filonovich S. R. *Classics of Physical Science (from Stone Age to the Early 20th Century)*: [collection]. Moscow: Vysshaya shkola, 1989. 576 p. (In Russian).
5. Grigor'yev V. I. *Electromagnetism of Space Bodies*. Moscow: Fizmatlit, 2004. 111 p. (In Russian).
6. Descartes René. *Oeuvres complètes*. Т. 1. Sous la dir. de D. Kambouchner. Paris: Gallimard, 2016. 760 p. (In French).
7. Kasavin Ilya T. "The Birth of Philosophy of Science from the Spirit of Victorian Era". *Epistemologiya i filosofiya nauki = Epistemology & Philosophy of Science* 56.1 (2019): 23–33. (In Russian). EDN: VUDDNE.
8. Knyazev V. N. "Origins and Formation of Classical Physics". *Problemy onto-gnoseologicheskogo obosnovaniya matematicheskikh i estestvennykh nauk* 8 (2017): 34–44. (In Russian). EDN: ZXPCGN.
9. Knyazev V. N. *Conception of Super-Interaction in the Philosophy of Physics*. Moscow: Moscow Pedagogical State Univ., 2018. 194 p. (In Russian). EDN: YKYPJB.
10. Knyazev V. N. "Status of Electromagnetic Interactions in the Relational Paradigm". *VI Dekartovskiy chteniye "Dekart i sovremennyye formy translyatsii nauchnogo znaniya": materialy Mezhdunar. nauchno-prakt. konf.* Gen. eds A. I. Pirogov, T. V. Rastimeshina. Pt. 2. Moscow: MIET, 2019. 29–39. (In Russian). EDN: MNFXFF.
11. Kuznetsov B. G. *Evolution of Basic Ideas of Electrodynamics*. Moscow: LENAND, 2023. 296 p. (In Russian). Fiziko-matematicheskoye naslediyе: fizika (elektrodinamika).

12. Lomonosov M. V. *Works of Physics, 1753 to 1765*. Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1952. 607 p. (In Russian). Vol. 3 of *Polnoye sobraniye sochineniy*.
13. Richmann Georg Wilhelm. *Works of Physics*. Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1956. 712 p. (In Russian).
14. Volkman Paul. *Erkenntnistheoretische Grundzüge der Naturwissenschaften: Und ihre Beziehungen zum Geistesleben der Gegenwart* (1910). Whitefish, MT: Kessinger Publ., 2010. 482 S. (In German & English).
15. Einstein Albert, Infeld Leopold. *The Evolution of Physics*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1938. 319 p.
16. Aepinus F. U. T. *Aepinus's Essay on the Theory of Electricity and Magnetism*. Introductory monograph and notes by R. W. Home. Transl. by P. J. Connor. Princeton, NJ: Princeton Univ. Press, 216. 530 p. Princeton Legacy Library.

Информация об авторе

Князев Виктор Николаевич — доктор философских наук, профессор кафедры философии Института социально-гуманитарного образования Московского педагогического государственного университета (Россия, 119571, Москва, пр-т Вернадского, 88); профессор кафедры философии, политологии, социологии им. Г. С. Арефьевой (ФПС) Национального исследовательского университета «МЭИ» (Россия, 111250, Москва, ул. Красноказарменная, 13).

Information about the author

Victor N. Knyazev — Doctor of Philosophy, Professor at the Philosophy Department of Institute of Social Studies and Humanities, Moscow State Pedagogical University (Russia, 119571, Moscow, Vernadskogo ave., 88); Professor at the Department of Philosophy, Political Science, Sociology n. a. G. S. Arefieva (FPS), National Research University "Moscow Power Engineering Institute" (Russia, 111250, Moscow, Krasnokazarmennaya st., 13).

Статья поступила в редакцию 11.07.2024.

The article was submitted 11.07.2024.