

2. Исследования П. А. Зилова по выяснению роли промежуточной среды в электродинамических взаимодействиях

К исследованиям Н. Н. Шиллера тесно примыкают исследования другого ученика А. Г. Столетова — Петра Алексеевича Зилова.

Напомним, что самой существенной стороной фарадей-максвелловской гипотезы о природе электромагнитных явлений было представление о близкодействии, о непрерывном участии промежуточной среды в процессах взаимодействия между наэлектризованными, намагниченными или обтекаемыми током телами. Обоснованию справедливости этих материалистических представлений была посвящена серия исследований П. А. Зилова (1875—1881).

Рассмотрим его магистерскую диссертацию «Опытное исследование диэлектрической поляризации в жидкостях». Уже во введении к работе Зилов пишет, что его исследование направлено на «доказательство, что во взаимодействии электрических масс окружающая среда принимает участие»¹. В экспериментальной части рассматриваемого исследования Зилов решает задачи: а) определение диэлектрических постоянных жидких изоляторов; б) проверка максвелловского соотношения $\varepsilon = n^2$.

До Зилова только Фарадей производил качественные опыты с жидкими диэлектриками, в результате которых было установлено, что диэлектрические постоянные жидкости превышают таковые же для воздуха. Количественных данных в этой области физика не имела. А они были необходимы прежде всего для опытной проверки максвелловского соотношения (напомним, что Шиллер проделал это только для твердых диэлектриков)².

Жидкости оказались особенно подходящим материалом для решения поставленной задачи по следующим соображениям. Во-первых, они более всего удовлетворяли условиям, для которых была разработана теория поляризации (однородность диэлектрика); во-вторых, прозрачность жидкостей облегчала возможность точного измерения их показателя преломления одновременно с измерением

¹ П. А. З и л о в. Опытное исследование диэлектрической поляризации в жидкостях. М., 1877.

² Проверкой справедливости максвелловского соотношения для газов занимался в этот период Л. Больцман.

диэлектрических постоянных. «Эти соображения,— пишет Зиллов,— позволили надеяться, что опыты с жидкостями лучше оправдают соотношение между диэлектрической постоянной и показателем преломления, указанное Максвеллом».

Интересно, что в первой части работы, посвященной теории диэлектрической поляризации, Зиллов пишет, что «действие электромагнитных сил распространяется точно так же, как световые колебания в прозрачной среде. Что касается длины электрических волн, то надо думать, что она бесконечно велика сравнительно с длиной световых волн».

Мы имеем в данном случае прекрасный исторический пример того, как убеждение часто опережает доказательство. Напомним, что это было сказано более чем за 10 лет до опытов Герца.

Для определения диэлектрической проницаемости жидкостей Зиллов пользовался двумя методами: 1) сравнением емкости конденсатора без диэлектрика и с диэлектриком; 2) измерением силы взаимодействия двух проводников в воздухе и в диэлектрике. Теорию последнего метода Зиллов развил независимо от Максвелла в 1875 г. Эта теория дает следующее выражение для диэлектрической проницаемости: $\varepsilon = \frac{f}{f_0}$, где f — сила взаимодействия двух проводников, наэлектризованных до данной разности потенциалов и окруженных диэлектриком, f_0 — та же сила в воздухе.

Для проведения экспериментов по последнему методу Зиллов построил оригинальный электрометр¹.

Показатель преломления Зиллов определял по способу наименьшего отклонения. Для бензола он пользовался наблюдением над двумя фраунгоферовыми линиями солнечного спектра, для других веществ — линиями натрия и лития.

В «Опытных исследованиях...» Зиллов еще раз подтвердил вывод Шиллера о том, что диэлектрическая проницаемость не зависит от напряженности поля.

Большой исторический интерес имеет работа П. А. Зилова «Влияние среды на электродинамическую индукцию», сделанная по предложению А. Г. Столетова².

¹ Этот электрометр описан в «Курсе физики» Хвольсона (т. IV, 1923).

² Почти одновременно с Зилловым эту же тему разрабатывал в Петербургском университете И. И. Борман.

Вопрос о влиянии среды на электродинамическую индукцию был поставлен Фарадеем. В четырнадцатой серии «Экспериментальных исследований» Фарадей описывает опыты, с помощью которых он пытался определить, оказывает ли промежуточное вещество какое-нибудь влияние на характер или интенсивность явлений электромагнитной индукции. Однако эти опыты не дали положительного результата. С тех пор поставленный Фарадеем вопрос постоянно интересовал ученых. В 1870 г. итальянский физик Блазерна нашел, что скорость распространения индукции якобы равна 270 м/сек для воздуха, 61 м/сек для стекла и т. д. На этом основании была подвергнута сомнению теория Максвелла. Но Гельмгольц в 1871 г. проделал опыт, показавший, что скорость распространения электромагнитных действий не может быть меньше 314 400 м/сек. Полученный Гельмгольцем результат показал ошибочность опытов Блазерны. Шиллер, как мы уже указали, в 1874 г. установил, что диэлектрик, поставленный между первичной и вторичной обмотками катушки Румкорфа, не оказывает влияния на электромагнитные процессы. Более обстоятельные опыты в этом направлении, проведенные Зиловым, подтвердили эти результаты.

В указанной работе Зилов теоретически рассматривает вопрос об отношении промежуточных сред с различными свойствами к явлению индукции. Он пишет, что отрицательный результат опытов Шиллера и других ученых «находит оправдание в самой теории. Действительно, легко доказать, что на электродинамическую индукцию может оказывать влияние только среда, которая способна намагничиваться», и далее показывает, «что магнитные среды влияют на электродинамическую индукцию, подобно тому как диэлектрические среды влияют на электростатическую».

Определение функции намагничивания жидкостей и изучение ее зависимости от напряженности магнитного поля послужили предметом последующих экспериментов Зилова, обобщенных в его докторской диссертации «Опытное исследование магнитной поляризации в жидкостях». Эта фундаментальная работа характеризует Зилова как тонкого экспериментатора. Постановка и обработка опытов безупречны; видны характерные черты столетовского стиля: глубокая разработка идеи, надежность результатов, тщательность отделки.

Зилову удалось измерить величину k для шестихлористого железа; было получено

$k=0,00008$. Впоследствии И. И. Боргман нашел для того же самого коэффициента значения: $k=0,00005$ и $0,00004$. Зиллов заинтересовался этой разницей в значениях k и поставил в 1879 г. эксперименты с целью проверки зависимости k от намагничивающей силы. Тщательно сделанные опыты показали, что k является функцией намагничивающей силы, имеющей максимум ($0,000179$) при намагничивающей силе $R=2,15$, если за единицу этой силы принять горизонтальную составляющую земного магнетизма. Этот новый для того времени результат Зиллов вторично проверил в 1880 г. и опубликовал результаты в заметке «Намагничение жидкостей». Конечный вывод этой работы таков:

«Коэффициент намагничивания раствора шестихлористого железа не постоянен, но есть функция намагничивающей силы. С постоянным возрастанием намагничивающей силы коэффициент намагничивания сперва тоже возрастает; при известном значении намагничивающей силы он достигнет максимума и затем убывает сперва быстро, потом медленно»¹.

Свою работу Зиллов проводил под руководством Столетова; она явилась естественным продолжением знаменитого исследования Столетова «О функции намагничения мягкого железа». Полученный Зилловым результат нужно рассматривать как подтверждение и развитие основного вывода столетовского исследования: функция намагничения (или, по нашей терминологии — магнитная восприимчивость) не является величиной постоянной, а зависит от напряженности поля.