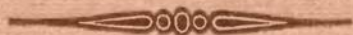


АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ТРУДЫ
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ



IV

IV

АКАДЕМИЯ НАУК
СССР

ТРУДЫ
ИНСТИТУТА
ИСТОРИИ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Академия Наук СССР

ТРУДЫ ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Под редакцией

чл.-корр. АН СССР Х. С. КОШТОЯНЦА (отв. редактор),
проф. Б. Г. КУЗНЕЦОВА, канд. биол. наук П. А. ПОЛЯКОВА,
проф. С. М. СОБОЛЯ, проф. П. А. ФИГУРОВСКОГО
и проф. А. И. ЮШКЕВИЧА

~~~~~  
*Том IV*  
~~~~~

1952

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА

О. А. ЛЕЖНЕВА

НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ Э. Х. ЛЕНЦА В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ

Одной из важнейших задач советской истории естествознания является создание истории русской физики на основе указаний, содержащихся в трудах классиков марксизма-ленинизма и в ряде решений ЦК ВКП(б) по идеологическим вопросам. Для решения этой задачи необходимо тщательное изучение научного наследства русских физиков и традиций отдельных научных школ, ибо достижения передовой, материалистической русской физики были одной из предпосылок мощного расцвета советской физики в сталинскую эпоху. В этой связи выдающийся интерес представляет анализ научной деятельности академика Эмилия Христиановича Ленца — крупнейшего ученого, возглавлявшего русскую физику в течение трех десятилетий*.

Многообразная научная и педагогическая деятельность Ленца не получила до сих пор полной оценки. Первые статьи, специально посвященные изложению научных трудов Ленца, были написаны А. С. Савельевым¹ и В. К. Лебединским². Они дали неплохой для своего времени разбор важнейших трудов Ленца; но эти статьи, послужившие основным источником для позднейших авторов, ограничены и по содержанию и по методу: в них освещаются далеко не все научные достижения Ленца, и оценка дается вне всякой связи с историей русской физики. Американец Стайн³ подошел к оценке Ленца с позиций буржуазного объективизма и ярко продемонстрировал их шовинистическую сторону. Уравнивая историческое значение трудов Фарадея и своего соотечественника Генри, он отводит Ленцу место искусного подражателя-ремесленника, лишённого философских интересов.

* Портрет Э. Х. Ленца, помещенный при этой статье, можно с большой степенью вероятности датировать 1853 годом, так как он был сделан для «Альбома имп. С.-Петербургского университета», подписанного к печати 21 декабря 1853 года. Рисунок В. Гурке, литография Минстера.

¹ А. С. Савельев. О трудах академика Ленца в магнито-электричестве. — «Журн. Мин. нар. просв.», ч. 83, 1854, № 8—9.

² В. К. Лебединский. Э. Х. Ленц как один из основателей науки об электромагнетизме. — «Электричество», 1895, № 11—12.

³ W. M. Steine. The contribution of H. F. E. Lenz to the science of electromagnetism. — «Journ. Franklin Institute», vol. CLV, 1903, стр. 301—314, 363—384.

Вопрос о связи трудов Ленца с развитием физики в России был поставлен профессором Московского университета Н. А. Капцовым⁴⁻⁵, но последний, так же как Б. Г. Нихамкин⁶ и М. И. Розенберг⁷, ограничился приведением кратких биографических сведений, не лишенных притом и фактических неточностей. В докладе проф. К. К. Баумгарта⁸ на Общем собрании Академии Наук СССР (5—11 января 1949 г.) содержится более современное освещение тех же работ, о которых писали Савельев и Лебединский, с некоторыми дополнениями.

В превосходно написанной статье Т. П. Крайца «О работе Э. Х. Ленца в области электромагнетизма» затронуты лишь основные работы Ленца, вошедшие в том «Избранных трудов»⁹. В статье К. К. Баумгарта, помещенной в том же томе, а также в статье Д. Б. Гогоберидзе¹⁰ даются более подробная и частично основанная на архивных исследованиях биография Ленца и характеристика его педагогической деятельности. Вызывает удивление то, что проф. Баумгарт и проф. Гогоберидзе механически перенесли в свои статьи неверное утверждение, будто Ленцу была присвоена степень доктора философии Гейдельбергского университета в 1827 г.¹¹

К. К. Баумгарт утверждает при этом, что темой диссертации Ленца были результаты наблюдений во время его кругосветного путешествия, а Д. Б. Гогоберидзе относит гейдельбергскую защиту к весне 1827 г., отмечая, что с осени 1827 г. Ленц преподавал в петербургской школе св. Петра и усиленно занимался обработкой результатов измерений, проведенных во время кругосветной экспедиции в 1823—1826 г.

Можно с полной уверенностью утверждать, что Ленц не защищал диссертацию в Гейдельбергском университете в 1827 г. Действительно, в предисловии к статье «Физические наблюдения, произведенные во время кругосветного путешествия под командованием капитана Отто фон-Копебу в 1823, 1824, 1825 и 1826 годах» Ленц пишет: «Сразу же после возвращения [2 августа 1826 г.—*О. Л.*] я передал императорскому адмиралтейству упакованные на корабле приборы и поспешил к своей семье в родной город Дерпт, где весь остаток года употребил для совершенствования в области химии под руководством проф. Озанна. В январе 1826 г. [явная опечатка, следует читать: 1827 г.—*О. Л.*] я приехал в С.-Петербург и исходатайствовал разрешение на пользование приборами, отчасти для того, чтобы проверить их ход, а отчасти для того, чтобы с некоторыми из

⁴ См. Н. А. Капцов. Русские электрики.— «Уч. зап. Моск. гос. ун-та», вып. 92, М., 1941; ⁵ Е го же. Русские электрики XIX в.— «Усп. физических наук», т. 35, вып. 1, 1941; Е го же. Эмилий Христианович Ленц.— «Люди русской науки». М.— Л., 1948, стр. 106.

⁶ Диссертация Б. Г. Нихамкина («Развитие учения об электричестве и магнетизме в первой половине XIX в. и работы Э. Х. Ленца», 1941), не защищавшаяся автором, хранится в библиотеке им. Столетова н.-и. ин-та физики МГУ.

⁷ М. И. Розенберг. Эмилий Христианович Ленц.— «Физика в школе», 1948, № 6, стр. 6—14.

⁸ Сб. «Вопросы истории отечественной науки. Доклады на Общем собрании АН СССР 5—11 января 1949 г.», М.— Л., 1949.

⁹ Э. Х. Ленц. Избр. труды. Изд. АН СССР, 1950.

¹⁰ Д. Б. Гогоберидзе. Замечательный русский физик Э. Х. Ленц.— «Вестн. Лен. ун-та», 1950, № 2, стр. 3—29.

¹¹ Источником ошибок служит статья в «Русском биографическом словаре» (т. 10, стр. 192—194), содержащая еще одно неверное утверждение — о путешествии Ленца с Гецом и Гебелем в южные степи — и шесть северных дат. Как стало известно автору, профессор Гогоберидзе, продолжая заниматься изучением деятельности Ленца, также пришел к выводу, что Ленц не получал степени доктора философии Гейдельбергского университета.

них поставить приведенные далее опыты. Формальности загнули получение их, и лишь в *сентябре* я смог послать в Дерпт маятниковый прибор для проверки там хода часов и определения удлинения обоих маятников при различных температурах»¹². Спрашивается: когда же Ленц сдвиг в Гейдельберг? Когда он мог успеть обработать свои наблюдения и написать диссертацию? Разве Гейдельбергский университет мог присвоить степень доктора философии двадцатичетырехлетнему юноше, не успевшему даже закончить университета, на основании какого-то краткого сообщения? Напомним, что Паррот представил в Академию Наук статью Ленца (после рассмотрения которой Ленц был избран адъюнктом) только 16 февраля 1828 г.

В официальном представлении Ленца в адъюнкты¹³ ни слова не говорится о том, что он имеет степень доктора философии, а ведь это непременно было бы использовано в качестве веского аргумента в пользу избрания Ленца.

Против возможности более позднего присвоения Ленцу степени Гейдельбергским университетом говорит отсутствие каких-либо упоминаний о таком событии в формулярных списках Ленца, где весьма тщательно отмечены все полученные им награды, избрания почетным членом различных обществ, а между прочим и присвоение степени доктора философии Гельсингфорским университетом в 1840 г.

В статье проф. Гогоберидзе допущен еще ряд ошибок. Ленц не сдвиг в Гецом и Гебелем в южные степи. Чтобы в этом убедиться, достаточно познакомиться с отзывом Ленца о сочинении Гебеля, посвященном этому путешествию¹⁴. Ленц не мог лично докладывать свою работу о физических наблюдениях в экспедиции Коцебу 29 ноября 1829 г., так как с лета 1829 г. по 23 мая 1830 г. находился в экспедиции. Ленц преподавал физику в Артиллерийской академии с 1848 по 1861 г., в Морском корпусе — с 1835 по 1840 г., а не после работы в Артиллерийской академии. Кажется необоснованным зачисление Зеебека в русские физики. Певверно, что Ленц опубликовал совместно с Савельевым диссертацию последнего (хотя темы опубликованной ими совместно статьи и диссертации близки).

Оценки той или иной стороны деятельности Ленца можно встретить в трудах по истории Академии Наук, Петербургского университета, военных учебных заведений, где он преподавал, и Русского Географического общества, в сочинениях по истории русской электротехники, океанографии и философии. Иногда эти оценки находятся во взаимном противоречии, мы их коснемся далее.

Автор ставит себе целью оценить научное наследство Ленца в области физики и показать связь его творческого пути с историческими условиями в стране.

Кроме литературных источников, нами были использованы материалы ряда ленинградских архивов.

При подготовке настоящей статьи учтены замечания члена-корреспондента АН СССР В. К. Аркадьева, профессоров А. К. Тимирязева, Д. Д. Иваненко, А. П. Юшкевича и П. С. Кудрявцева, которым автор выражает искреннюю благодарность.

¹² Э. Х. Ленц. Избр. труды, под ред. Т. П. Кравца. Изд. АН СССР, 1950, стр. 20. Курсив наш. — О. Л.

¹³ Центр. Гос. Историч. архив в Ленинграде (ЦГИАЛ), ф. 733, оп. 12, № 360.

¹⁴ «Седьмое присуждение учрежденных П. Н. Демидовым наград. 17 апреля 1838 г.», СПб., 1838, стр. 89—111.

* * *

До Великой Октябрьской социалистической революции русская наука развивалась в крайне тяжелых условиях. Гнет реакционной политики царского самодержавия сильно сказывался и на развитии русской физики. Скупой отпуск материальных средств на постройку и оборудование физических лабораторий объяснялся прежде всего презрением царского правительства и русской буржуазии к отечественной науке, их преклонением перед иностранной наукой и техникой. Русская физика не имела достаточной опоры в промышленности России. Вместе с тем связь физики с философскими проблемами вызывала усиленное внимание к ней со стороны ведомств, призванных охранять неизблемость идей официального, идеалистического мировоззрения. Эти трудности, присущие всей дореволюционной эпохе развития русской физики, выступали с различной силой и в разных формах в XVIII и XIX и в начале XX в. Крайне тяжелым в этом отношении было и царствование Николая I, на которое приходится большая часть жизни классика русской физики — академика Ленца¹⁵.

Родина Ленца — древний русский город Юрьев, в то время называвшийся Дерптом (ныне г. Тарту Эстонской ССР).

Отец Ленца содержал семью на жалованье секретаря городского магистрата. После его ранней смерти семья осталась без всяких средств к существованию, и матери Ленца лишь с большим трудом удалось дать своим сыновьям высшее образование. Эмиль Ленц увлекался естественными науками и математикой еще в школе, а затем и в гимназии, которую он окончил первым учеником. Шестнадцати лет он поступил в Дерптский университет. Сначала решил специализироваться по химии под руководством своего родственника, профессора Гизе, но после смерти последнего (в мае 1821 г.) вынужден был перейти на теологический факультет, который обеспечивал выпускникам более определенные перспективы¹⁶. В те годы (годы деятельности Магницкого, Рунича, Ливена) русская наука была в особенно тяжелом положении, и начинающий ученый имел ничтожные шансы найти себе какое-нибудь применение. Несмотря на неблагоприятные обстоятельства, Ленц продолжал изучать естественные науки одновременно с древними языками и богословием. В этом ему помог профессор физики и организатор физического кабинета Дерптского университета Е. И. Паррот. Он оценил дарования своего ученика и постарался избавить его от карьеры сельского пастора. Для Ленца было большой удачей, в значительной степени определившей его дальнейшую судьбу, приглашение в качестве физика в экспедицию капитана Коцебу (по рекомендации Паррота). Таким образом, проучившись в университете два с половиной года, девятнадцатилетний Ленц начал свою научную деятельность на русском военном корабле. В течение трех лет (1823—1826), проведенных в кругосветном путешествии, Ленц из скромного подающего надежды студента превратился в самостоятельного ученого.

Время, остававшееся после выполнения прямых обязанностей, он использовал для углубления своих знаний по физике и математике. Большое значение имело для него руководство такого образованного и опытного моряка, как О. Е. Коцебу.

Новаторский характер океанографических измерений Ленца и ценность полученных им научных результатов доказываются отзывами не только

¹⁵ Ленц родился 12 (24) февраля 1804 г., умер 29 января (10 февраля) 1865 г.

¹⁶ Эти и некоторые другие приводимые ниже сведения о юношеских годах Ленца заимствованы из двух документов, хранящихся в Архиве Академии Наук, разд. V, «Персоналия», оп. II, № 18.

современников¹⁷, но и таких позднейших авторитетов, как адмирал С. О. Макаров¹⁸ и руководящие советские геофизики — Ю. М. Шокальский¹⁹, В. В. Шулейкин²⁰ и Л. С. Берг²¹.

И в дальнейшем Ленц много занимался вопросами физической географии и геофизики — во время путешествия на Кавказ и в Николаев (1829 — 1830), а также участвуя в организации ряда экспедиций Академии Наук и Русского Географического общества, избравшего его членом правления на первом же организационном заседании (1845). В частности, Ленц участвовал в организации Северо-Уральской (1847) и Восточно-Сибирской (1851) экспедиций и путешествия Миддендорфа. По инициативе Ленца и под его руководством были осуществлены многолетние наблюдения над приливами и отливами в районе Архангельска (Мацеровский), на Новой Земле (Циволка) и на Дальнем Востоке (Зарубин). Ленц руководил также систематическими наблюдениями над колебаниями уровня Каспийского моря, занимался проблемой сохранения приволжских лесов²². Характеристика Ленца как геофизика должна быть предметом специального исследования.

Вернувшись из кругосветного путешествия, Ленц полтора года обрабатывал свои наблюдения, находясь в крайне тяжелых материальных условиях. Паррот, избранный к тому времени академиком, оказывал ему некоторую материальную помощь и представил в Академию работу Ленца о результатах его наблюдений в путешествии; 5 мая 1828 г. Ленц был единогласно избран адъюнктом по физике. В 1830 г. он стал экстраординарным академиком и вскоре, закончив обработку своих кавказских наблюдений, приступил к исследованиям в области электричества. В 1834 г., после смерти знаменитого русского физика, основоположника русской электротехники — В. В. Петрова, Ленц по единодушному решению академиков занял освободившуюся вакансию ординарного академика. К этому времени он уже был автором шести блестящих работ по электромагнетизму, рекомендовавших его как достойного преемника В. В. Петрова.

До сих пор мы не имеем данных о личных взаимоотношениях Петрова и Ленца, по то обстоятельство, что Ленц не принимал участия в травле Петрова, организованной Уваровым при активном участии Паррота и Фусса, подтверждается тем, что имя Ленца совершенно не упоминается в ряде архивных дел²³, отражающих эту неблагоприятную историю. Отсутствие упоминаний Петрова в учебниках Ленца не может быть поставлено целиком в вину Ленцу, так как злейший враг Петрова Уваров был в то время министром народного просвещения. Ленц был, по отзывам современников — А. В. Никитенко²⁴, В. Я. Буняковского²⁵, Б. С. Якоби²⁶,

¹⁷ См. «Зап. Гос. Адмиралтейского департамента», т. XII, 1827, стр. XXIX—XXXIV (мнение Н. П. Щеглова о рапортах Ленца и Гофмана).

¹⁸ С. О. Макаров, «Витязь» и Тихий океан. СПб., 1892, стр. 247, 252, 264, 265.

¹⁹ Ю. М. Шокальский. Океанография. М., 1917, стр. 34.

²⁰ В. В. Шулейкин. Очерки по физике моря. М., 1949, стр. 14—17.

²¹ Л. С. Берг. Заслуги Э. Х. Ленца в области физической географии. — В кн.: Э. Х. Лепид. Избр. труды.

²² Об участии Ленца в решении этих и других географических проблем есть много упоминаний в протоколах конференции Академии Наук (Архив Академии Наук).

²³ Архив Академии Наук. Протоколы конференции за 1826—1830 гг. Подробное описание хода событий дано в ст. А. А. Елисеева в сб. «Академик В. В. Петров». Л., 1940.

²⁴ А. В. Никитенко. Записки и дневник, т. II, СПб., 1893, стр. 413; «Записки Академии Наук», т. VII, кн. 1, 1865, стр. 72.

²⁵ Речь Буняковского на соединенном заседании физико-математического и историко-филологического отделений Академии Наук 9 февраля 1865 г. — «Зап. Академии Наук», т. VII, кн. 1, 1865, стр. 72.

²⁶ Черловики неопубликованной речи Якоби о Ленце. — Архив Академии Наук, разд. V, «Персоналия», оп. II. № 18.



Эмилий Христианович
ЛЕНЦ

И. И. Срезневского, прямой и искренний человек. Срезневский, говоря о Ленце, отмечал его «беспристрастие, чуждое лицепрятия, дававшее ему силу уважать и защищать научные труды в каждом без всякого постороннего различия»²⁷.

Что касается истоков научного творчества Ленца, то такие черты его, как новаторство, высокое экспериментальное мастерство, критическое отношение к работам зарубежных физиков, стремление сделать свои открытия доступными всем интересующимся наукой²⁸, наконец уклон в сторону практических приложений науки — в сторону электротехники, делают Ленца прямым наследником Петрова. С другой стороны, высказывания Ленца свидетельствуют о его критическом отношении к теориям Паррота²⁹.

Быстрые успехи Ленца в изучении явлений электромагнитной индукции (1832—1834) и в разработке новых методов электрических измерений стали возможны благодаря коренным улучшениям в оборудовании физического кабинета в 1827—1830 гг. В то время как Петрову, несмотря на его настойчивые требования, отказывали в ассигнованиях на пополнение физического кабинета и в переводе его в более подходящее помещение, Паррот благодаря близости к придворным кругам добился получения двадцати пяти тысяч рублей и нового помещения для физического кабинета.

При активном участии Ленца физический кабинет Академии Наук был превращен в лабораторию, пригодную для экспериментальных исследований. Успеху его работ способствовала прекрасная механическая мастерская Академии Наук, выполнявшая заказы на оригинальные приборы конструкции Ленца и его сотрудников.

Это позволило нашим ученым быстро совершенствоваться экспериментальную технику и пролагать новые пути изучения электромагнитных явлений.

Нельзя считать, что в Академии Наук все было к услугам Ленца и что ему не приходилось испытывать недостатка в средствах; но все же два тогдашних ординарных академика — два физика на всю Россию — были поставлены в гораздо более благоприятные условия, чем те ученые, которые работали в учебных заведениях.

После ухода в отставку Паррота в 1840 г. второе место физика занял академик Купфер, по оп больше занимался метеорологией. Физический кабинет перешел в ведение Ленца и широко использовался Б. С. Якоби, приглашенным в Петербург в 1837 г. Средства, отпущенные «Комиссии, учрежденной для приложения электромагнитной силы к движению машин по способу профессора Якоби», а также большая изобретательность этого ученого несомненно содействовали успеху проведенных им совместно с Ленцем исследований по изучению намагничивания железа током. Однако физическая постановка вопроса и вся методика эксперимента и математической обработки результатов принадлежат Ленцу³⁰, обладавшему более глубокой научной эрудицией.

²⁷ «Годичный торжественный акт в имп. С.-Петербургском университете, бывший 26 сентября 1865 года». СПб., 1866, стр. 18.

²⁸ Ленц неоднократно читал курсы публичных лекций по электричеству, а в своей статье «Гальванизм», помещенной в «Русском энциклопедическом лексиконе» (т. XIII, 1838, стр. 123—140), дал ряд практических указаний по обращению с физическими приборами, по уходу за батареями и т. п.

²⁹ Паррот и Ленц. Опыты сильного давления на различные тела. — «Mém. de l'Acad. imp. des sciences de St.-Petersb.», Sciences mathem., phys. et natur., vol. II, 1833, стр. 630; Э. Х. Ленц. Замечания по поводу некоторых пунктов учения о гальванизме — «Bull. scientifique de l'Acad. imp. des sciences de St.-Petersb.», vol. I, 1836, стр. 169.

³⁰ Чтобы в этом убедиться, достаточно сравнить работу Ленца «О законах действия магнита на спираль при внезапном его приближении или удалении и о наилучшей»

Как для творчества Ленца, так и для распространения физики в России весьма благоприятным было приглашение его в Петербургский университет в 1835 г.³¹ Деятельность в университете теснее связывала Ленца с общественной жизнью³², дала ему учеников, работавших над темами, близкими его исследованиям, расширила экспериментальную базу его работ; университет же получил превосходного лектора, читавшего всю физику и физическую географию на уровне последних достижений науки, из которых многие принадлежали ему лично. Ничем не оправдано предположение М. С. Соминского в статье о Петрушевском: «Повидимому, даже демонстрации, сопровождавшие лекции, Ленц не очень любил производить, и если все же их очень скупо и изредка показывал, то делал это только в силу неизбежной необходимости»³³. Отзывы современников и учеников Ленца говорят об обратном: он тщательно готовился к демонстрациям, использовал для них приборы физического кабинета Академии Наук и, когда при университетском кабинете не было лаборанта, пользовался помощью механика академии. О большой популярности его лекций — в частности, и публичных — писали Тимирязев³⁴, Семенов-Тянь-Шанский³⁵ и Григорьев³⁶.

С начала преподавания в Петербургском университете Ленц читал лекции на русском языке³⁷. В редактировании его учебника физики ему помогали М. И. Пчельников, Н. П. Тьртов и проф. А. Н. Савич.

Ленц не вел практических занятий для всех студентов (этого не было еще ни в одном университете мира), но своим талантливым ученикам, проявившим желание посвятить себя физике, он открывал двери физического кабинета Академии Наук. Исследовательские работы студентов публиковались в академических журналах.

Участие Ленца в жизни Петербургского университета не исчерпывалось его профессорскими обязанностями. Будучи в течение 22 лет деканом физико-математического факультета, он содействовал укомплектованию кафедр такими деятелями русской науки, как Воскресенский, Менделеев, Чебышев, Петрушевский, Бекстов и другие.

В результате плодотворной работы Ленца в Петербургском университете и благодаря использованию им физического кабинета Академии Наук для подготовки молодых специалистов высшие учебные заведения получили замечательное пополнение — отечественных профессоров-физиков,

шем устройстве спирали для магнито-электрических целей», помещенную в т. II «Mém. de l'Acad. imp. des sciences de St.-Petersb.», Sciences mathem., phys. et natur. (1833, стр. 427—457), и совместную работу Ленца и Якоби (Э. Х. Ленц. Избр. труды, стр. 241—283).

³¹ С 1 января 1836 г. и до своей смерти Ленц занимал кафедру физики и физической географии Петербургского университета. С 1840 по 1862 г. он был деканом физико-математического (2-го отделения философского) факультета.

³² В 1836 г. Ленц уже был привлечен к участию в задуманном В. Ф. Одоевским журнале «Русский сборник», в программу которого входило освещение успехов естественных наук. Резолюция Николая I на докладной записке Уварова о разрешении этого журнала («И без того много») привела к запрещению принимать ходатайства о разрешении новых журналов. См. статью: А. П. Могилянский и А. С. Пушкин и В. Ф. Одоевский как создатели обновленных «Отечественных записок». — Изв. АН СССР, серия истории и философии, 1949, т. VI, № 3, стр. 249.

³³ См. «Усп. физич. наук», 1949, т. 37, вып. 3, стр. 379.

³⁴ К. А. Тимирязев. Соч., т. VIII, 1939, стр. 170—171.

³⁵ П. И. Семенов-Тянь-Шанский. Мемуары, т. I, 1917, стр. 173, 174, 177.

³⁶ В. В. Григорьев. Имп. С.-Петербургский университет за первые пятьдесят лет его существования. СПб., 1870, стр. 193.

³⁷ Купфер в Главном педагогическом институте до 1850 г. читал физику по-французски.

заявивших кафедры во всех университетах страны (Савельев в Казанском, Талызин, а затем Авенариус в Киевском, Шведов в Новороссийском, Спасский в Московском, Петрушевский, Фан-дер-Флит в Петербургском, а Р. Э. Ленц в Технологическом институте). Особенно многим обязан Ленцу Петрушевский, так как он кончал университет в те годы, когда единственным местом, где можно было поставить экспериментальное исследование, был физический кабинет Академии Наук. Когда Петрушевский переехал в Киев, ему пришлось ездить к Ленцу в Петербург, чтобы ставить опыты для своей магистерской диссертации.

Положительная роль научного общения Петербургского университета и Академии Наук в развитии естественных наук в университете отмечалась еще Сеченовым в статье о русских университетах ³⁸.

В качестве еще одной характерной особенности деятельности Ленца следует указать на его связь с теми кругами русского офицерства, которые стремились использовать в военном деле новейшие открытия в технике, в первую очередь в электротехнике. Эта связь шла не только через Якоби, но и благодаря преподавательской работе Ленца в офицерских классах Морского корпуса (1835—1841) и Артиллерийского училища (1848—1861), преобразованного в 1855 г. в Артиллерийскую академию. При кафедре физики Артиллерийской академии образовался дружный коллектив, занимавшийся преподаванием и постановкой совершенно оригинальных опытов, имевших большое практическое и научное значение. В 1857 г. Ленц при участии А. И. Шпаковского, В. Ф. Петрушевского и А. В. Гадоллина поставил серию опытов по исследованию электрической дуги, в частности условий горения ее над водой, отклонения дуги магнитным полем и т. п. ³⁹ Ленц представлял к напечатанию в академических журналах статьи офицеров Н. Н. Тыртова и И. Р. Багратиона по гальваническим элементам, интересовался работой К. И. Константинова по электрокалориметрическим приборам и т. д.

За несколько лет до смерти Ленца в России произошел резкий, хотя и подготовленный всем предшествующим развитием перелом, связанный с крестьянской реформой и началом бурного развития капиталистических отношений. Был осуществлен ряд реформ в системе народного просвещения.

Ленц принимал активное участие в пересмотре уставов Академии Наук и университетов, в реорганизации военно-морских учебных заведений ⁴⁰. Он был одним из инициаторов издания трудов академиков на русском языке ⁴¹.

В 1861 г. начались студенческие волнения в Петербургском университете. Правительство потребовало от профессоров активного участия в полицейских мерах, намеченных министром просвещения реакционером Пугачинным. Профессура саботировала эти приказы. Ленц написал адрес, составленный левой группой профессоров, о смягчении мер наказания студентов ⁴² (в числе арестованных студентов были два ученика Ленца — будущий декабрист и ректор Новороссийского университета Ф. Н. Шведов и

³⁸ И. М. Сеченов. Соч., т. II, М., 1908, стр. 422.

³⁹ Подробно об этих опытах говорится в кн.: Б. Н. Р ж о н с и ц к и й. Дмитрий Александрович Лачинов. М.—Л., 1949.

⁴⁰ О значительных улучшениях в преподавании физики в морских учебных заведениях благодаря участию Ленца в соответствующей комиссии писал автор его некролога, помещенного в № 17 газеты «Кронштадтский вестник» за 1865 г.

⁴¹ В. И. С р е з н е в с к и й. К истории издания «Известий» и «Ученых записок» 2-го отделения Академии Наук (1852—1863). СПб., 1905, стр. 61.

⁴² В. Д. С п а с о в и ч. Соч., т. IV, СПб., 1891, стр. 49.

П. П. Фан-дер-Флит, вскоре приглашенный Ленцом на работу в качестве лаборанта при физическом кабинете университета).

Под давлением общественного возмущения Путятин был смещен с поста министра. Новый университетский устав, составленный при участии Ленца, обеспечивал университетам большую самостоятельность; в частности, ректор уже не назначался, а избирался профессорами. Когда этот устав вошел в силу, Ленц был избран ректором двадцатью четырьмя голосами против двух (баллотировались все профессора). Это избрание с несомненностью свидетельствует о большом уважении, которое приобрел Ленц за 28 лет работы в университете.

Общественный подъем тех лет непосредственно отразился на научной деятельности Ленца. Он участвовал в решении ряда научных и технических проблем, например, в исследовании причин обмеления Азовского моря (1860), в организации систематических наблюдений земного магнетизма (1862), в проверке новых систем отопления и вентиляции (1862). Проблемой вентиляции (в то время очень актуальной) Ленц занялся весьма основательно, и его работа «О вентиляции в нашем климате»⁴³ была использована русскими инженерами. Общий уровень русской техники был таков, что проблема вентиляции казалась более важной, чем проблема определения наиболее выгодного режима работы электрического генератора, которую Ленц занимался в 1847—1858 гг., достигнув при этом выдающихся успехов (он объяснил явление реакции якоря, указал на необходимость передвижения щеток в связи со сдвигом нейтральной линии машины и создал метод изучения формы кривой переменного тока, опередив на четверть века изобретение «диска Жубера»). Пионерские устремления Ленца в электротехнике не были оценены и поддержаны, и он, желая быть полезным обществу, занялся вопросами вентиляции.

Таким образом, вся общественная и научная деятельность Ленца в 60-е годы свидетельствует о том, что справедливые во многом упреки прогрессивной печати по адресу Академии Наук за отрыв ее от жизни не могут быть отнесены к академику Ленцу.

С конца 50-х годов здоровье его стало ухудшаться. Сказались напряженная работа и смерть двух взрослых детей⁴⁴. Весной 1864 г. сильно ослабело его зрение, и он вынужден был взять отпуск. В октябре Ленц в сопровождении жены и младшей дочери, отправился лечиться в Рим. Здесь, несмотря на временное улучшение самочувствия, он скоропостижно скончался во время прогулки по городу утром 29 января (10 февраля) 1865 г.⁴⁵

Присвоение Ленцу степени доктора философии Гельсингфорского университета (1840), избрание его членом-корреспондентом Туринской (1843) и Берлинской (1853) академий наук, членом русского отделения Северного англоварного общества, членом правления Русского Географического общества (1845), почетным членом Физического общества во Франкфурте-на-Майне (1843), Казанского (1855) и Харьковского (1859) университетов, а также Берлинского Географического общества (1863) свидетельствуют о широком признании его заслуг в ученом мире. Однако после его смерти

⁴³ «Записки Академии Наук», СПб., 1863, приложение к т. III, № 3, и отдельный оттиск.

⁴⁴ Об этом вскользь упоминает Г. П. Гельмерсен в записке, хранящейся в Архиве Академии Наук (разд. V, «Персоналия», оп. Л, № 18). Сравнением формулярных списков Ленца за 1849 и 1854 гг. подтверждается смерть дочери Марии и сына — студента Петербургского университета Эдуарда Ленца.

⁴⁵ Письмо О. В. Струве о последних днях жизни Ленца опубликовано в «Журн. Мин. нар. просв.», т. 125, 1865, март, отд. 1, стр. 614—615.

никто из современников не попытался оценить его научное наследство. Даже Б. С. Якоби, которому по обычаю Академии полагалось произнести похвальное слово своему предшественнику⁴⁶, не выполнил обещания написать статью о трудах Ленца.

Авторы кратких некрологов тем более не могли дать представления о его научной работе и ограничивались перечислением его личных достоинств и заслуг на педагогическом поприще⁴⁷. Лишь через тридцать лет появилась вышеупомянутая статья Лебединского, которая, несмотря на все ее достоинства, не дает полного представления о Ленце как физике.

Расцвет творческих сил Ленца приходится на 30-е и 40-е годы XIX в. На рубеже XVIII и XIX столетий в результате блестящих открытий Гальвани, Вольты, Петрова и других началась разработка электродинамики. В первое двадцатилетие XIX в. трудами большого числа ученых накапливались сведения о различных действиях электрического тока — тепловом, химическом, физиологическом. Сведения эти были чисто качественными. Резкий перелом произошел в 1819 г. после открытия Эрстеда, обнаружившего действие электрического тока на магнитную стрелку. Электрические и магнитные явления, ранее представлявшиеся независимыми, оказалось необходимым изучать совместно, на что указывал академик Эпинус еще в середине XVIII в. Общеизвестны быстрые успехи, достигнутые на этом пути в следующие годы. Главным достижением явилась теория взаимодействия токов Ампера в соседствии с попыткой сведения магнитных явлений к электрическим при помощи гипотезы круговых молекулярных токов. Однако важнейшие задачи оставались еще нерешенными. Попрежнему отсутствовали четкие определения величин, характеризующих явления в цепи тока, терминология продолжала оставаться сбивчивой, подавляющее большинство исследований имело качественный, описательный характер.

Громадное большинство появившихся тогда работ не представляло научной ценности, так как не было возможности сравнивать результаты разных авторов. Опыты ставились или совсем без измерительных приборов, или с такими приборами, теория которых не была известна. Например, мультипликаторы Поггендорфа, Шнейгера, Нобили были довольно чувствительны, но как именно связана величина тока (понятие тогда еще не вполне четкое) с углом отклонения стрелки прибора, оставалось неизвестным. Единственным прибором, действие которого было математически ясно, являлись крутильные весы Кулопа, которыми и воспользовался Ом для проверки своего закона в 1827 г.

Следует отметить, что работы Ома, установившего фундаментальные соотношения для постоянного электрического тока, десять лет не находили признания у физиков, что и привело ко вторичному «открытию» закона Ома во Франции Пулье (1837). Ленц сразу понял важность открытий Ома и немало потрудился над тем, чтобы они стали известны остальным физикам. Проф. Баумгарт в упоминавшейся речи рассказывает, что в адрес Лондонского Королевского общества в связи с присуждением Ому медали Коплея в 1841 г. «отмечалось, что более десяти лет его работы находились в забвении, и, наконец, указывалось, что после этого самые знаменитые ученые положили закон Ома в основу своих исследований»⁴⁸. Присутствие

⁴⁶ После смерти Ленца Якоби занял освободившееся место академика-физика и стал заведовать физическим кабинетом.

⁴⁷ «С.-Петербургские ведомости» от 31 января 1865 г., № 27 (в № 30 от 4 февраля — объявление от университета о панихиде); «С.-Петербургский карманный месячник» за 1866 г., стр. 397; «Кронштадтский вестник», 1865, № 17.

⁴⁸ Сб. «Вопросы истории отечественной науки», стр. 186. Курсив наш. — О. 7.

имел Ленца и Якоби в перечне этих ученых рассматривается проф. Баумгартом как признание ведущей роли русских ученых. Разыскав текст соответствующего документа ⁴⁹, мы убедились, что, по мнению Лондонского Королевского общества, в течение десяти лет (1827—1837) работы Ома были признаны лишь одним ученым — Фехнером! Таким образом, в действительности роль Ленца в доказательстве и пропаганде закона Ома в этом документе оказывается искаженной.

Приступив к исследованиям в области электричества весной 1831 г. ⁵⁰, Ленц, повидимому, прежде всего занялся проверкой выводов Ома и овладел мастерством обращения с крутильными весами. Действительно, Ленц в работе, доложенной 7 ноября 1832 г. ⁵¹, уже вполне убежденно говорит о важности открытий Ома и тут же доказывает их плодотворность при изучении токов индукционного происхождения. Еще раньше, 15 февраля 1832 г., Ленц сообщил Академии о своей критике ⁵² статьи профессора Берлинского университета Мунке, который объяснял движение коромысла крутильных весов при освещении солнцем стеклянного колпака действием термоэлектричества стекла, электризирующегося от нагревания солнечными лучами. Конечно, не статья Мунке побудила Ленца изучать крутильные весы Кулона. Привыкнув стремиться к астрономической точности в своих геофизических наблюдениях, Ленц должен был начать именно с изучения методов электрических измерений. Впоследствии он писал: «Я считаю, что мы, физики, не должны уклоняться от метода астрономов, которые всегда начинают с всестороннего исследования применяемых измерительных инструментов» ⁵³. К 1831 г. состоявшие методов электромагнитных измерений было весьма далеки от астрономических идеалов Ленца, и он никак не мог ими удовлетвориться.

Появившееся меньше чем через год сообщение об открытии Фарадеем электромагнитной индукции сейчас же привлекло к себе его внимание и было им в высшей степени удачно использовано для создания нового экспериментального метода — баллистического ⁵⁴. Ленц предложил рассматривать действие «мгновенного» индукционного тока, возникающего в обмотке якоря при отрывании его от магнита, на стрелку мультипликатора подобным удару и применить известную в механике формулу баллистического маятника

$$v = c \sin \frac{\alpha}{2},$$

где v — скорость, сообщаемая маятнику при ударе, α — угол отброса маятника, c — постоянная. При этом Ленц допустил одну неточность, связанную с отсутствием четкой терминологии в определении электрических величин: $\sin \frac{\alpha}{2}$ (α — угол отброса стрелки гальванометра) Ленц считал

⁴⁹ Ritter von F ü c h t b a u e r. Georg Simon Ohm. Berlin, 1939, стр. 225.

⁵⁰ В мае 1831 г. Академией Наук была отпущена первая денежная сумма на экспериментальные работы Ленца — 300 руб. (Архив Академии Наук, Протоколы конференции, 1831, § 251).

⁵¹ Э. Х. Л е н ц. О заколах действия магнита на спираль..., стр. 427—457.

⁵² Э. Х. Л е н ц. О движении коромысла крутильных весов при приближении к ним тел различной температуры.— «Ann. Phys. u. Chem. v. Poggendorfs», Bd. 25, 1832, S. 241—246.

⁵³ Э. Х. Л е н ц. О прохождении гальванического тока через жидкости в том случае, когда их поперечное сечение отличается от поверхности погруженных в них электродов.— «Bull. phys.-mathém. de l'Acad. imp. des sciences de St.-Pétersh.», vol. X, 1852, стр. 132.

⁵⁴ Э. Х. Л е н ц. О законах действия магнита на спираль..., стр. 427—457.

пропорциональным величине тока I , а не количеству электричества Q . Однако по существу Ленц поступил правильно, так как количество электричества может служить мерой некоторого среднего тока \bar{I} за время t (при отсутствии колебаний)

$$\bar{I} = \frac{\int_0^t I dt}{t}, \text{ т. е. } \bar{I} = \frac{Q}{t}.$$

При $t = \text{const}$ I пропорционально Q . Если вспомнить, что речь шла об измерениях только относительных величин, то можно признать метод Ленца достаточно обоснованным для его целей. Впоследствии Ф. Нейман⁵⁵, создавая на основе установленных Ленцом законов первую теорию индукции, ввел два термина: «дифференциальный ток» (мгновенное значение) и «интегральный ток» (соответствующий современному термину «количество электричества»).

Смелое применение закона Ома к индукционным явлениям (фактически к средним значениям электродвижущей силы и силы тока) и последующее доказательство законности такого применения⁵⁶ позволили Ленцу продолжить новый путь к познанию законов электромагнетизма и значительно обогатить своих современников. При помощи закона Ома Ленц получал величины электродвижущей силы и именно для нее, а не для тока сформулировал свои законы о независимости электродвижущей силы от толщины и материала проволоки, диаметра витков катушки, о пропорциональности электродвижущей силы числу витков катушки. Так как никаких методов для количественного сравнения различных сопротивлений еще не существовало, Ленц, где это было возможно, проводил всю серию измерений с одним и тем же полным сопротивлением цепи. Например, изучая зависимость электродвижущей силы индукции от вещества проволоки, он соединял последовательно две катушки из разного материала и затем поочередно надевал на якорь. Неизменность отклонения стрелки доказывала независимость явления от вещества проволоки. Если же необходимо было заменить одну проволоку другой (при разных сечениях их), то для проволоки, отличавшихся по сечению (s_1) от нормальной (s_0), Ленц рассчитывал приведенную длину (l_{01}) по формуле

$$l_{01} = \frac{l_1 s_0}{s_1},$$

где l_1 — истинная длина включенной проволоки.

Следует отметить не только новизну идеи баллистического метода, но и небывалую для того времени тщательность электрических измерений.

При проведении своих опытов Ленц заботился об устранении следующих возможных источников ошибок:

⁵⁵ F. Neumann. Allgemeine Gesetze der induzierten elektrischen Ströme, 1845. — «Ostwald's Klassiker d. exacten Wissensch.», Nr. 10; Е го же. Über ein allgemeines Princip der mathematischen Theorie induzierter elektrischer Ströme, 1847. — Там же, № 36.

⁵⁶ Э. Х. Л ен ц. О законе электропроводности для проволоки различной длины и диаметра. — «Mém. de l'Acad. imp. de sciences de St.-Petersb.», sciences mathém. et phys., série VI, vol. I (III), 1838 (livr. 2, 1835), стр. 187—204.

1. Ослабление силы подковообразного постоянного магнита (от которого отрывался якорь с обмоткой).

2. Несимметричность в расположении витков относительно полюсов магнита (Ленц экспериментально убедился, что помещение витков в разных местах якоря не оказывает влияния на отклонение мультипликатора).

3. Надежность контактов (предварительные опыты показали, что при десятикратном закручивании концов проволоки контакт достаточно надежен).

4. Эксцентриситет оси стрелки (исключался отсчетом на обоих концах указателя).

5. Неравномерность кручения нити (влияние ее уничтожалось двойным отсчетом при противоположных положениях якоря относительно полюсов магнита, т. е. при различных направлениях тока).

6. Нарушение параллельности плоскости витков катушки мультипликатора магнитному меридиану (мультипликатор охранялся от малейших сотрясений, благодаря чему нулевые положения отличались не более чем на $0^{\circ},3$).

7. Возникновение термоэлектричества при прикосновении руки к контактам проволок из разного материала устранялось обертыванием мест соединения промокательной бумагой и установлением срока в несколько часов между установкой приборов и началом измерений.

8. Различие в скорости движения якоря при отдельных возбуждениях тока (из двух возможностей возбуждения тока — приближения и отрывания якоря Ленц предпочел последнее, ибо оно давало возможность достичь большего единообразия отдельных возбуждений)⁵⁷.

При создании своего баллистического метода Ленц попутно решил еще одну проблему, стоявшую перед экспериментаторами. Имевшиеся в то время гальванические элементы давали весьма нестойкую электродвижущую силу, что при отсутствии измерительных приборов для учета происшедших изменений делало невозможным их применение для количественных опытов. Элементарный генератор кратковременных токов, состоящий из магнита и отрываемого от него якоря, применявшийся Ленцом, был лишен этого недостатка.

Благодаря изобретенному Ленцом методу стало возможно количественное сравнение сопротивлений различных металлов, изучение явлений в электролитах.

Когда в 1838 г. при совместном изучении Ленцом и Якоби законов намагничивания возникла необходимость найти способ измерять «магнетизм» сердечника электромагнита, Ленц предложил применение своего баллистического метода, которое прочно вошло в науку и поныне является основой магнитных измерений. Он высказал предположение, что угол отклонения стрелки баллистического гальванометра под действием тока, индуцируемого в измерительной катушке при выключении тока в намагничивающей, пропорционален «магнетизму» (магнитному потоку)⁵⁸. Создание количественного метода позволило начать научное изучение законов намагничивания. Измерительный контур установки был полностью заимствован из работы Ленца 1832 г. Намагничивание образца осуществлялось

⁵⁷ Позднее Ленц ставил специальные опыты: варьировал скорость отрывания якоря и убедился, что она не влияет на результат при не слишком медленном движении. Поскольку количество электричества определяется разностью магнитных потоков в начальном и конечном положении, Ленц не мог этим способом установить пропорциональность электродвижущей силы индукции скорости изменения магнитного потока, изменяя же, наблюдавшиеся им при сильном замедлении, были связаны с неприемлемостью в этом случае баллистического метода (время прохождения тока через гальванометр становится сравнимым с периодом колебаний его катушки).

⁵⁸ «О законах электромагнитов». В кн.: Э. Х. Ленц. Избр. труды, стр. 248.

током от батареи Волластона, которая не давала постоянного напряжения; поэтому был сконструирован специальный механизм для регулировки тока изменением глубины погружения электродов. Равновесие электромагнитных весов Беккереля, существенно усовершенствованных нашими

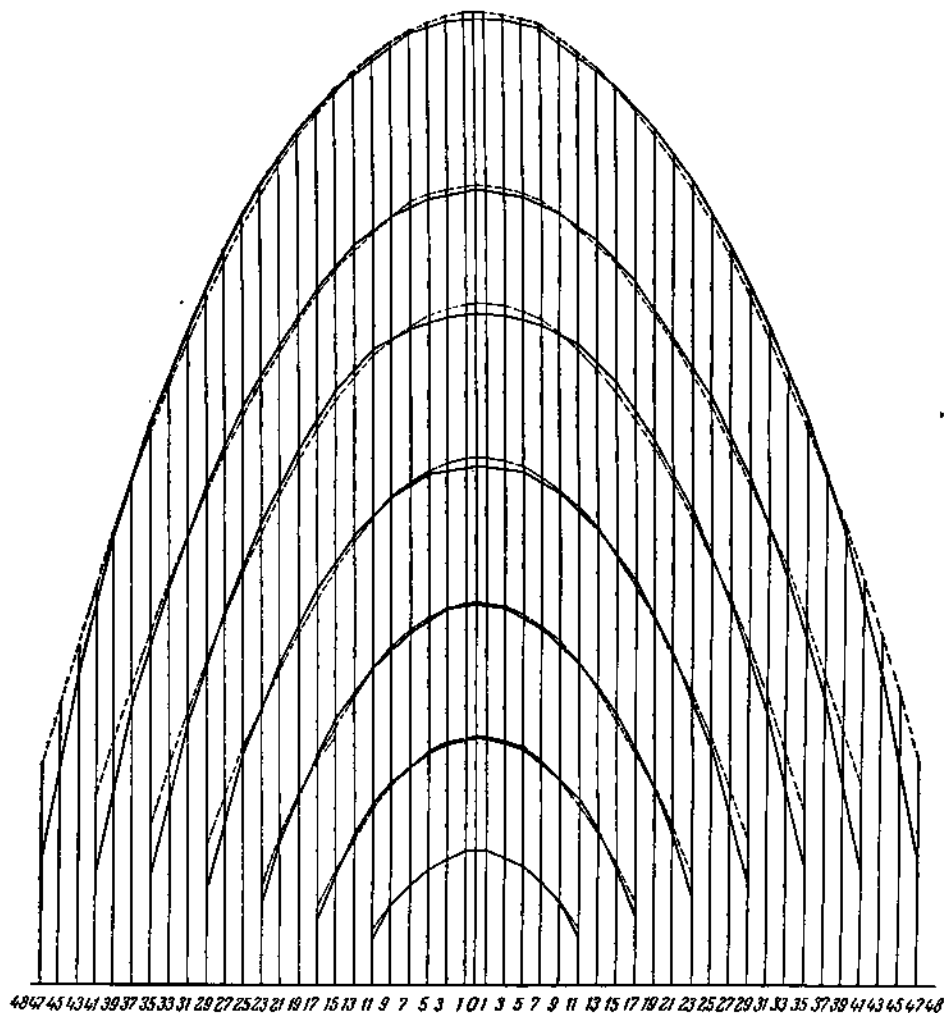


Рис. 1. Изменение величины магнитного потока вдоль прямого сердечника для семи образцов различной длины, но одинакового сечения

академиками, свидетельствовало о постоянстве тока в течение опыта; величина намагничивающего тока измерялась в миллиграммах. В момент замыкания намагничивающего контура наблюдался отброс стрелки в измерительном.

В одних случаях Ленц и Якоби просто сравнивали синусы половинных углов отклонения, т. е. величины, пропорциональные магнитным потокам, или, при неизменных сечениях образцов, значениям магнитной индукции. В других случаях бралась разность

$$\sin \frac{\alpha}{2} - \sin \frac{\alpha_1}{2},$$

где α_1 — отброс в отсутствии сердечника. Не трудно видеть, что они таким образом стремились измерить величину, которую мы теперь называем интенсивностью намагничивания I ($B - H = 4\pi I$)⁵⁹.

Таким путем снимались кривые распределения магнитной индукции вдоль прямого сердечника⁶⁰. Намагничивающая обмотка навивалась на сердечник равномерно по всей длине, а измерительная — на короткий полый цилиндр, который свободно передвигался по намагничиваемому слою, позволяя измерить магнитный поток в каждом сечении сердечника и таким образом построить кривую распределения «количества разложенного магнетизма».

Кривые, построенные Ленцом в результате проделанных измерений, воспроизведены на рис. 1. По оси абсцисс отложены расстояния от центра сердечника, а по оси ординат — величины, пропорциональные $\sin \frac{\alpha}{2}$, т. е. в данном случае — магнитной индукции, для семи образцов разной длины, но одинакового сечения.

Аналогичным образом определялся закон убывания «количества разложенного магнетизма» (напряженности магнитного поля в железе): короткая намагничива-

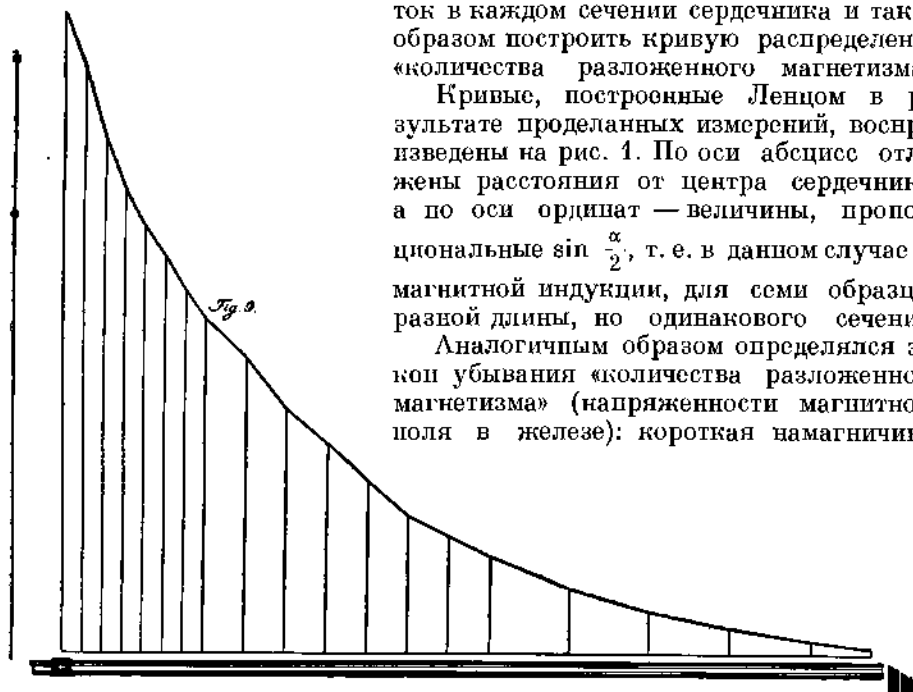


Рис. 2. Кривая убывания магнитного потока в сердечнике за пределами намагничивающей катушки

ющая катушка укреплялась посредине сердечника, а измерительная передвигалась вдоль образца. Искомую зависимость (рис. 2) авторы записали в виде

$$\lg M = a - bx,$$

где M — «количество разложенного магнетизма», или поток через измерительную катушку, x — расстояние между серединами намагничивающей и измерительной катушек, a и b — экспериментальные константы (вертикальные линии показывают, какой длины была измерительная катушка).

⁵⁹ Действительно, $I = \frac{1}{4\pi} (B - H)$, где B и H — значения напряженности магнитного поля в магнетике и в вакууме (в сердечнике и в воздухе) соответственно. Но B измеряется величиной $\sin \frac{\alpha}{2}$, а $H = \sin \frac{\alpha_1}{2}$; поэтому I пропорционально $\sin \frac{\alpha}{2} - \sin \frac{\alpha_1}{2}$.

⁶⁰ Э. Х. Ленц. Избр. труды, стр. 312.

Такого рода кривые снимались Ленцом и Якоби впервые в истории физики.

Тем же способом изучалась зависимость магнитного потока от длины образца, доказывалась независимость его от толщины и материала проволоки, диаметра витков катушки.

Приоритет количественного изучения законов намагничивания железа током принадлежит Ленцу и Якоби, автор метода — Ленц.

В 1847 г. этим методом воспользовался Ван Рис⁶¹, в 1855 г. Вебер⁶², в 1864 г. Квинтус-Ицилиус⁶³, а в 1871 г. А. Г. Столетов в своей докторской диссертации «Исследование о функции намагничения мягкого железа» существенно усовершенствовал метод Ленца, заменив цилиндрический сердечник тороидальным. Само собой разумеется, что Столетов измерял уже не относительные величины, а абсолютные. Он был непосредственно знаком с работами Ленца и Якоби, о чем свидетельствуют прямые ссылки⁶⁴. Современный метод измерения магнитной индукции также принципиально не отличается от метода Ленца.

Исследуя подъемную силу постоянных магнитов, Ленц установил, что подъемная сила постоянного магнита, сложенного из нескольких отдельных магнитов, меньше, чем сумма подъемных сил каждого в отдельности, т. е. установил наличие размагничивающего фактора, связанного с формой магнита⁶⁵.

В 1839 г. Ленц совместно с Якоби установил, что подъемная сила электромагнита пропорциональна квадрату силы намагничивающего тока⁶⁶. В действительности она определяется магнитной индукцией, но в условиях опытов Ленца и Якоби последняя была пропорциональна магнитному полю тока.

Весьма плодотворным было применение Ленцом баллистического метода при изучении зависимости электропроводности металлов от температуры⁶⁷. Тепловые измерения были выполнены с той же тщательностью, что электромагнитные, и в результате Ленц получил искомый закон в виде

$$\gamma_t = \gamma_0 + \gamma_1 t + \gamma_2 t^2,$$

где γ — удельная электропроводность металла при температуре t , γ_0 , γ_1 , γ_2 — константы, определявшиеся из опыта для каждого металла (γ_1 всегда оказывалась отрицательной). Приоритет Ленца в установлении этого закона недостаточно широко известен — обычно упоминаются более поздние работы Беккереля и Маттисена. Через несколько лет Ленц определил коэффициенты γ_0 , γ_1 , γ_2 еще для трех металлов⁶⁸.

⁶¹ Van R e e s. Über die Verteilung des Magnetismus in Stahlmagneten u. Elektromagneten.— «Ann. Phys. u. Chem. v. Poggendorf», Bd. 70, 1847, стр. 1—24.

⁶² W e b e r. Bestimmung der erdmagnetischen Kraft in Göttingen, 1855, стр. 24.

⁶³ Q u i n t u s - I c i l i u s. Einige Versuche über Abhängigkeit der Stärke temporärer Magnete von der Grösse d. magnetisierenden Kraft.— «Ann. Phys. u. Chem. v. Poggendorf», Bd. 121, 1864.

⁶⁴ А. Г. С т о л е т о в. Собр. соч., т. I, 1939, стр. 86, 102.

⁶⁵ Э. Х. Л е н ц. О силе магнита по отношению к силе отдельных магнитов, из которых он составлен (Доложено 4 октября 1833 г.)— «Mém. de l'Acad. imp. des sciences de St.-Pétersb.», sciences mathém. et phys., série VI, vol. I, 1838, стр. 1113 (livr. 1, 1835), «Bull. Sc.», № 1, стр. VIII.

⁶⁶ «О притяжении электромагнитов». В кн.: Э. Х. Л е н ц. Избр. труды, стр. 341—358.

⁶⁷ Э. Х. Л е н ц. Об электропроводности металлов при различных температурах. «Mém. de l'Acad. imp. des sciences de St.-Pétersb.», sciences mathém., phys. et natur., série VI, vol. II, 1833, стр. 631—655.

⁶⁸ Э. Х. Л е н ц. Об электропроводности золота, свинца и олова при различных температурах.— «Mém. de l'Acad. imp. des sciences de St.-Pétersb.», sciences mathém. et phys., série VI, vol. I (III), 1838 (livr. 5 oct.).

Сравнением результатов Ленца с современными наглядно подтверждается его исключительное мастерство. На рис. 3 и 4 изображены кривые температурной зависимости сопротивления для ряда металлов по данным «Технической энциклопедии» для чистых металлов⁶⁹, по «Электротехническому справочнику»⁷⁰ и по Ленцу, который пользовался не химически чистыми металлами, а обычными, применявшимися в русской технике.

За единицу взято удельное сопротивление меди при 20° С (Ленц за единицу брал удельное сопротивление меди при температуре опыта

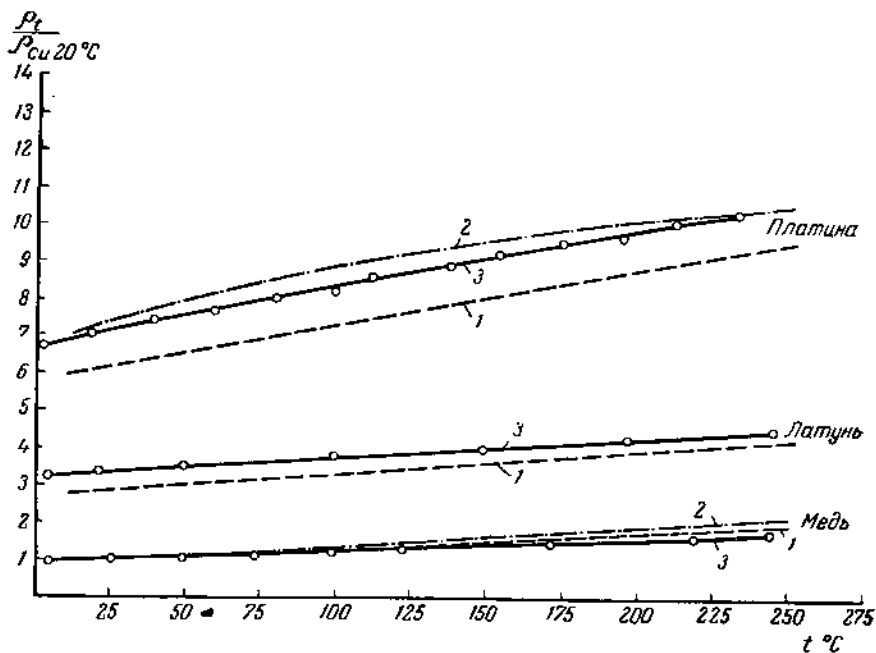


Рис. 3. Кривые температурной зависимости сопротивления платины, латуни и меди, отнесенные к сопротивлению меди при 20°:

1 — по «Электротехническому справочнику»; 2 — по «Технической энциклопедии»; 3 — по Ленцу

а затем приводил все результаты к одной температуре, пользуясь тут же установленным законом температурной зависимости сопротивления для меди).

Отклонение данных Ленца от современных, легко объяснимос различием в составе и процентах примесей, замечательным образом оказывается меньше отклонения друг от друга современных технических и физических констант.

Уже тогда Ленц поставил вопрос о сложности расчета цепи тока в связи с тепловыми явлениями: при нагревании изменяется сопротивление, а зависимость количества тепла, развивающегося в цепи при прохождении тока, от его силы и от сопротивления еще не была известна. С той же трудностью Ленц столкнулся при проверке явления Пельтье⁷¹. Он указал, что эффект охлаждения спая может маскироваться сильным выделением

⁶⁹ «Техническая энциклопедия. Справочник», т. IV, 1930, стр. 334—335.

⁷⁰ «Электротехнический справочник». М.—Л., 1946, стр. 60.

⁷¹ Э. Х. Ленц. О некоторых опытах из области гальванизма.— «Bull. scientifique de l'Acad. imp. des sciences de St.-Petersb.», vol. III, 1838, стр. 321.

тепла в висмутовой проволоке⁷², по подсчитать количества выделяющегося тепла не мог. Проблема построения эталона сопротивления, поставленная Ленцом еще в 1833 г., также требовала знания точного закона взаимосвязи тепловых и электрических величин в цепи тока.

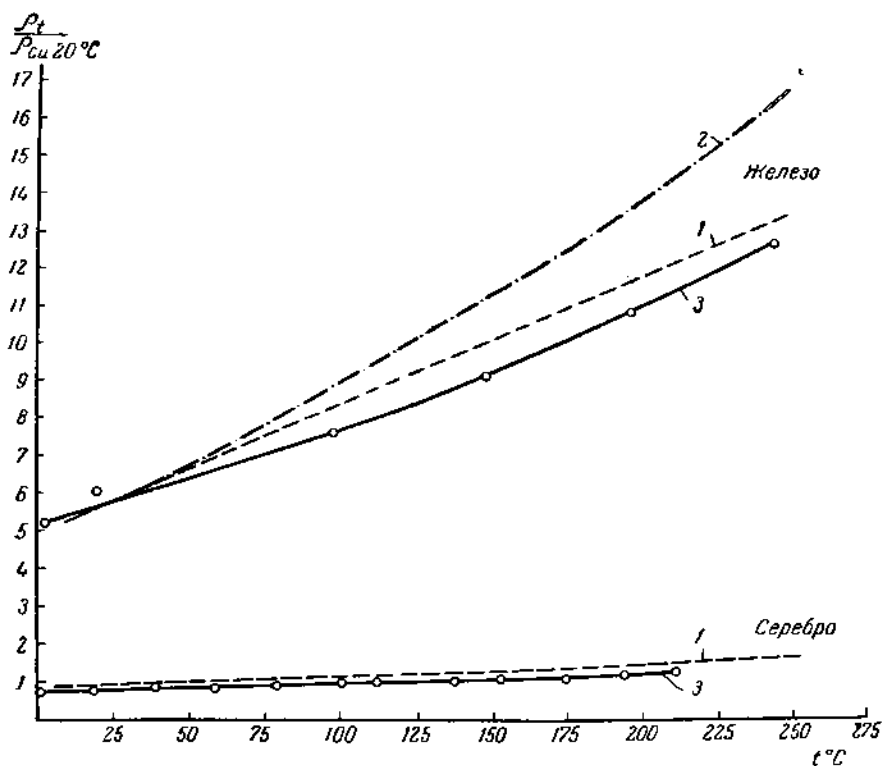


Рис. 4. Кривые температурной зависимости сопротивления для железа и серебра, отнесенные к сопротивлению меди при 20°:

1 — по «Электротехническому справочнику»; 2 — по «Технической энциклопедии»; 3 — по Ленцу

Таким образом, Ленц пришел к установлению закона теплового действия тока своим собственным путем, независимо от Джоуля. Он начал свое исследование раньше, но большая требовательность его к методике и приборам растянула опыты на несколько лет и привела к тому, что работа Джоуля была опубликована первой. Однако сравнение статей Джоуля⁷³

⁷² Понимание этого явления дало ему возможность поставить опыт так, чтобы избежать ошибок тех физиков, которые не сумели воспроизвести эффект охлаждения спая и подвергли сомнению существование эффекта, казавшегося весьма неправдоподобным. Сообщение о произведенном Ленцом замораживании воды электрическим током было перепечатано в немецких, французских и английских журналах. Насколько туманны были представления о термоэлектрических явлениях, можно судить по заключительным словам статьи неизвестного автора об опытах Ленца: «Чему приписать... охлаждающую силу электрической струи, вытекающей из висмута? Висмуту или хамелеонской способности электричества производить без видимой причины то жар, то холод?» («Библиотека для чтения», т. 28, СПб., 1838, № 53, стр. 44—45).

⁷³ J. P. Joule. On the heat evolved by metallic conductors of electricity and in the cells of a battery during electrolysis.—«Philosophical Magazine», série 3, vol. XIX, London, 1841, p. 260.

и Ленца⁷⁴ убеждает в том, что честь бесспорного, исчерпывающего доказательства закона принадлежит Ленцу. Джоуль приводит всего четыре единичных измерения для обоснования закономерности $Q \sim R$ и пять измерений для обоснования $Q \sim I^2$. Он пользовался тангенс-гальванометром до углов порядка 60° , а Ленц показал, что пропорциональность тока тангенсу угла отклонения стрелки справедлива лишь до 40° . Академик Гессе⁷⁵ выяснил, что опыты Джоуля содержат количественные ошибки в подсчете теплоты растворения, которую требовалось исключить; Ленц же проделал огромную предварительную работу по всестороннему изучению применявшихся инструментов и теоретическому обоснованию своего метода, а затем провел 16 рядов наблюдений для разных металлов. Приборы, применявшиеся им в этих опытах, были изобретены в России и усовершенствованы по указаниям Ленца (гальванометр Нервандера, агометр Якоби).

Авторы статей о Ленце обычно бегло останавливаются или совсем не пишут о его работах по изучению законов прохождения тока через проводники второго класса⁷⁶.

Опыты Фехнера⁷⁷ показали, что сила тока в цепи, содержащей электролитическую ванну, получается меньшей, чем требуется согласно закону Ома. Этот факт может быть объяснен двояко: появлением обратной электродвижущей силы или добавочного сопротивления; Фехнер остановился на втором предположении и ввел понятие о «сопротивлении перехода» на границе металл—электролит.

Первая попытка Ленца решить вопрос о существовании «сопротивления перехода» при помощи баллистического метода привела его к северному заключению⁷⁸. Наблюдая уменьшение силы тока при замене медных электродов платиновыми, он приписал его разнице в сопротивлениях перехода для этих двух металлов; он считал, что поляризация не успевала возникнуть из-за «мгновенности» тока. Однако Ленц отмечал, что надежность его измерений была не вполне достаточной. Впоследствии его ученик А. С. Савельев⁷⁹ правильно объяснил это обстоятельство: в этих опытах Ленц не имел права применять баллистический метод, так как поляризация не только успевала возникнуть, но и давала ток обратного направления, продолжавшийся значительно дольше первичного индукционного тока.

Ленц недолго пользовался гипотезой Фехнера. Приступая к исследованию зависимости количества тепла от сопротивления цепи при прохождении через нее электрического тока⁸⁰, Ленц считал себя обязанным выяснить, нужно ли при введении в цепь электролитической ванны прибавлять

⁷⁴ «О законах развития тепла гальваническим током», ч. 1. В кн.: Э. Х. Л е н ц. Избр. труды, стр. 361—449.

⁷⁵ Г. Г е с с е. Термохимические исследования.— «Bull. scientifique de l'Acad. imp. des sciences de St.-Petersb.», vol. X, 1842, стр. 161—181. Соответствующие расчеты Гессе на стр. 181.

⁷⁶ Забвение этих работ Ленца сказалось в книге А. Ф. Капустинского, который, говоря об электрохимии, упомянул работы Р. Э. Ленца, но о его отце написал только, что у него учился Д. И. Менделеев (А. Ф. К а п у с т и н с к и й. Очерки по истории неорганической и физической химии в России. М.—Л., 1949).

⁷⁷ G. T. F e h n e r. Maassbestimmungen über die galvanische Kette. Leipzig, 1831.

⁷⁸ Э. Х. Л е н ц. Замечания по поводу некоторых пунктов из учения о гальванизме.— «Bull. scientifique de l'Acad. imp. des sciences de St.-Petersb.», vol. I, 1836, стр. 169—173.

⁷⁹ А. С. С а в е л ь е в. О явлениях поляризации в гальванической цепи. СПб., 1845, стр. 27.

⁸⁰ Э. Х. Л е н ц. Избр. труды, стр. 386—411.

сопротивление перехода или следует ограничиться сопротивлением слоя жидкости, подчиняющимся закону Ома ($R = \rho \frac{L}{S}$).

Ленц подошел к решению этого вопроса во всеоружии экспериментальной техники, созданной к 1840 г. трудами преимущественно русских физиков.

На рис. 5 А — агометр⁸¹, изобретенный Якоби в 1840 г. и усовершен-

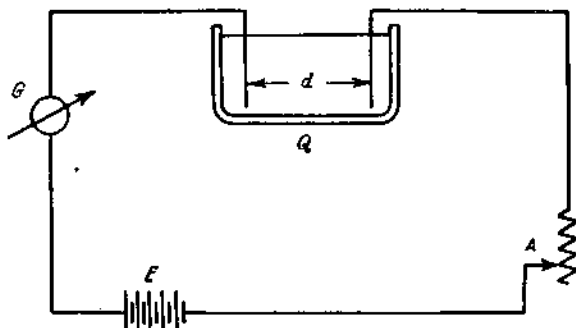


Рис. 5. Схема экспериментальной установки Ленца для измерения электродвижущей силы поляризации

ствованный по совету Ленца в 1842 г.; G — тангенс-буссоль, изобретенная профессором Гельсингфорского университета Нервандером в 1833 г. и значительно усовершенствованная по указаниям Ленца; E — батарея из 24 элементов Даниэля (изобретена в 1836 г.).

Обозначим:

ε — э. д. с. батареи;

ε_p — э. д. с. поляризации;

R_a — сопротивление включенной части агометра;

R — сопротивление гальванометра, батареи, соединительных проводов;

r — сопротивление слоя жидкости единичной длины;

d — расстояние между электродами;

L — «сопротивление перехода».

При выключенной ванне Q

$$I = \frac{\varepsilon}{R + R_a}. \quad (1)$$

При включенной — подбиралось такое сопротивление агометра, чтобы сила тока оставалась прежней:

$$I = \frac{\varepsilon - \varepsilon_p}{R + R_a + r \cdot d + L},$$

или, что то же,

$$I = \frac{\varepsilon}{R + R_a + r \cdot d + L + \frac{\varepsilon_p}{I}}. \quad (2)$$

Из (1) и (2) следует:

$$R_a - R'_a = r \cdot d + \frac{\varepsilon_p}{I} + L.$$

⁸¹ Агометр — это резистор из калиброванной проволоки; вращением барабана выключается в цепь вполне определенная часть этой проволоки, длина которой отсчитывается по шкале. Подробнее см. в кн.: «Очерки работ русских по электротехнике с 1800 по 1900 год». Ред. М. Ковальский. СПб., 1900.

Комбинируя попарно опыты с разными расстояниями между электродами, Ленц определял $r \cdot d$, вычитал его из $R_a - R'_a$ и таким образом получал значение величины $\frac{e_p}{I} + L$, которую он и должен был исследовать. Эта величина во всех случаях ⁸² оказывалась пропорциональной $\frac{1}{I}$. Изменяя поверхность электрода, Ленц убедился в том, что в широких пределах изучаемая величина не зависит от поверхности электрода. Таким образом, он показал, что если «сопротивление перехода» существует, то оно обратно пропорционально силе тока и не зависит от величины поверхности электрода. В связи с полным несоответствием этих фактов свойствам обычных сопротивлений и недостаточностью объяснения при помощи электродвижущей силы поляризации, Ленц предложил вычеркнуть сопротивление перехода из числа величин, рассматриваемых в физике.

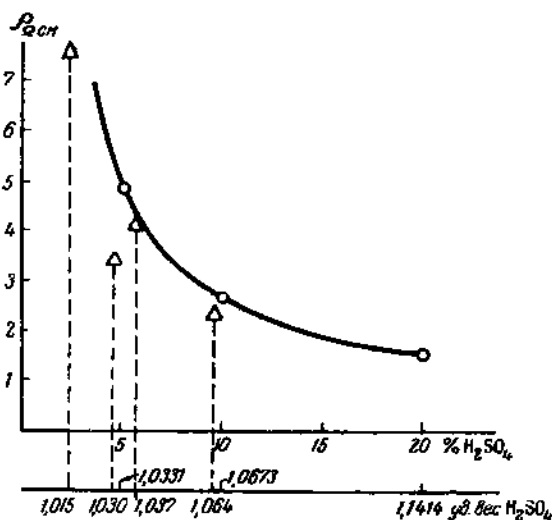


Рис. 6. Удельное сопротивление серной кислоты при различных концентрациях. Кружки на кривой — данные «Технической энциклопедии»; треугольники — данные Ленца

При решении вопроса о существовании сопротивления перехода Ленц попутно измерял омическое сопротивление налитого в ванну электролита. Он приводит числа, выражающие удельное сопротивление разбавленной серной кислоты при различной концентрации. Благодаря исключительно тщательному определению величин, приписавшихся Ленцом за единичные⁸³, эти числа оказывается возможным сравнить с современными данными; в отличие от кривых, изображенных на рис. 3 и 4, на рис. 6 сравниваются не относительные, а абсолютные числа. По оси абсцисс откладывалась концентрация серной кислоты, а по оси ординат — удельное сопро-

⁸² Были проведены четыре серии измерений с различными электродами и электролитами.

⁸³ Электродвижущая сила одного элемента Давиеля = 47,16 единицы Ленца = = 1,09 V. Единица силы тока, применявшаяся Ленцом, — 0,0976 A (за 1 час при силе тока, равной 1, выделялось 41,16 см³ гремучего газа). Отсюда единица сопротивления = 0,237 Ω.

тивление раствора в $\Omega \cdot \text{см}$. Точки принадлежат Ленцу⁸⁴, а кривая взята из «Технической энциклопедии»⁸⁵.

Что касается электродвижущей силы поляризации (имеется в виду максимальная поляризация), то Ленц на основании своих экспериментов установил следующие законы:

1. Поляризация возникает мгновенно с полной силой при появлении тока.

2. Она не зависит от силы тока.

3. Она не зависит от величины электродов, если последние превосходит известную величину, более значительную для более сильных токов.

4. Она зависит от природы электродов и находящейся в соприкосновении с ними жидкости, но не зависит от концентрации раствора (например, разбавленной серной кислоты)⁸⁶.

Через два года появилась совместная работа Ленца и Савельева по исследованию законов электролитической поляризации и численному измерению электродвижущих сил⁸⁷. Авторы отдавали себе отчет в сложности явлений у поверхности электродов и ограничили свою задачу. «Целесообразно различать, — писали они, — два вида поляризации, что не всегда тщательно делается, а именно изменение электродвижущей силы при химическом изменении электродных пластин и своеобразное действие на платину выделяющихся газов, которое нельзя назвать химическим в обычном смысле и которое, как известно, в большой степени замечается на платиновых электродах, погруженных в разбавленную кислоту. Мы только это последнее действие назовем поляризацией пластин, а первое обозначим более общим названием — уменьшением электродвижущей силы»⁸⁸. В этой работе сформулированы следующие законы:

5. Поляризация не имеет места, если нет выделения газов.

6. Поляризация равна сумме поляризаций на обоих электродах.

7. Поляризация и первоначальная электродвижущая сила суммируются алгебраически в каждом элементе.

8. Различные комбинации металлов с жидкостями допускают расположение в определенный ряд по электродвижущим силам, причем каждая следующая электродвижущая сила положительна относительно предыдущей и выражается определенным числом, так что электродвижущая сила от пары произвольных комбинаций будет выражаться разностью относящихся к ним чисел⁸⁹.

Из восьми законов, сформулированных Ленцом, четыре лежат в основе современной электрохимии (1, 6, 7, 8), три верны в ограниченных условиях (2, 3, 4), и лишь одно его предположение не подтвердилось (5). Что касается количественной стороны полученного Ленцом и Савельевым ряда, то здесь нельзя ждать хорошего совпадения с современными данными, так как только в 20-х годах нашего века работами советских ученых Изгарышева, Фрумкина, Темкина, Плескова было показано, какое огромное влияние на величину поляризации (перенапряжения) имеют примеси в растворах и особенно недостаточная чистота поверхности электродов, что в XIX и в начале XX в. не учитывалось. Однако для того времени значение работы, давшей первый ряд электродных потенциалов и э. д. с. поляризации на

⁸⁴ Э. Х. Ленц. Избр. труды, стр. 398.

⁸⁵ «Техническая энциклопедия», т. XX, 1933, стр. 553.

⁸⁶ Э. Х. Ленц. Избр. труды, стр. 411.

⁸⁷ Э. Х. Ленц и А. С. Савельев. О гальванической поляризации и электродвижущей силе в гидроцеях. — «Bull. phys.-mathém. de l'Acad. imp. des sciences de St.-Petersb.», vol. V, 1847, стр. 1—28.

⁸⁸ Там же, стр. 3.

⁸⁹ Там же, стр. 27.

границе металл — электролит, было огромно⁹⁰. Преводы ее или рефераты появились в ряде зарубежных журналов.

В 1852 г. Ленц опубликовал работу по определению законов распространения тока через жидкость при условии, когда ширина слоя может считаться беспредельной, и пришел к выводу, что сопротивление слоя прямо пропорционально квадратному корню из расстояния между электродами. Эта зависимость не носит общего характера, но постановка вопроса о характере распространения тока при различных соотношениях между размерами и формой электродов и сосуда принадлежит Ленцу. В том же направлении вел работу его ученик А. С. Савельев⁹¹ в Казани.

Из менее значительных работ Ленца следует упомянуть установление им закона разветвления тока для параллельно соединенных участков цепи с сопротивлениями $R_1 \dots R_n$ и электродвижущими силами $E_1 \dots E_n$ ⁹². Силу тока в участке m Ленц выразил следующим образом:

$$I_m = \frac{\varepsilon_m \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_{m-1}} + \frac{1}{R_{m+1}} + \dots + \frac{1}{R_n} \right)}{R_m \left(\frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_n} \right)} - \frac{\left(\frac{\varepsilon_1}{R_1} + \dots + \frac{\varepsilon_{m-1}}{R_{m-1}} + \frac{\varepsilon_{m+1}}{R_{m+1}} + \dots + \frac{\varepsilon_n}{R_n} \right)}{R_m \left(\frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_n} \right)}$$

Кирхгоф вывел свои общие законы разветвления токов через четыре года. Трудно допустить, что он не был знаком с результатами Ленца, статья которого была подробно реферирована в распространенном немецком издании⁹³.

Те исследования Ленца, которые уже были рассмотрены, дают представление о новаторском характере его научного творчества. Новаторство заключалось не в «случайном» открытии каких-либо эффектов, а в планомерном изучении электромагнитных явлений путем создания глубоко продуманных оригинальных методов, которые при блестящем экспериментальном мастерстве Ленца не могли не привести к установлению новых законов.

Тесная связь науки и практики ярко выявляется в тех исследованиях Ленца, которые производились по прямому заказу русской электротехники, например, в случае установления законов намагничивания; но

⁹⁰ Приведем пример. Первое измерение максимальной поляризации платины кислородом и водородом, сделанное Ленцом и Савельевым, дало 2,34 даниеля. В 1881 г. П. П. Слугинов подсчитал среднее по 43 авторам — 2,3 даниеля. В 1891 г. Савинов определил это число равным 2,31.

⁹¹ Об электрохимических исследованиях А. С. Савельева писал И. И. Искольдский в статье «Забытые русские электрохимиики-физики XIX века» («Природа», 1950, № 1, стр. 79—83). В этой статье содержатся некоторые неточности: 1) Савельев проводил свои экспериментальные исследования в физическом кабинете Академии Наук, а не Петербургского университета; 2) приписка за редакционный промах утверждение, что Савельев начал изучать явление поляризации задолго до того, как впервые познакомился с этим явлением (стр. 81, столб. 2, абзацы 2—3), следует отметить, что автор, желая, видимо, затуманить роль Ленца в формировании научных интересов Савельева, совсем не упомянул о приведенных нами важных результатах, которые были получены в их совместной работе. Эти результаты, разумеется, в равной мере принадлежат обоим авторам, и без них заслуги Савельева в разработке основ электрохимии оказываются преуменьшенными.

⁹² Э. Х. Ленц. О силе токов в системе параллельно соединенных гальванических цепей.— «Bull. phys.-mathém. de l'Acad. imp. des sciences de St.-Petersb.», vol. III, 1845, стр. 67—74.

⁹³ Н. Dove u. L. Moser. Repetorium der Physik, Bd. VII, Berlin, 1847.

и в следующий период, когда Ленц по собственной инициативе продолжал лабораторные исследования, он никогда не уклонялся от рассмотрения тех выводов, которые казались важными с точки зрения конструирования и усовершенствования приборов и машин.

Свыше десяти лет Ленц занимался изучением режима работы магнито-электрической машины; опыты проводились с наиболее совершенной по тому времени магнито-электрической машиной Штерера. Содержание трех статей, суммирующих результаты этой работы, гораздо шире, чем можно предполагать, судя по названию: «О влиянии скорости вращения на индукционный ток, производимый магнито-электрическими машинами»⁹⁴.

В первой части, доложенной академическому собранию 3 декабря 1847 г., Ленц сообщает об открытии явления реакции якоря и указывает на необходимость передвижения щеток машины в направлении вращения на тем больший угол, чем выше скорость вращения. Ленц дал графическое изображение явления, объясняя его появлением вторичного тока, возбуждаемого «магнетизмом» первичного тока и сдвинутого по фазе на четверть периода.

Мы не можем согласиться с утверждением Д. В. Ефремова⁹⁵ о том, что приоритет разъяснения явлений реакции якоря принадлежит Б. С. Якоби. В статье, доложенной Петербургской Академии Наук 6 февраля 1846 г. и цитируемой Д. В. Ефремовым, Якоби говорит о возможности влияния на электродвижущую силу машины магнитного поля тока, возникающего в якоре при его движении, согласно закону Ленца. Но предположение Якоби о линейной зависимости между индуцируемой электродвижущей силой и разностью магнитных полей постоянного магнита и тока показывает, что Якоби еще не понимал сущности явления, ибо в действительности электродвижущая сила пропорциональна не магнитному полю, а его производной во времени. Якоби не подозревал о существовании сдвига нейтральной линии машины, открытого впервые Ленцом и им же объясненного. Тогда же Ленц указал, что появление вторичного тока не изменяет средней силы тока за период, и экспериментально доказал, что при увеличении активного сопротивления внешней цепи электродвижущая сила машины почти не меняется. Незадолго до того Якоби, не предпринимавший столь обстоятельных исследований, получил из своих опытов обратный вывод — якобы электродвижущая сила машины пропорциональна сопротивлению внешней цепи. Ленц объяснил ошибку Якоби, как и неудачу попытки полковника Евреинова применить магнито-электрическую машину для гальванопластики⁹⁶, неправильным положением щеток, или, как выражался Ленц, коммутатора.

Во второй и третьей частях Ленц решил проблему создания метода изучения формы переменного тока, генерируемого в магнито-электрической машине. Для этой цели он изобрел два коммутатора: первый только вырезал узкий участок тока, а второй одновременно выпрямлял ток и обеспечивал регулировку ширины вырезаемого участка. Так впервые в истории физики и электротехники были построены кривые зависимости величины переменного тока от времени. До изобретения осциллографа подобный метод применялся на практике, но связывался с именем французского физика Жубера. Каким образом оказался забытым приоритет Ленца? Жубер в своем сообщении Парижской академии предлагал свой метод

⁹⁴ Э. Х. Ленц. Избр. труды, стр. 161—239.

⁹⁵ Сб. «Вопросы истории отечественной науки», стр. 234.

⁹⁶ Неполное выпрямление тока приводило к разрыхлению слоя меди на катоде.

как совершенно новый⁹⁷. Трудно сказать, действительно ли он не знал об изобретении Ленца.

Вторая часть исследования Ленца, где уже дан первый вариант коммутатора, была перепечатана в одном из наиболее распространенных журналов того времени под редакцией Поггендорфа за двадцать лет до «изобретения» Жубером его диска⁹⁸.

Почему приоритет Ленца не был восстановлен в статьях русских авторов? Савельев писал свою статью до появления третьей части исследования Ленца, содержащей описание наиболее совершенной модели коммутатора. Лебединский, повидимому, ориентировался на работу Савельева и, не имея полной библиографии трудов Ленца, пропустил эту ценную статью.

Характерно для Ленца его критическое отношение к работам зарубежных физиков. Каждое новое и важное открытие или утверждение в интересовавшей его области он проверял собственными опытами, если сообщение вызывало у него сомнения. В 1832 г. он выступил против профессора Берлинского университета Мунке, объяснявшего термозлектричеством стеклянного колпака движение коромысла крутильных весов при освещении солнцем. Ленц воспроизвел его опыты, поставил свои и опроверг утверждение Мунке. В том же году он дал правильное объяснение опытам Нобили и Антинори, истолкованным авторами как доказательство зависимости индукционных явлений от материала проволоки. В 1833 г. своим законом обратимости Ленц опроверг закон Ритчи прямо противоположного содержания. В 1839 г. он проделал целый ряд опытов, чтобы отвергнуть ложные идеи де ля Рива о существовании отличия в свойствах токов в зависимости от их происхождения. В 1853 г. он разоблачил несостоятельную критику Синстедена, пытавшегося с реакционных позиций опровергнуть объяснение реакции якоря, данное Ленцом. Он разъяснил также ряд ошибок Фехнера, Вебера и Якоби.

Ленц стал защитником и пропагандистом закона Ома лишь после того, как убедился в его справедливости на собственных опытах. В 1863 г. Ленц выразил желание заскочить в Гейдельберг во время своей командировки за границу по вопросам вентиляции. Необходимость этого визита, как говорится в официальном ходатайстве факультета о командировании Ленца, связана с появлением работы Гельмгольца по теории звука: «В этом сочинении он первый дал, по мнению профессора Ленца, вполне удовлетворительное объяснение физических условий для произведения разных гласных букв и доказал справедливость своего объяснения тем, что произвел гласные буквы посредством созвучия разных камертонов. Так как ощущение звука есть явление чисто субъективное, то профессор Ленц желал бы удостовериться собственными ушами в справедливости результатов, получаемых помощью прибора Гельмгольца»⁹⁹.

Такая недоверчивость Ленца к чужим работам имела основания, так как отсутствие твердо установившейся терминологии, единиц и эталонов в 30-х — 50-х годах XIX в. мешало четко излагать методы и результаты исследования.

Ленц, раньше других ставший на путь количественного исследования электромагнитных явлений, отчетливо понимал необходимость создания международной системы электромагнитных единиц.

⁹⁷ Joubert. Sur les courants alternatifs et la force électromotrice de l'arc électrique.— «Comptes Rendus Acad. Sci.», Paris, vol. 91, 1880, стр. 161—164, 468—470, 493—495.

⁹⁸ Э. Х. Ленц. О влиянии скорости вращения на индукционный ток, возбуждаемый магнито-электрической машиной.— «Ann. Phys. u. Chem. v. Poggendorf», Bd. 92, Leipzig, 1854, стр. 138—152.

⁹⁹ Лен. обл. историч. архив, ф. 14, св. 61, д. 4678, л. 131—132.

Комплекс научных исследований Ленца тесно связан с одной из центральных проблем физики середины XIX в. — с установлением закона сохранения и превращения энергии. Известно, какое большое значение придавал Энгельс этому великому закону природы, называя его в числе трех естественнонаучных открытий, способствовавших формированию диалектико-материалистического мировоззрения. Еще древние атомисты и Декарт подходили к формулировке этого закона, исходя из общепhilософских соображений, говоря о сохранении материи и движения. В механике он был известен как так называемая теорема живых сил. Ломоносов всесторонне подчеркивал универсальность идеи сохранения материи и движения и, создав механическую теорию тепла, распространил этот закон на тепловые явления. Борясь против гипотез о невесомых жидкостях, он намного опередил своих современников.

Ленц, занимавшийся электромагнитными явлениями, непрерывно сталкивался с взаимным превращением электрической, тепловой, механической, химической энергии.

Он доказал три частных случая закона сохранения энергии, связанных с превращениями электромагнитной энергии.

Знаменитое правило Ленца, которое правильнее называть законом, как называли сам Ленц и его современники, указывало на глубокую связь между явлениями незадолго до того открытой электромагнитной индукции и законами механического взаимодействия токов и магнитов, уже изученными и математически обработанными Ампером. В первоначальной формулировке (1833) закон Ленца гласит: «Если металлический проводник движется вблизи электрического тока или магнита, то в нем возбуждается гальванический ток такого направления, что он мог бы обусловить, в случае неподвижности данного проводника, его перемещение в противоположную сторону, причем предполагается, что такое перемещение может происходить только в направлении движения или в направлении прямо противоположном»¹⁰⁰.

Этот закон был доказан Ленцом сопоставлением семи опытов возбуждения индукционных токов с соответствующими семью опытами механического взаимодействия токов и магнитов. Ленц использовал описанные в печати опыты Ампера, Фарадея, Эрстеда, Барлоу и де ля Рива, а в тех случаях, когда опыта для сравнения не доставало, ставил его сам.

Помимо своего прямого назначения — дать метод определения направления индукционных токов сведением задачи к предыдущей, уже решенной Ампером¹⁰¹, закон Ленца одновременно имеет важное практическое

¹⁰⁰ «Электродвигатель в его историческом развитии. Сб. документов и материалов». Составители Д. В. Ефремов и М. И. Радовский. М., 1936, стр. 94—110.

¹⁰¹ Как известно, Фарадей в своих экспериментальных исследованиях не дал общего правила для определения направления индукционных токов, а предложил отдельные способы для частных случаев. Правило Ленца охватывает все случаи индукции при движении проводников или магнитов. В 1906 г. В. Ф. Миткевич обобщил закон Ленца как закон сохранения магнитного потока: всякому внешнему действию, направленному к изменению магнитного потока через контур, противодействует не только появляющаяся электродвижущая сила индукции, но и механическое движение проводника, если он жестко не закреплен («Журн. Русск. Физ.-хим. об-ва», т. 38, 1906, вып. 3, стр. 227). Следует заметить, что подобный эффект наблюдался Ленцом и Якоби еще в 1838 г. В статье «Об одном явлении, наблюдавшемся при работе с большой батареей Волластона», опубликованной в т. V академического бюллетеня в 1839 г., Ленц сообщил, что металлические скобы, соединявшие чашки с ртутью и никак не закрепленные, при включении достаточно сильного тока с треском выскакивали из чашек. Это явление легко объясняется открытым Ленцом законом в формулировке Миткевича, но сам Ленц решил, что оно подтверждает одно из следствий теории Ампера о взаимном отталкивании элементарных токов, один из которых является продолжением другого.

значение как принцип обратимости электродвигателя и генератора электрического тока. Об этом писали Д. В. Ефремов и М. И. Радовский¹⁰² в редакционном вступлении к публикации соответствующей работы Ленца, но при этом они утверждали, что открытие принципа обратимости Ленцом связано с его совместной работой с Якоби, и приписали приоритет практического обращения двигателя и генератора Пачинотти (1860). В действительности Ленц сформулировал свой закон совершенно самостоятельно (за два года до создания первого двигателя Якоби и за четыре года до приезда Якоби в Петербург) и в 1838 г., за двадцать два года до Пачинотти, практически обратил первую магнито-электрическую машину с выпрямлением тока — машину Шиксии — в двигатель, заставив ее вращаться под действием тока гальванической батареи. Этот опыт был поставлен в присутствии Якоби. В краткой заметке с описанием опыта Ленц дал новую формулировку своего закона, еще ярче выражающую закон обратимости: «Каждый электромагнитный опыт может быть обращен таким образом, что он приведет к соответствующему магнито-электрическому опыту. Для этого нужно только сообщить проводнику гальванического тока каким-либо иным образом то движение, которое он совершает в случае электромагнитного опыта; тогда в нем возникнет ток, направление которого противоположно направлению тока в электромагнитном опыте»¹⁰³.

О том, что закон Ленца в неясной форме выражает закон сохранения энергии при взаимных превращениях электромагнитной и механической энергии, упоминали все авторы, писавшие о научных заслугах Ленца. Идея количественного сохранения выявляется только после соответствующей математической обработки (Гельмгольца, 1847 г.), но очевидная взаимопревращаемость механической и электромагнитной энергии, вытекающая из закона Ленца, нанесла серьезный удар по метафизическим гипотезам об электрических и магнитных жидкостях.

Количественная формулировка сохранения энергии при превращении химической энергии, затрачиваемой в гальванической батарее, в электромагнитную энергию (намагничивание железа) дана Ленцом и Якоби в работе, посвященной изучению законов намагничивания в целях разумного усовершенствования электродвигателя. Было показано, что максимальная величина намагничивания определяется количеством растворенного в батарее металла при равенстве внешнего и внутреннего сопротивлений и не зависит от конструктивных особенностей цепи. Этот вывод имел и философское и практическое значение, так как иллюзии о возможности получения даровой работы при помощи электромагнетизма благодаря нецентральному характеру электромагнитных взаимодействий были в то время широко распространены.

Еще более четко был сформулирован закон сохранения энергии для случая превращения химической энергии в тепловую через электромагнитную в работе по установлению закона теплового действия тока. Ленц не просто констатировал пропорциональность количества выделяющегося в единицу времени тепла квадрату силы тока и сопротивлению проводника, но, обработав математически полученную формулу, показал, что количество тепла, развивающегося в данном объеме металла, определяется количеством растворенного в батарее цинка независимо от формы провод-

¹⁰² Д. В. Ефремов и М. И. Радовский. Электродвигатель в его историческом развитии, стр. 94.

¹⁰³ Э. Х. Ленц. О некоторых опытах из области гальванизма. — «Bull. scientifique de l'Acad. imp. des sciences de St.-Petersb.», vol. III, 1838, стр. 325—326. (Доложено на собрании отделения 19 января 1838 г.)

ника и устройства батареи при равенстве сопротивлений батареи и проводника.

Ход рассуждений его был следующим.

Обозначим: Q — количество тепла, q — размерный коэффициент пропорциональности, R_e — сопротивление проволоки, R_i — сопротивление батареи, I — сила тока, S — полная поверхность электродов батареи, λ — внутреннее сопротивление элемента при единичной площади, z — число элементов батареи, E — э. д. с. одного элемента, ρ — удельное сопротивление металла, v — его объем, x — диаметр проволоки, вытянутой из данного металла.

Из геометрических соображений

$$R_e = \frac{16\rho v}{\pi^2 x^4},$$

$$R_i = \frac{\lambda z^2}{S}.$$

По закону Ома

$$I = \frac{ez}{\frac{\lambda z^2}{S} + \frac{16\rho v}{\pi^2 x^4}}.$$

По установленному Ленцом закону,

$$Q = qI^2 R_e \text{ (в единицу времени),}$$

т. е.

$$Q = c \frac{x^4 z^2}{(ax^4 z^2 + b)^2},$$

где

$$a = \lambda \pi^2; \quad b = 16\rho v S; \quad c = 16q\pi^2 \rho v S \varepsilon^2.$$

Дифференцируя Q по x и z и приравнявая нулю производные, Ленц получил:

1) условие получения максимального количества тепла

$$ax^4 z^2 - b^2 = 0,$$

которое совпадает с условием равенства внешнего и внутреннего сопротивлений, и

2) выражение для максимального количества тепла

$$Q_{\max} = \frac{c}{4ab},$$

или

$$Q_{\max} = \frac{qS\varepsilon^2}{4\lambda},$$

т. е. $Q_{\max} \neq f(\rho, v)$ и определяется параметрами элемента батареи. Q_{\max} можно повысить за счет увеличения площади электродов, т. е. за счет количества растворяющего в единицу времени металла, но никакие конструктивные изменения во внешней цепи, касающиеся формы, объема, вещества проволоки, не могут повлиять на величину Q_{\max} .

Таким образом, Ленц экспериментально установил ряд частных случаев закона сохранения энергии в области незадолго до того открытых электродинамических явлений, причем эти важные результаты он получал как

¹⁰⁴ У Ленца $R_e = \frac{4\rho v}{\pi x^4}$. Эта ошибка не исправлена и в русском переводе («Избр труды», стр. 442).

следствия при решении конкретных физических задач, поставленных русской электротехникой.

В наличии у Ленца достаточно четких идей о сохранении энергии убеждает его речь на университетском акте 31 марта 1839 г. «О практических применениях гальванизма»¹⁰⁵. Ленц перечисляет возможные источники движущей силы и показывает с помощью метеорологии, что первоисточником большинства сил, используемых человеком, является Солнце. Обращаясь к повому источнику — гальванизму, Ленц оговаривает, что в гальваническом элементе, как и при горении, движущая сила получается не из ничего, а «за счет так называемого разрушения материи — изменения связи между частицами, составляющими тело».

Однако, несмотря на столь очевидные достижения в области обоснования закона сохранения энергии (Гельмгольц в своей книге «О сохранении силы» ссылается на пять работ Ленца), Ленц не сформулировал его в общем виде как универсальный закон природы — во всяком случае, не выступил с таким утверждением в печати.

Чтобы разобраться в причинах этого, необходимо познакомиться с философскими убеждениями Ленца и обратиться к той среде, влиянию которой он подвергался.

Известные нам литературные и архивные источники дают весьма ограниченный материал для выяснения мировоззрения Ленца. Специально по философским или политическим вопросам он не выступал ни в печати, ни с лекциями. И в научных статьях он избегал рассуждений на темы, прямо не вытекающие из конкретных физических задач. Единственной статьей, где он отступил от этого правила и коротко сформулировал свои естественнонаучные взгляды, была рецензия на книги профессоров Московского университета М. Г. Павлова и Д. М. Перевощикова, написанная Ленцом в возрасте 30 лет, вскоре после установления им закона индукции. Ленц следующим образом определяет там задачи физики: «Очевидно, что мы достигли бы высочайшей вершины физической теории, если бы смогли, исходя из общего закона, вывести по механико-математическим законам все явления так же, как из теории тяготения — все движения небесных тел... В неорганической природе все происходит по механическим законам, следовательно, механика как чистое учение о движении и равновесии содержит в себе также законы для каждого отдельного случая... Следовательно, физика, согласно нашему мнению, это прикладная механика подобно астрономии и должна решать три задачи, а именно: 1) исследование явлений, 2) сведение их в общий закон и 3) как бы проверка на примерах — построение отдельных явлений из общего закона»¹⁰⁶.

Из приведенных цитат следует, во-первых, что Ленц придерживался механистических взглядов, и, во-вторых, что его гносеологические позиции были материалистичны, во всяком случае в области той науки, которую он разрабатывал.

В каждом своем исследовании Ленц не забывал о трех указанных им задачах. Его статьи, как правило, начинаются с точного описания тщательно выполненного эксперимента, после чего следуют математическая обработка полученных данных по методу наименьших квадратов и четкая формулировка полученных законов и тех следствий из них, которые имеют

¹⁰⁵ Речь была произнесена по-русски, но опубликована на немецком языке: «Über die practischen Anwendungen des Galvanismus». S.-Petersburg, 1839.

¹⁰⁶ «О сочинениях: 1) Основание физики Михаила Павлова, часть 1, Москва, 1833; 2) Руководство к опытной физике Перевощикова, Москва, 1833» («Dorpatcr Jahrbücher für Literatur, Statistik und Kunst besonders Russland», Bd. II, N. 2, Riga u. Dorpat, 1834, стр. 144—154).

практический интерес с точки зрения электротехники. Не следует думать, что он ставил себе задачей только описание явлений. В этой связи интересно его опровержение «сопротивления перехода». Он писал: «Сопротивлением перехода явления объясняются так же хорошо, как и поляризацияй пластин или обоими вместе. Следовательно, для вычисления силы тока при электролизе совершенно безразлично, какое из трех предположений предпочтеть: результаты будут одинаковы. Для теории гальванического тока или для установления таких законов, которые непосредственно зависят от сопротивления электролитической ванны как законы тепловых явлений, *очень важно выяснить истинную природу явления*, которое мы обычно называем сопротивлением перехода»¹⁰⁷.

В научных статьях Ленца нет ни теплорода, ни электрической жидкости. Понятием «количество разложенной магнитной жидкости» он пользовался в совместной с Якоби работе по изучению намагничивания током, но гораздо раньше, в первой своей статье по электричеству, выражал уверенность в справедливости гипотезы круговых токов Ампера. Появление «магнитной жидкости» можно отнести на счет трудности наглядного истолкования измерявшейся Ленцом и Якоби величины (магнитного потока) с точки зрения гипотезы Ампера.

Несколько иную картину представляет учебник Ленца для гимназий, неоднократно перерабатывавшийся автором¹⁰⁸. Он широко пользовался там понятиями невесомых жидкостей: теплорода, электрической и магнитной жидкостей. Следует ли считать проявлением идеализма использование Ленцом представлений о невесомых жидкостях? Программы, утвержденные министерством просвещения, предусматривали разделение учебника физики на две части: «о весомых» и «о невесомых». Избежать применения этих терминов было невозможно, но важно выяснить, как понимал Ленц невесомые. Нам удалось разыскать прямые высказывания его по этому вопросу в литографированных записках его лекций по теории электричества, читанных студентам университета. «При намагничивании железа, — писал он, — магнетизм не передается железу, но только возбуждается в нем, следовательно, он уже прежде существовал в железе, но только не обнаружил никакого действия, так как свойство магнитности в железе и вообще в магнитах есть нечто не необходимое, но как бы случайно связанное с веществом железа, то магнетизм рассматривается как что-то особенное, *а так как в природе мы нигде не видим силы, отделенной от вещества*¹⁰⁹, то магнетизм принимают за свойства особенного вещества, которое рассматривают как жидкость»¹¹⁰.

Такая формулировка не противоречит материализму, но свидетельствует о метафизическом характере мышления Ленца. Аналогичные высказывания встречаются и об электрической жидкости: «Мы не можем себе составить ясное понятие о свойстве, которое сообщается от одного тела к другому. При подобных примерах мы привыкли предполагать, что свойство передается только с веществом; если, например, одно тело принимает от другого какой-либо запах, то мы не сомневаемся, что это происходит

¹⁰⁷ Курсив Ленца. — О. Л.

¹⁰⁸ Э. Х. Ленц. Руководство к физике, ч. 1 и 2. СПб., 1839. Изд. 2 — СПб., 1842; изд. 3 — СПб., 1846, и Кисв, 1851; изд. 4 — СПб., 1852; изд. 5 — СПб., 1859; изд. 6 — СПб., 1864; изд. 7 — М., 1865; изд. 8 — М., 1867; изд. 9 — М., 1870. Подробную оценку учебника Ленца можно найти в анонимной рецензии, помещенной в «Отечественных записках» (т. 89, 1853, стр. 117—121), и в статье Д. Галанина «Из истории преподавания физики в России» («Физика», 1914, № 4).

¹⁰⁹ Курсив наш. — О. Л.

¹¹⁰ Э. Х. Ленц. Теория электричества. Литографированные записки лекций. СПб., 1862, отд. I, стр. 10.

от вещества, которое передалось ему и которому принадлежит этот запах. Подобным образом считают, что свойство электричества принадлежит какому-либо веществу, пользующемуся электричеством, и что это вещество, которому по удобоподвижности приписывают чрезвычайную жидкость, переливается из одного тела в другое. Впрочем, не надо забывать, что существование электрических жидкостей есть только гипотеза, потому что это одно свойство тел, которое передается другому без передачи вещества, это — движение. Поэтому открывается возможность допустить, что электричество есть особого рода движение. Надобно, однако, присовокупить, что теория электрических жидкостей удобнее объясняется, почему ее и принимали постоянно»¹¹¹. Итак, Ленц и в 1862 г. не терял надежды на сведение всех явлений к механическим движениям, а электрические жидкости для него — рабочая гипотеза, как и гипотеза о теплороде, которую он рассматривал как «воззрение, с опытом согласное и могущее заменить еще неизвестное нам понятие о существе теплорода».

Будучи вынужден прибегать в педагогических целях к представлениям о невесомых, за отсутствием других наглядных теорий, Ленц стремился избежать их идеалистического истолкования: «Может показаться, что при отсутствии всякой тяжести в теплороде его нельзя рассматривать как материю. Но что касается до этого, то можно, во-первых, предположить, что в теплороде есть действительный вес, но такой незначительный, который весы наши по несовершенству их обнаружить не могут... Кроме того, нельзя сказать, чтобы понятие о материи было неразрывно связано с понятием о тяжести. Известно, что вес тел есть следствие притяжения их землей, а так как ежедневные опыты убеждают нас, что земля действительно притягивает все видимые тела, то от этого только в понятии нашем тяжесть сделалась нераздельна с материей. Представьте себе, однако же, мысленно, что камень, например, находится один в пространстве вселенной; от этого он не перестанет быть камнем и материальных свойств своих вовсе не теряет, а между тем не обнаруживает никакой тяжести, потому что ничем не притягивается. Подобным образом легко представить себе такое вещество, которое не притягивается землею, хотя и имеет другие общие свойства материи, а именно протяженность и непроницаемость, и которое поэтому должно называться невесомой материей»¹¹².

Однако в учебнике для гимназий Ленц не останавливался столь подробно на анализе понятия о невесомых жидкостях. Поэтому, получая новое подтверждение материалистического понимания Ленцом невесомых, необходимо отделить это субъективное понимание от того формального изложения, не исключающего идеалистического толкования, в котором невесомые преподнесены в учебниках.

Во введении к первым трем изданиям своего учебника Ленц говорит о свете, теплоте, магнетизме, электричестве как об «особых действующих силах природы, называемых невесомыми, потому что они при действии своем не увеличивают веса тел». Там же, классифицируя естественные науки, он дает такое определение физиологии: «Физиология содержит приложение начал химии и физики к органическим телам и объясняет различные жизненные процессы, каковы: пищеварение, дыхание, кровообращение и пр.». Это определение типично для механического материализма.

В следующих изданиях, начиная с четвертого, Ленц вместо «особых действующих сил природы», которые можно толковать и материалистически

¹¹¹ Э. Х. Ленц. Теория электричества, отд. II, стр. 40.

¹¹² Э. Х. Ленц. О теплоте в отношении климатологическом.— «Нормальная книжка для любителей землеведения, издаваемая от Русского Географического общества». СПб., 1848, стр. 161—194.

и идеалистически, вводит понятие о силах как простейших неизвестных нам причинах явлений, относя к их числу: тяготение, частичное притяжение, химическое сродство, теплоту, электричество и жизненную силу. Классифицируя науки соответственно изучаемым ими силам, Ленц совершенно иначе определяет физиологию: «Явления, происходящие под влиянием жизненной силы, как, например, пищеварение, дыхание, кровообращение и проч., составляют предмет науки, совершенно отдельной от прочих, — физиологии». Такая резкая перемена позиций, происшедшая после опубликования работ самого Ленца, Майера и Гельмгольца, может быть объяснена только действием цензуры министерства просвещения. Третье издание относится к 1846 г., а четвертое — к 1852 г. В промежутке лежат революция 1848 г. в Западной Европе и резкое усиление реакции в политике Николая I. В это время в университете было отменено чтение лекций по философии, логика и психология были переданы профессорам богословия, специальными инструкциями деканы обязывались следить за соответствием между программой и церковными догматами, с одной стороны, и между программами и действительным содержанием лекций — с другой. Нам не удалось найти документа, в котором Ленцу приказывалось бы изменить формулировки во введении к учебнику физики, но сохранился отзыв о рукописи его учебника по физической географии, принадлежащий известному реакционеру И. И. Давыдову, который писал: «На 18-м листе, где говорится о внутреннем составе земной коры в три вывода, дабы не противоречить Книге Бытия, лучше ограничиться словами: „Остатки самых высших животных найдены только в новейших формациях“, но мысль, будто род человеческий явился после последнего сильного переворота, исключить»¹¹³.

Становится ясно, что Ленц, даже если бы он вполне четко понимал универсальность закона сохранения и превращения энергии, не мог бы выразить свои мысли ни в какой книге или статье, подведомственной николаевской цензуре¹¹⁴. Пропаганда закона сохранения энергии не могла согласоваться с признанием существования особой, «совершенно отдельной от прочих», жизненной силы. Нужно было обладать большим мужеством, чтобы попытаться в условиях того времени защищать те идеи, в справедливости которых убеждала Ленца вся его повседневная исследовательская работа.

Хотя Ленц неоднократно испытывал затруднения, сталкиваясь с бюрократической машиной николаевского режима, хотя он был сторонником промышленного развития страны¹¹⁵, которое тормозили крепостнические отношения, у нас нет ни одного документа, который свидетельствовал бы о его оппозиционных настроениях. Такие факты, как приглашение читать физику сыновьям Николая I, систематическое получение очередных и внеочередных медалей и орденов¹¹⁶, говорят о том, что Ленц не считался принадлежащим к левой группировке университетской профессуры.

Материалистичность позиций Ленца в научных исследованиях не вызывает сомнений, но политическая отсталость и связь с правящими кругами

¹¹³ ЦГИАЛ, ф. 739, оп. 1, д. 191/107592, л. 6.

¹¹⁴ В то время, по академическому уставу, он не мог публиковать свои работы помимо Академии Наук.

¹¹⁵ Это видно из ранее цитированной речи Ленца о практическом применении гальванизма.

¹¹⁶ Не следует думать, что полученные Ленцом награды имели отношение к его исследовательской работе. Согласно формулярному списку, все свои ордена Ленц получал за педагогическую работу, в первую очередь — в военных учебных заведениях (Лен. обл. историч. архив, ф. 14, св. 61, д. 4678).

мешали ему продолжать борьбу за материализм в русской физике, начатую в его выступлении против идеалистического учебника физика М. Г. Павлова.

Мы не можем сказать, насколько сильно было давление на Ленца со стороны реакционеров, ограничилось ли оно изменением некоторых формулировок в учебниках, но, во всяком случае, отдельные идеалистические высказывания Ленца в учебниках не могут иметь решающего значения при оценке его роли в истории русской физики.

Первым и важнейшим итогом его жизни является разработка наиболее актуальных проблем физики середины XIX в. на материалистической основе в тесной связи с развитием русской электротехники. Три работы Ленца имеют непосредственное отношение к установлению и обоснованию закона сохранения и превращения энергии; они же, как и многие другие его исследования, составляют неотъемлемое звено в процессе познания закономерностей электромагнитных явлений.

Выдающееся и глубоко оригинальное экспериментальное мастерство Ленца, создание новых методов изучения электромагнитных явлений и изобретение оригинальных приборов позволили ему значительно опередить современников, работавших в том же направлении.

Ленцу принадлежит приоритет в создании баллистического метода измерения магнитных величин и метода измерения электродвижущей силы при помощи гальванометра Якоби и в усовершенствовании этого прибора, как и гальванометра Нернандера и других приборов. Предвосхитив на двадцать три года изобретение диска Жюбера, Ленц создал коммутатор, позволивший вырезать узкий участок переменного тока и исследовать форму изменения последнего. Одним из первых начал он применять в физике метод наименьших квадратов для обработки результатов измерений и изображать полученные закономерности графически¹¹⁷.

В частности, Ленц в 1838 г. впервые в истории физики построил кривые распределения намагниченности вдоль железного сердечника в катушке конечной длины (опубликовано в 1843 г.).

Если не считать большого числа установленных Ленцом эмпирических законов, верных при ограниченных условиях, ему принадлежат следующие фундаментальные достижения:

1. Знаменитый закон Ленца, толкуемый как частный случай закона сохранения энергии и как принцип обратимости электродвигателя и генератора; этим законом была установлена связь вновь открытых явлений индукции с явлениями ponderomotorных взаимодействий токов и магнитов. Первоначальная математическая обработка закона Ленца дана Ф. Нейманом. Важность открытий Ленца подчеркивалась Максвеллом¹¹⁸. Законом Ленца объясняется предсказанное В. К. Аркадьевым (1945) явление парения магнита над сверхпроводящей поверхностью.

2. Не менее знаменитый закон Джоуля—Ленца, также связанный с законом сохранения энергии и с многочисленными техническими применениями — от лампочки Лодыгина до мощных муфельных печей.

3. Квадратичная зависимость сопротивления металлов от температуры. Существенно, что сто семнадцать лет назад Ленц установил закон

¹¹⁷ Среди физиков-электриков ему, повидимому, принадлежит приоритет в этом отношении.

¹¹⁸ В трактате Максвелла, Ленц упоминается трижды (J. C. Maxwell. A treatise on electricity and magnetism, vol. 1—II. Oxford, 1873, § 265, 530, 542). О большом научном и философском значении закона Ленца писал В. Лебедев («Под знаменем марксизма», 1936, № 2—3, стр. 157—167).

в этой форме, между тем как в наше время для большинства практических задач ограничиваются линейным приближением и лишь при специальных исследованиях учитывают высшие члены разложения.

4. Закон аддитивности электродных потенциалов в гальваническом элементе и существование ряда электродных потенциалов на границе металл — электролит, аналогичного ряду Вольта.

5. Закон аддитивности электродвижущих сил поляризации на катоде и аноде, электродвижущей силы поляризации и начального электродного потенциала у каждого электрода.

6. Открытие и объяснение явления реакции якоря, вызвавшее существенные изменения в конструкциях динамомашин.

7. Установление условия наивыгоднейшего режима работы генератора — режима, заключающегося в требовании равенства внутреннего и внешнего сопротивлений, и практический метод расчета обмотки якоря.

Для Ленца были характерны способность правильно оценивать деятельность своих современников, суровая критика ошибочных взглядов и теорий, всегда подкрепляемая собственными опытами, и умелое использование действительно ценных открытий и изобретений для решения поставленных задач.

Рассмотренные научные труды Ленца позволяют причислить его к представителям русской материалистической науки, продолжавшим славные ломоносовские традиции.

Через семь лет после смерти Ленца организовалось Русское Физическое общество при Петербургском университете. Из восьми учредителей этого общества шесть учились у Ленца (Ф. Ф. Петрушевский, П. П. Фандер-Флит, Р. Э. Ленц — в университете, А. В. Гадолин, Д. К. Бобылев — в Артиллерийской академии, К. Д. Краевич — в Главном Педагогическом институте), остальные два (Б. С. Якоби и П. Н. Тыртов) с ним сотрудничали.

Возникновение Русского Физического общества (впоследствии физического отделения Русского Физико-химического общества) было связано прежде всего с ростом капиталистического производства в пореформенный период и определявшейся этим растущей потребностью в развитии отечественной физики.

Не случайно примерно в те же годы в Киеве создавалась школа М. П. Авенариуса, а в Московском университете А. Г. Столетов приступил к организации физической лаборатории, занявшей вскоре ведущее положение в русской физике.

Всей своей научной и педагогической деятельностью Ленц способствовал наступлению перелома в развитии русской физики, который, однако, смог осуществиться лишь в 60-х—70-х годах, при изменившихся исторических условиях.

Заслуга Ленца также в том, что он, продолжая традиции В. В. Петрова в эпоху, когда только двум физикам на всю Россию предоставлялась возможность вести экспериментальные исследования, посвятил себя новой, только что нарождавшейся области физики — электромагнетизму. Закладывая научный фундамент русской электротехники, он в том же направлении ориентировал своих учеников. Преимущественный интерес петербургских физиков к электричеству получал все большее обоснование в быстром развитии этой отрасли физики и тесно связанной с нею электротехники.

Не вина замечательных русских электриков XIX в., и в том числе Ленца, что многие их выдающиеся открытия и изобретения, опережавшие мысль зарубежных ученых, не использовались в русской промышленности, уходили за границу и возвращались под иностранной маркой.

Только после победы Великой Октябрьской социалистической революции творческие устремления русских ученых и изобретателей были поставлены на службу народу. Советские электрики принимали и принимают большое участие в технической разработке и реализации сначала плана ГОЭЛРО, а позже — других великих работ по ленинско-сталинскому плану электрификации нашей страны.
