. 75 - ков

О. А. ЛЕЖНЕВА, Б. Н. РЖОНСНИЦКИЙ

эмилий христианович ЛЕНЦ



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

ЛЕЯТЕЛИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ БИОГРАФИЧЕСКАЯ СЕРИЯ *ВЫПУСК* XV

52131

В книге в популярной форме рассказано о жизни и научной деятельности выдающегося русского физика, акад. Э. Х. Ленца. В книге впервые представлена роль Ленца в развитии традиций русской физики, в создании Петербургской школы физиков, продолжавшей дело М. В. Ломоносова и В. В. Петрова.

Описаны работы Ленца в области электричества и магнетизма, открытие им основных законов электродинамики — закона о взаимообратимых превращениях механической и электромагнитной энергии, закона, количественно определяющего переход электрической энергии в тепловую (так называемый закон Ленца-Джоуля). Особо описаны работы Ленца в области физической географии и геофизики.

Книга предназначена для читателей, интересующихся историей отечественной науки, имеющих физико-математическую подготовку в объеме средней школы.

Научная редакция В. Ю. Ломоносова Редактор издательства Г. А. Новикова Техн. редактор С. Н. Бабочкин.

Подписано к печати 8/V 1952 г. Сдано в набор 29/І 1952 г. Бумага 60×921/₁₆ Уч.-изд. л. 9,5 Объем 12 п. л. Тираж 4500 Зак. 3048 T-03932 Цена 4 р. 75 к. (номинал по прейскуранту 1952 г.)

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб, 10.

51(09); 01 x 0 M Cuys





Э. Х. Ленц.

"Ленц навестда вписал свее имя в историю электромагнетизма наряду с Эрстедом, Ампером и Фарадеем. Его знаменитое "правило, по которому происходит сведение магнитоэлсктрических явлений на электромагнитные", до сего времени поражает своей глубиной и инстинктивным предчувствием закона сохранения энергии. Во всех своих многочисленных экспериментальных работах Ленц поражает наблюдательностью, точностью и глубиной дедукции Работы эти составляют непрерывную цепь, во многом сохраняющую свое значение для современной электротехники".

предисловие

В ИСТОРИИ физики и электротехники Эмилий Христианович Ленц занимает особое место. С его именем связан более чем 30-летний период развития этих наук в России. Развитие экспериментальной физики в стенах одного из крупнейших в мире научных учреждений — Петербургской академии наук — является несомненной заслугой Ленца.

Деятельность его в С. Петербургском Университете способствовала блестящему научному расцвету этого крупнейшего учебного заведения России, созданию Петербургской физической, математической и химической школ. Блестящие результаты исследований, проведенных им в физической лаборатории Академии, принесли ему славу одного из основателей учения об электрических и магнитных явлениях. Целый ряд его открытий вошел в мировую науку как неоценимый вклад русского народа. В то же время Ленц не замыкался в стенах Академии наук. Он вел громадную педагогическую и организационную работу по подготовке молодых русских физиков как в Петербургском Университете, где он свыше 20 лет был деканом физико-математического факультета, так и в других высших учебных заведениях Петербурга.

Выдающиеся достижения русских электротехников второй половины 19 века во многом связаны с работами

Э. Х. Ленца и его учеников. Большинство отраслей электротехники развивалось в результате углубленных работ электрофизиков, кончивших С. Петербургский Университет в 60—90-ые годы прошлого века, где традиции времен Э. Х. Ленца долгие годы направляли интерес профессоров и учащихся в область изучения многообразных явлений, связанных с электричеством и магнетизмом.

Несмотря на такое выдающееся значение трудов Эмилия Христиановича Ленца, о жизни и деятельности его в нашей литературе нет ни монографических исследований, ни общедоступной биографии. Лишь в последние годы в советской печати появились статьи, освещающие отдельные стороны деятельности Э. Х. Ленца, и в серии «Классики науки» были изданы основные труды его.

Все это побудило авторов, в течение многих лет собиравших материалы о жизни и творчестве Э. Х. Ленца, дать в возможно сжатом объеме научную биографию выдающегося русского ученого. Само собою разумеется, что в этой работе с неодинаковой полнотой освещены различные стороны многогранной творческой деятельности Ленца. Издание монографии, с исчерпывающей полнотой освещающей ее, несомненно, дело будущего.

Авторы приносят свою благодарность профессору доктору технических наук В. Ю. Ломоносову, тщательно проредактировавшему рукопись и сделавшему ряд ценных замечаний. Также благодарны авторы чл.-корр. АН СССР В. К. Аркадьеву и профессору Ленинградского Университета им. А. А. Жданова К. К. Баумгарту за ряд ценных указаний в процессе работы над рукописью.

Все замечания, которые, несомненно, возникнут у читателей этой первой книги об Э. Х. Ленце, просим направлять по адресу: Москва, Шлюзовая наб., 10. Госэнергоиздат.

Авторы

ГЛАВА ПЕРВАЯ

Детские годы ¹. Дерптский Университет. Кругосветное плавание на шлюпе "Предприятие". Результаты наблюдений и оценка их выдающимися океанографами. Избрание адъюнктом Академии наук. Экспедиция на Кавказ, в Николаев и на побережье Каспийского моря.

ЭМИЛИЙ Христианович Ленц был уроженцем г. Тарту (ныне Эстонской ССР).

В 1030 г. этот город был основан русским князем Ярославом I на границе с землями прибалтийских народов и назван им городом Юрьевым. После захвата прибалтийских земель немецкими рыцарями город был переименован в Дерпт. К началу русско-шведской войны (1699—1721 гг.) Дерпт находился под властью шведов. В 1721 г. по Ништадскому миру в результате победы русских войск над шведами город был воссоединен с Россией. Его дальнейшее развитие неразрывно связано с историей нашей страны. В течение 18 века все более укреплялись экономические и культурные связи русского и прибалтийских народов. В 1802 г. в Дерпте после долгого перерыва был заново учрежден Университет, сыгравший большую роль в укреплении этих связей.

12 (24) февраля 1804 г. в семье обер-секретаря городского магистрата Христиана Ленца родился сын Эмилий г. Отец его умер рано, оставив семью в жестокой нужде. Мать Ленца с трудом воспитывала двоих сыновей:

¹ Все приводимые биографические сведения заимствованы из двух документов, хранящихся в архиве Академии наук СССР [Л. 1]; один из них составлен Г. П. Гельмерсеном, а другой не имеет подписи.

[?] Полное имя его Генрих-Фридрих-Эмилий.

Эмилия и его старшего брата Роберта ¹, стремясь дать им высшее образование. Шести лет Эмилий стал посещать частную школу, а затем гимназию, где с первых же классов начал увлекаться естественными науками и математикой. Окончив гимназию в 1820 г. первым учеником, он по совету своего дяди, профессора химин Ф. И. Гизе ², поступил в Дерптский Университет.

Этот Университет с самого своего основания стал одним из крупнейших научных центров России. Реакция 20-х годов 19 века, приведшая к разгрому Петербургского, Казанского и других Университетов, в меньшей степени коснулась Дерпта, и здесь на несколько десятилетий сохранились значительно более благоприятные условия для развития материалистических традиций русской науки: в стенах Дерптского Университета прочно сохранялся плодотворный «материалистический подход к изучению природы методами точных экспериментальных наук».

Первый год своего пребывания в Университете Эмилий Ленц занимался под руководством Ф. И. Гизе и его друга, известного профессора физики, организатора и первого ректора Университета Егора Ивановича Паррота.

Паррот, придавая большое значение экспериментальной подготовке своих учеников и располагая большими средствами, чем физики других русских университетов, создал превосходный физический кабинет. Работая в этом кабинете, Ленц приобрел умение обращаться с физическими приборами, оценивать достижимую с их помощью точность измерений, искать причины погрешностей.

Оба наставника укрепили в молодом студенте страсть

к изучению естественных наук и помогли ему окончательно выбрать направление своей будущей деятельности. Однако в 1821 г., со смертью Гизе, оказывавшего материальную помощь семье Ленца, в жизни Эмилия произошли большие перемены. Необходимость как можно скорее окончить Университет и иметь самостоятельный заработок заставила его перейти с естественного факультета на теологический (богословский). Только на этом поприще можно было ожидать по окончании Университета материальной обеспеченности. Не чувствуя, однако, никакой склонности к богословию и не прельщаясь карьерой служителя церкви, Эмилий Христианович не бросал занятий по физике под руководством Паррота. Оценив выдающиеся способности Ленца, Паррот поощрял эти занятия, надеясь со временем найти для своего ученика возможность заняться любимым делом.

Такая возможность представилась совершенно неожиданно в 1823 г., когда к Парроту обратилось Адмиралтейство, поручив ему подобрать для кругосветной экспедиции на шлюпе «Предприятие» молодых людей, способных вести физические, астрономические, геологические, ботанические и зоологические наблюдения.

Экспедиция на шлюпе «Предприятие» была одной из тех многочисленных русских экспедиций, которыми так богато начало 19 века. Закрепление русского торгового капитала на берегах Тихого океана и, в частности, на русской территории Американского материка требовало не только отыскания кратчайшего морского пути к берегам Китая, Камчатки и Аляски, но и систематической посылки судов для борьбы с контрабандной торговлей.

Задачу отыскания морских путей к берегам Китая и Аляски ставила перед собой первая русская морская кругосветная экспедиция в 19 веке, осуществленная на двух военных кораблях, «Надежда» и «Нева», пол командованием И. Ф. Крузенштерна (1803—1806). Ту же задачу ставили и перед экспедицией В. М. Головнина на

¹ Роберт Христианович Ленц (род. 23 января 1808 г., умер 30 июля 1836 г.), известный русский санскритолог, адъюнкт Академии наук.

² Ф. И. Гизе (1781—1821) с 1804 г. профессор технической химии и фармации Харьковского Университета. С 1814 г. перешел на кафедру химии и фармации Дерптского Университета. Умер в 1821 г. [Л. 2].

шлюпе «Диана» (1806—1814), и его вторым, кругосветным, плаванием в 1817—1819 гг. В 1819—1821 гг. кругосветная экспедиция Ф. Ф. Беллинсгаузена и М. П. Лазарева на шлюпах «Восток» и «Мирный» исследовала неизвестные ранее части Южного Ледовитого океана (Антарктику). И эта экспедиция, не имевшая равных себе по трудностям и важности сделанных открытий, также имела своей задачей отыскание новых морских путей.

Несколько иную задачу имело кругосветное путешествие на бриге «Рюрик» (1815—1818) под командованием участника кругосветного плавания экспедиции Крузенштерна Оттона Евстафьевича Коцебу. Экспедиция эта имела задание отыскать западное начало пути вокруг северных берегов Америки, произвести съемку еще не снятых участков побережья Аляски, провести научные наблюдения на всем пути следования экспедиции. О. Е. Коцебу вполне оправдал возложенные на него надежды. Правда, основная задача экспедиции — обойти Аляску с севера — не была выполнена. «Рюрик», небольшой парусный бриг, не мог пройти далеко вдоль северных берегов Америки. Но и тот небольшой путь, который ему удалось пройти, засняв на карту более 300 миль восточного побережья Аляски, почти полностью соответствующую позднейшим, более детальным съемкам, был значительным достижением русских моряков.

Экспедиция собрала богатейший этнографический материал, а описания Коцебу встреченных им первобытных народов, населявших острова в Тихом океане, имеют и по сей день исключительную ценность. Но естественнонаучные и океанографические работы экспедиции не были на достаточной высоте. Приглашенный для участия в экспедиции немецкий поэт и естествоиспытатель А. Шамиссо (1781—1838) был больше поэт, чем ученый, хотя и поэтом он был небольшим. Проведенные им физические и океанографические наблюдения не отличались точностью и систематичностью. Применявшиеся им при-

боры не были выверены в достаточной степени, и, наконец, результаты замеров не были обработаны и обобщены.

В первые десятилетия 19 века для снабжения русских поселений на Камчатке, в Охотске и в русских владениях на Аляске ежегодно посылались военные суда, остававшиеся после сдачи всех грузов еще на год в водах Русско-Американской торговой компании для борьбы с контрабандой и браконьерством. В начале 1823 г. специально для этой цели Адмиралтейством был построен шлюп «Предприятие». Когда судно было почти готово к выходу в плавание, обстоятельства несколько изменились, так как Русско-Американская компания решила доставить грузы на одном из собственных судов, для сопровождения которого и последующего крейсерства был выделен специальный фрегат. Таким образом, задачи экспедиции на «Предприятии» могли быть совсем иными.

Назначенный командиром шлюпа О. Е. Коцебу добился получения чисто научных заданий для исследования Берингова пролива и части Тихого океана. На это вскоре было получено согласие Государственного адмиралтейского департамента, и организация подготовки такой кругосветной научной экспедиции была поручена контр-адмиралу Крузенштерну.

Крузенштерн обратился за помощью к профессорам хорошо ему знакомого Дерптского Университета Парроту, Энгельгардту и Струве с просьбой рекомендовать студентов и преподавателей Университета для производства наблюдений в экспедиции, а также составить программы научных наблюдений в области «физики, геогнозии и астрономии».

В части физики выбор пал на Ленца, астрономом был приглашен В. Прейс, минерологом Э. Гофман. Ботанические и зоологические наблюдения были поручены старшему доктору экспедиции, профессору медицины И. Эшшольцу. И хотя Эмилию Ленцу, окончившему лишь

второй курс Университета, было всего 19 лет, Паррот не ошибся, рекомендуя его в качестве физика экспедиции.

Перед самым выходом шлюпа неожиданно произошло изменение. Судно Русско-Американской торговой компании не могло быть послано, и на шлюп «Предприятие» снова возлагалась и доставка грузов и годичное крейсерство между Петропавловском на Камчатке, Ново-Архангельском (Аляска), Сан-Франциско, Гавайскими и Маршальскими островами. Научная сторона становилась как бы второстепенной. Но, по указанию Крузенштерна, инструкции по научным наблюдениям оставались в силе.

Выработанная Парротом инструкция по производству физических опытов и наблюдений определила обязанности физика экспедиции. Согласно этой инструкции наблюдения надлежало производить как на море, во время плавания, так и на суше. Наблюдения на море должны были заключаться в измерениях глубин, температуры моря на различных глубинах (с помощью батометра), изучении свойств морской воды (удельного веса, упругости и плотности ее), наблюдениях за показаниями барометра и гигрометра (прибора, определяющего влажность воздуха), записях о грозах и других атмосферных явлениях. Намечено было произвести также ряд специальных опытов определения упругости ртути и некоторых других тел (свинец, олово, фосфор, воск, сало), используя давление воды на больших глубинах океана. Особым пунктом инструкции предусматривалось проведение опытов по изучению влияния давления «на проявление сродства», т. е. возможность возникновения химических реакций под влиянием больших давлений.

На суше Ленц должен был производить определение высот, гравиметрические измерения с помощью маятника и наблюдения за различными явлениями природы—извержениями вулканов, северными сияниями, грозами и т. п.

Инструкция заканчивалась несколькими общими указаниями о порядке ведения замеров и наблюдений:

«На коробле и на суше должен вестись точный журнал всех опытов и наблюдений, а именно: сперва, непосредственно в момент наблюдения, просто карандашом составляется «черновик», данные из которого по окончании наблюдения сразу же переносятся в «чистовик». Из этого журнала, который будет содержать все научные наблюдения в области физики, надлежит делать две копии, доводимые до конца журнала. Эти копии следует из двух ближайших мест направлять в Европу.

Однако важнее всего вышесказанного будет бережное обращение с инструментом, точность наблюдений, аккуратность записей и, во всех случаях, правдивость» [Л. 3a, стр. 15].

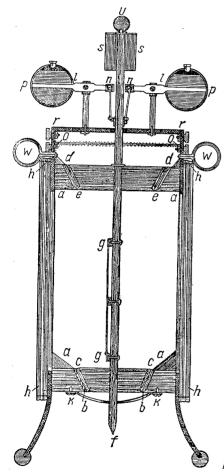
Эта, и без того общирная, программа наблюдений была дополнена по желанию Адмиралтейства и с согласия Ленца планом исследования магнитного склонения 1.

Паррот принимал деятельное участие в подготовке экспедиции и обсуждал со своим учеником все детали предстоящей работы. Чтобы обеспечить высокое качество научных наблюдений, Паррот и Ленц тщательно подбирали приборы и инструменты для экспедиции. Все они были изготовлены в короткий срок со всей возможной тщательностью, но, к сожалению, не могли быть опробованы и выверены.

Ряд важнейших приборов был сконструирован заново. Так, например, изобретенный Парротом постоянный маятник был изготовлен при участии знаменитого астронома, проф. В. Я. Струве. Вместе с Парротом, Ленц сконструировал два других прибора — батометр для взятия проб воды и замера температур на разных глубинах и специальный глубомер. Оба эти прибора имели огромное значение для научных наблюдений экспедиции. Надо отметить, что изобретенный Ленцем и Парротом батометр (фиг. 1) полностью отвечал всем требованиям к пс-

¹ Паррот не включил в программу магнитные наблюдения, так как был убежден, "что никакая математическая гипотеза не в состоянии даже в основных чертах хотя бы приближенно выразить закон земного магнетизма"... "Между тем,—пишет Ленц,—императорское Адмиралтейство пожелало, чтобы я, по мере возможности, все же проводил исследования по наклонению магнитной стрелки..." [Л. За, стр. 15].

добным приборам, — было необходимо, чтобы батометр доставлял пробу воды с той же температурой, какая была на данной глубине, в месте взятия пробы. Для этого



Фиг. 1. Батометр Э. Х. Ленца — Е. И. Паррота.

требовалась тшательная тепловая изоляция внутреннего сосуда, для чего стенки батометра изготавливались из 17 слоев различных теплоизолирующих материалов. Особая система клапанов закрывала сосуд на определенной глубине и прекращала свободный вход и выход воды из сосуда. Установленный внутри сосуда термометр со стенками из толстого стекла сохранял показания о температуре воды на определенной глубине.

Приводим описание прибора, данное самим Ленцем:

«Здесь (см. фиг. 1) аааа—полая камера прибора, органиченная цилиндрической оболочкой высотой hh и диаметром hh'. Сделана эта оболочка из луженой, так называемой «аршинной», жести.

В двух латунных днищах acca и bb, ограничивающих камеру, расположены клапаны bccb и deed. Оба клапана укреплены на железном стержне f так, что могут открываться и закрываться только одновременно. Закрепление достигается припаиванием стержня к днищам клапанов ee и bb и к жестяным крестовинам cc и dd.

Клапаны представляют собой конические поверхности, пришлифованные к другим таким же; последние получаются таким образом: в днищах асса и bb в середине делается клинообразный вырез, и в него вставляется конус bccb и deed. К этому следует прибавить, что как клапаны, так и днища, в которые они должны быть притерты, — литые из одного куска, так как вальцованную латунь нельзя отшлифовать с достаточной для плотного прилегания кривых поверхностей точностью. Клапаны по размерам различны, так как нижний должен проходить сквозь нижнее отверстие верхнего. Наименьший диаметр нижнего клапана — 5 дйюмов, верхнего — 7 дюймов. Листовые треугольники у h, h', а и а, по 4 сверху и снизу, служат для закрепления муфт, в которых расположены клапаны; они припаяны к наружной части сооуда.

К железному стержню f привинчен термометр gg так, что его шарик расположен неподалеку от нижнего клапана, потому что, в случае нагревания, наиболее холодный (т. е. наиболее близкий к истинной температуре) слой воды будет находиться ниже остальных. Поскольку прибор предназначен для погружения до глубины в 3 000 туазов (до 5 900 m-ast), то уже обыкновенным термометрам из тонкого стекла довериться было невозможно. Поэтому был изготовлен специальный термометр, у которого толщина стекла шарика достигала $^{1}/_{2}$ линии; хотя вследствие этого теплопередача несколько и ухудшилась, но это не имело никакого значения, поскольку прибор всегда находился на глубине в течение $^{1}/_{4}$ часа и, кроме того, термометр приходил туда уже значительно охлажденным. При подъеме прибора и отсчете температуры эта нечувствительность являлась скорее преимуществом, нежели недостатком».

Достоинства этой конструкции были оценены лишь во второй половине 19 века, когда батометр, основанный на том же принципе, был построен О. Петтерсоном (1893 г.) — Экманом — Нансеном ¹.

О качестве батометра Ленца—Паррота выдающийся русский океанограф адмирал С. О. Макаров писал: «Из всех бывших в употреблении способов доставания воды с больших глубин я признаю самым лучшим тот способ, который употреблял Ленц в 1824—1826 гг... В этом батометре Ленц стремился достичь герметичности клапанов и чувствительности к открыванию их при опускании. Ленц

^{1 &}quot;Батометр Петтерсона—Нансена представляет современное осуществление идеи Э. Ленца..." (Ю. Шокальскй [Л.4, стр. 73]).

не имел проволочного линя, и его батометр, при опускании на большие глубины, должен был преодолевать большое трение, обнаруживаемое пеньковым линем. Посему он опускался очень медленно, а при медленном опускании неуравновешенные клапаны не будут открываться. Ленц, кроме того, обратил особое внимание на должную обделку батометра, дабы температура заключаемой в нем воды изменялась возможно менее. Продолжительными исследованиями он изучил закон обмена температур (тепла — авт.) через стенки батометра и таким образом мог вывести поправки и по ним определить температуру воды на глубине. Температуры, полученные таким образом с больших глубин и обработанные Ленцем, чрезвычайно схожи с температурами, наблюдавшимися на «Челленджере» 1 термометрами новейшего образца, и это подтверждает, что батометр Ленца действовал правильно» [Л. 5, т. 1, стр. 19—20, § 21].

Выбирая прибор для своей экспедиции на «Витязе», Макаров остановился на батометре типа Ленца. «При выборе системы батометра, я решился остановиться на типе, сходном с тем, 'который употреблял Ленц...» [Л. 5, т. 1, стр. 21, § 22]. Высокую оценку прибора Ленца — Паррота мы находим у многих иностранных авторов, считающих, что батометр этот «является лучшим и по сей день».

Само название прибора было введено Ленцем, и впоследствии Макаров настаивал на его сохранении, несмотря на неточность. «Профессор Крюммель (Киль) находит, что слово батометр правильнее отнести к глубомеру. Совершенно соглашаюсь с профессором, что слово батометр не вполне подходит к аппарату, служащему для доставания воды с глубин, но слово это впервые введено у нас Ленцем, родоначальником точного определения

удельного веса мокрой воды, и оно у нас уже получило права гражданства, а потому я того мнения, что следует сохранить попрежнему слово батометр» [Л. 5, т. 1, стр. IX, § 16—27].

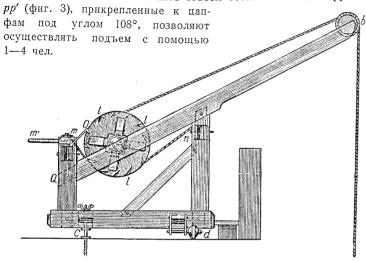
О втором приборе — глубомере Ленца — Паррота (фиг. 2 и 3) также име-

ются многочисленные отзывы. «...глубомер Ленца и Паррота в идее заключал все то, что потом вновь было предложено В. Томсоном; к сожалению, прибор появился слишком рано, когда еще мало думали об океанографических исследованиях, не был усовершенствован с технической стороны, а потом совершенно забыт...», — пишет о нем выдающийся русский океанограф Ю. М. Шокальский [Л. 4, стр. 37].

На фиг. 2 дан боковой вид катушки с рамой, а на фиг. 3—ее вид сверху. Катушка своими двумя цапфами опирается на раму. Между двумя идущими наклонно вверх длинными раскосами ab и a'b' расположен длинный ролик bb', выступающий за борт. Через этот ролик трос и шел при подъеме и спуске. Вся рамка вращается вокруг оси c на двух других роликах, d и f. Поворотом рамы ролик bb' может быть выставлен за борт или втянут обратно. Катушка на каждой своей щеке имеет специальное задерживаю-2 Э. Х. Ленц.

^{1 &}quot;Челленджер"—судно английской океанографической экспедиции, плававшее в 1875 г. в Тихом океане, путь которого несколько раз пересекал путь "Предприятия".

щее устройство. В одной щеке сделан призматический паз kk (фиг. 3), в котором помощью рычага m'm можно зажать специальный трос mn (фиг. 4) и, тем самым, замедлить трением движение. Другая щека снабжена зубьями l, l, l и крючком o, посредством которых движение может быть совсем остановлено. Две рукоятки



Фиг. 3. Глубомер Э. Х. Ленца (вид сбоку)

Тщательная подготовка экспедиции и, особенно, научная добросовестность Ленца обеспечили высокое качество полученных результатов. Подготавливаясь к экспедиции ¹, и в особенности во время ее, Ленц произвел немало опытов с приборами по изучению всех поправок, которые были необходимы для получения наиболее точных результатов. Это относится в первую очередь к батомет-

ру, но, конечно, не им одним ограничился Ленц. Оценивая результаты его замеров, Макаров писал: «Исследования Ленца над батометрами замечательны по своей точности и законченности... Опыты Ленца интересны не только по отношению к батометрам, но и вообще как поучительный пример, с какой настойчивостью надо исследовать свои инструменты» [Л. 5, т. I, стр. 30, § 31].

Во время экспедиции Ленцу пришлось столкнуться с самыми различными трудностями. Большинство трудоемких наблюдений (как, например, измерение температур воды на разных глубинах, взятие проб и др.) Ленцу приходилось производить самому, обычно вручную, с помощью лишь самых простых приспособлений.

Несмотря на это, Ленц не только успевал пунктуально выполнять программу, точно производить все необходимые замеры, но и находил время для углубленных занятий физикой и математикой. Так, в течение трехлетнего плавания Ленц прошел большую школу, заменившую ему неоконченные курсы университета.

Экспедиция, выйдя из Кронштадта 28 июля (9 августа) 1823 г. и посетив Рио-де-Жанейро 1, прошла мимо мыса Горн, пересекла Тихий океан и, зайдя в Петропавловск на Камчатке, прибыла к месту своего назначения в Ситху. Крейсерство «Предприятия» заключалось в посещении Сан-Франциско, Гавайских островов и возвращении в Ситху, после чего снова мимо Гавайских островов, через Зондский пролив, мимо мыса Доброй Надежды, острова Св. Елены шлюп 10 (22) июля 1826 г. возвратился в Кронштадт [Л. 7]. Путь этот представлен на «Карте плавания шлюпа «Предприятие» под командованием О. Е. Коцебу».

Сразу же по возвращении в Кронштадт Ленц отправился в Дерпт к матери, «где весь остаток года употребил для совершенствования в области химии под руко-

¹ Об изменении заданий экипажу шлюпа было сообщено лишь в открытом море. Известие это неприятно поразило Ленца. "... начали мы свое путешествие с радужными надеждами, убежденные в том, что торговые поручения, которые имел наш корабль, являлись лишь второстепенными, а главными были научные. Однако вскоре после нашего отплытия мы от г. Коцебу узнали обратное, а на Камчатке получили об этом и письменное уведомление. Пораженные этим обстоятельством, но все же благодарные за то немногое, что оставляло нам подобное изменение нашего назначения, мы не падали духом и решили напрячь все силы, чтобы каждый посылаемый нам судьбой благоприятный момент посвятить науке" [Л. За. стр. 18—19].

¹ Отсюда Ленц отправил свое первое письмо о ходе экспедиции, [Л. 6].

водством проф. Озанна» ¹. В январе 1827 г. Ленц приехал в Петербург, где провел весь год, подготавливая отчет о наблюдениях. Осенью 1827 г. он начал преподавать в частной школе Св. Петра и одновременно усиленно занимался обработкой наблюдений в экспедиции. Весной 1828 г. отчет был закончен ².

Строго выполняя инструкцию, Ленц направлял в Петербург копии журналов своих наблюдений. Еще до возвращения «Предприятия» Государственный адмиралтейский департамент обсуждал полученные материалы. В отзыве профессора физики С. Петербургского Университета Н. П. Щеглова отмечаются исключительная подробность и тщательность замеров, но суждение о работе Ленца откладывалось до получения отчета его.

Такой предварительный отчет был представлен им 2 августа 1826 г. [Л. 9]. Описывая достаточно подробно итоги своих трехлетних наблюдений, Ленц заканчивает отчет указанием на то, что «Все свои наблюдения и опыты требуют еще особенного обрабытывания и поверения, для исполнения чего прошу доставить мне годовой срок».

Государственный адмиралтейский департамент обсуждал предварительные отчеты, с которыми ознакомились «гг. почетные члены по части физики и минералогии профессор Щеглов, а по части астрономии академик Вишневский». Скромно оценивая результаты геологических и минералогических наблюдений Гофмана, Щеглов сожалел о том, что старший доктор экспедиции, профессор

Дерптского Университета Эшшольц, который «был снабжен от Департамента многими зоологическими книгами, стоющими дорогой цены», не представил в Музей департамента никаких материалов. Что же касается отчета Ленца, то о нем Щеглов дает самый положительный отзыв и отмечает обилие ценнейших систематических наблюдений, представленных в виде таблиц, журналов и проб морской воды. Особенно ценным считает он наблюдения над температурой морской воды в различных глубинах и под различными широтами с «помощью особенного, собственно для сего путешествия изобретенного прибора, называемого батометром». Заканчивая свой отзыв, Щеглов писал: «Желательно, чтобы наблюдатель сей представил в возможной скорости полные таблицы опытов и наблюдений своих с показанием оснований, на коих они предположены и производимы были, с решительными заключениями и с описаниями и изображениями особенных им употребленных приборов» [Л. 10].

Полтора года заняла обработка материалов экспедиции. Тщательно выверяя каждую запись, учитывая все обстоятельства, при которых был произведен замер, вычисляя с исключительной продуманностью все необходимые поправки, Ленц достиг такой точности конечных результатов, какой не достигало большинство последующих экспедиций.

Вся эта работа была проделана Ленцем совершенно самостоятельно. Не имея определенного заработка и не получая никаких субсидий на обработку материалов экспедиции, Ленц находился в трудном материальном положении. Единственным заработком его было преподавание физики в училище Св. Петра. Паррот, переехавший к тому времени в Петербург в связи с избранием его ординарным академиком, оказывал своему ученику лишь небольшую денежную помощь, а по окончании всей работы представил доклад Ленца в Академию.

Доклад этот произвел исключительно благоприятное впечатление. Научные результаты экспедиции, прове-

¹ См. [Л. 3, стр. 20]. У Ленца явная описка: "В январе 1826 г. я приехал в С. Петербург..."—надо читать: "В январе 1827 г." Ошибка эта не исправлена при переиздании Избранных трудов в 1950 г.

² В литературе встречается неверное указание на то, что Э. Х. Ленц осенью 1826 г. уехал за границу в Гейдельберг, где якобы весной 1827 г. защитил диссертацию, получив степень доктора философии [Л. 3, 8]. Это утверждение противоречит собственным указаниям Ленца о занятиях его осенью 1826 г. и весной 1827 г. К тому же ни в формулярном списке, ни в других документах Ленца не имеется сведений о получении им степени доктора философии в Гейдельбергском Университете.

денной с совершенно другими целями, превзошел все достигнутое ранее специально научными экспедициями. Океанография, метеорология, физическая география в одинаковой степени обогатились новыми чрезвычайно важными данными, полученными таким исключительно добросовестным и вдумчивым ученым.

Обилие собранных данных и тщательность обработки наблюдений выделяли работу Ленца из всех предшествовавших работ подобного рода. Кроме того, исключительно благоприятное впечатление произвело дополнительное изыскание Ленца, обнаружившее в нем глубокого физика-экспериментатора, умеющего обобщать наблюдения и пользоваться для этого математическими методами. Речь идет о Приложении к докладу, названном Ленцем «О кривой линии, которую образует висящее в текущей воде свинцовое грузило» [Л. За, стр. 133—144]. Самостоятельное глубокое исследование действия потока жидкости на погруженное в него тело с обоснованием возможности расчета скорости хода корабля по углу, который образует трос, нагруженный тяжелым цилиндром, обнаруживал незаурядные способности молодого ученого. К этим работам мы еще вернемся в гл. 5.

Представленный 16 февраля 1828 г. в Конференцию Академии наук доклад Ленца было поручено рассмотреть трем академикам — Е. Парроту, Н. Фуссу и Э. Коллинсу. Отзыв был настолько благоприятен, что по представлению их 5 мая 1828 г. Ленц был единогласно избран адъюнктом Академии по физике. В постановлении Конференции говорится:

«Хотя в 1826 г. Конференцией было определено приостановиться выборами впредь до получения нового штата, однако в уважении всех вышепоименованных свидетельств сих молодых ученых ¹, которых Академия не усумнилась бы принять в свои члены и в таком случае если бы новый штат наложил на нее обязанность соблюдать наибольшую осмотрительность в выборах своих, с другой стороны, имея в виду постепенное уменьшение числа действительных членов, Конференция определила воспользоваться сим случаем дабы присоединить к числу членов ее двух молодых ученых, фоссийских уроженцев, по всем отношениям заслуживающих такого избрания, — единогласно» [Л. 11].

Прежде чем перейти к описанию деятельности Ленца в Академии наук, надо кратко охарактеризовать положение, создавшееся в ней к 20-м годам прошлого столетия.

В 1815 г. после смерти акад. Л. Ю. Крафта академиком по физике был избран Василий Владимирович Петров, автор многочисленных и важных работ по химии, электричеству и оптике, первый электротехник, открывший явление электрической дуги и предсказавший возможность ее практического использования. Еще с 1810 г. Конференция Академии поручила В. В. Петрову заведывание физическим кабинетом, находившимся до этого в ведении акад. Крафта и пришедшим в полное запустение! Петров энергично взялся за приведение в порядок физического кабинета, и вскоре кабинет этот стал одним из наиболее благоустроенных в России.

Однако смелый, независимый, прямой по натуре, Петров еще в первые годы своей работы в Академии открыто высказывал свое недовольство отношением к науке правящих кругов царской России и нажил себе злейшего врага в лице президента Академии, реакционера и мракобеса, графа С. С. Уварова. Стремясь дискредитировать Петрова, Уваров всячески препятствовал реорганизации физического кабинета, урезывая ассигнования, не производя необходимого ремонта помещения, отказывая в полагающейся Петрову казенной квартире. Не имея

¹ Необработанными остались лишь результаты опытов Ленца с маятником. Из-за различных формальных проволочек маятниковый прибор лишь в сентябре 1827 г. был отправлен в Дерпт, где проф. В. Я. Струве должен был проверить ход часов и удлинение маятников при различных температурах. Но сначала другие занятия (Струве оканчивал в то время работу по градусным измерениям), а затем перелом ноги помешали известному астроному выполнить эту работу. В 1828 г. новые обязанности Ленца как академика отвлекли его от работы над материалами гравиметрических наблюдений.

¹ Речь идет о Э. Х. Ленпе и В. Я. Буняковском.

возможности избавиться от ученого, зарекомендовавшего себя выдающимися работами по физике, Уваров ожидал лишь удобного случая для расправы с Петровым. Такая возможность возникла после избрания академиком по прикладной математике Е. И. Паррота, чрезвычайно польщенного таким избранием и стремившегося заслужить расположение Уварова. В конце 1826 г. Паррот по собственной инициативе подал в Конференцию рапорт о состоянии физического кабинета, в котором он в резких выражениях описывал якобы неудовлетворительное состояние его. Такое выступление Паррота вполне соответствовало желаниям президента Академии и большинства членов Конференции. Вскоре, поддержанный Уваровым, Паррот снова вмешался в дела физического кабинета, и на этот раз Конференция поддержала его выступление. Но для полного отстранения Петрова от заведывания физическим кабинетом надо было устранить одно формальное препятствие — Паррот был избран академиком по разделу прикладной математики, а не физики. В феврале 1827 г. Конференция Академии, по предложению Уварова, переизбрала акад. Паррота академиком по кафедре физики и, таким образом, исчезли все формальные препятствия для передачи ему заведывания физическим кабинетом. В результате такой травли, поднятой Уваровым и близкими к нему членами Конференции, Петров был вынужден отказаться от заведывания кабинетом и по существу отойти от него.

Все поведение Паррота в деле устранения Петрова из Академии, было не только нетактичным, но просто враждебным. Невольно возникает вопрос — каково же было отношение Ленца к поведению своего учителя?

Паррот, приняв от Петрова физический кабинет, сравнительно легко осуществил те необходимые мероприятия, которых тщетно добивался Петров. Используя личные связи, Паррот получил разрешение на перевод физического кабинета в новое, просторное и удобное помещение в главном здании Академии, где заодно для него

была отделана прекрасная квартира. Ему было выдано 25 000 руб. на приобретение приборов, а затем еще он не раз получал добавочные ассигнования. Поэтому вскоре физический кабинет оказался действительно хорошо оборудованным необходимыми для научной работы новейшими приборами 1.

Всю эту деятельность по дальнейшему улучшению состояния физического кабинета Паррот проводил при участии Ленца, избранного в 1828 г. адъюнктом по кафедре физики. Повидимому, энергии Эмилия Христиановича кабинет обязан тем, что он стал лабораторией, в которой могли быть проводимы экспериментальные работы, так интересовавшие Ленца.

Однако Ленц далеко не всегда разделял взгляды Паррота, а в научных работах, выполненных ими совместно, как мы увидим далее, даже оговаривал свое несогласие. Надо думать, что только чувство признательности Парроту за все, сделанное им для Ленца, останавливало его от более явного выражения несогласия с поведением Паррота. Начав помогать Парроту в работе по расширению физического кабинета сразу же после приемки его от В. В. Петрова, Ленц хорошо знал несоответствие фактического положения дела с теми тенденциозными заявлениями, с которыми выступал Паррот, добиваясь устранения Петрова от заведывания кабинетом. Но Ленц, тогда еще только начинавший свою научную жизнь, едва ли мог повлиять на ход борьбы с Петровым Паррота, да и всей группы академиков, покорно следовавших за указаниями Уварова. Но так или иначе Ленц, не выступавший в защиту Петрова, ни разу не высказывался против него. Принимая вместе с Парротом физический кабинет, Ленці имел случай еще раз оценить ту работу, главным образом в области электротехники, которую проводил Петров. Принимая почти непосредственно от

¹ Архив Академии наук СССР. Протоколы: 1828 г. § 194—25 000 р.; 1831 г. § 456—1 000 р.; 1832 г. § 211—1 800 р.; 1832 г. § 495—2 800 р.; 1832 г. § 513—180 р.

великого русского электротехника его любимое детище созданный им кабинет, Ленц становился как бы преемником Петрова в последующем развитии русской физики. И мы увидим в дальнейшем, что Ленц оказался достойным своего знаменитого предшественника.

27 августа 1828 г. Ленц впервые присутствовал на академическом собрании. По положению адъюнкт должен был производить работы в помощь академику и, повидимому, Ленц в последние месяцы 1828 г. производил опыты совместно с акад. Парротом, не прекращая одновременно и собственных исследований.

В то время Академия наук, удовлетворяя запросы, возникавшие в связи с присоединением к России новых районов, уделяла большое внимание изучению окраин страны. Весной 1829 г. фельдмаршал Дибич, в связи с предполагавшимся изучением окрестностей Эльбруса со стратегической точки зрения, обратился в Академию наук с просьбой направить в эту только что завоеванную область экспедицию с научной целью. Академия приняла это предложение и направила на Кавказ четырех человек — физиков Купфера и Ленца, ботаника Мейера и зоолога Менетрие. Кроме того, Горный департамент послал геолога Вансовича. Экспедицию возглавлял командующий Кавказским фронтом генерал Эмануель 1.

Включая в состав экспедиции Ленца, Академия учитывала опыт физических, географических и магнигных наблюдений, приобретенный им во время путешествия на «Предприятии». Ленц согласился на участие в экспедиции и взял на себя физические наблюдения. Первоначально программа этих наблюдений включала «наблюдения земного магнетизма в странах Эльбруса и

по Кавказской линии относительно уклонения, наклонения и силы», барометрическое измерение высот, для чего должна была быть использована нивелировка, проведенная ранее Парротом (сыном) и Энгельгардтом между Каспийским и Черным морями. Предусматривались также «наблюдения силы тяготения посредством постоянного маятника относительно к наружному виду земли и вертикальному тяготению гор», наблюдение температур источников на разных глубинах и т. п. Однако Николай I урезал смету и исключил из программы нивелировку.

Экспедиция под начальством генерала Эмануеля включала научную группу, руководимую акад. Купфером ¹, взявшим на себя минералогические наблюдения. 28 июня 1829 г. начались ежедневные походы из Пятигорска в окрестности Эльбруса, а 8 (20) июля, оставив обоз в долине Карабиша, экспедиция отправилась к подножию горы. Подъем на Эльбрус начался 9 (21) июля — вечером достигли снегов, около которых и расположился лагерь. В ночь на 10(22) небольшая группа ученых в сопровождении проводников из местных жителей начала подъем.

Восхождение Ленца и Купфера на Эльбрус открывало собой новую эпоху в метеорологии — эпоху горной метеорологии. «Первые опыты этого рода были сделаны во время экспедиций. Новая эпоха горной метеорологии началась сразу смелым шагом — попыткой Купфера и нескольких других ученых подняться на Эльбрус 21 июля 1829 г. Сам Купфер достиг высоты 14 400 футов и не смог итти дальше; физик Ленц «...с барометром, с двумя черкесами и казаком поднялся выше к выдающимся здесь скалам, пока не достиг еще одной ступени, на которой пелена снега отделяла его от вершины. Ввиду рыхлости снега он не мог перейти это пространство и здесь произвел отсчет барометра, по которому нетрудно было опре-

¹ Венгр по происхождению, Георгий Арсеньевич Эмануель (1775—1837) поступил на русскую службу в 1797 г. Отличившись в Отечественной войне 1812 г., он был назначен "Командующим войсками Кавказской линии, Черномории и Астрахани". Был в этой должности по 1831 г. В 1829 г. возглавлял экспедицию на Эльбрус, за что в сентябре 1829 г. был избран почетным членом Петербургской Академии наук. В 1830 г. оказал содействие Кнорре и Ленцу при поездке по побережью Каспийского моря [Л. 12].

¹ Купфер Адольф Яковлевич (род. в Митаве 6 января 1799 г., умер в СПб 25 мая 1865 г.), чл.-кор. Академии наук с 26 декабря 1826 г., ординарный академик по минералогии с августа 1828 г., в январе 1841 г. перешел на кафедру физики.

делить высоту Эльбруса» [Л. 13]. Только один казак, отделившись от них, достиг вершины, пока Ленц делал наблюдения. Впоследствии оказалось, что Ленц был на 600 футов ниже верхушки горы (5 630 м). Это были первые метеорологические наблюдения на высочайшей точке Европы — блестящий подвиг во имя науки» [Л. 14, стр. 219].

Вершины горы достиг лишь один из горцев — казак Киллар. Подъем этот был первым восхождением на Эльбрус и в честь него на скалах был высечен памятный знак.

После подъема на Эльбрус экспедиция прошла по р. Кубани до водопада Туслук-Шант, а затем по долине Бермашук, реке Кизел-кол и, сделав большой круг, через месяц возвратилась в Пятигорск.

Научное значение этой экспедиции было весьма велико. Помимо многочисленных образцов горных пород и полезных ископаемых, ботанических и зоологических коллекций, собранных Вансовичем, Мейером и Менетрие, магнитные и барометрические наблюдения Купфера, Ленца и Мейера представляли большой интерес.

С Кавказа Мейер и Менетрие отправились в Баку, а Ленц и Купфер — через Ставрополь и Таганрог в Николаев, бывший тогда центром научных наблюдений на юге России. Здесь Ленц, совместно с директором Николаевской обсерватории Кнорре, провел ряд опытов для определения длины секундного маятника, а также повторил магнитные и гравитационные наблюдения для проверки результатов, полученных ранее Купфером и Кнорре.

Обширные наблюдения проводились Ленцем 19 сентября 1829 г. («с 4 час. утра, до полуночи»), а также 20 и 21 сентября— в дни, определенные А. Гумбольтом для одновременных наблюдений в разных пунктах земного шара.

Из Николаева Академия наук командировала Ленца в Дагестан для специальных магнитных и гравитационных наблюдений по инструкциям, составленным Парротом и

немецким естествоиспытателем А. Гумбольтом ¹, посетившим незадолго до этого побережье Каспийского моря.

Вместе с Кнорре Ленц побывал в ряде пунктов на побережье Каспийского моря, где провел наблюдения над уровнем его. В Баку им была установлена рейка с отметкой О («марка»), многие годы служившая базисом для различных измерений. В Астрахани были проведены также гравитационные наблюдения. По окончании этих наблюдений Ленц снова выехал в окрестности Баку и провел ряд наблюдений над выходом горючих газов. Захватив образцы нефти и горючих газов, Ленц 23 мая 1830 г. возвратился в Петербург и приступил к обработке собранных материалов [Л. 15]².

Обширные магнитные, термометрические, барометрические наблюдения Ленца, проведенные им на Кавказе совместно с Мейером, были обработаны с такой же тщательностью, как и наблюдения на «Предприятии». Они были доложены Академии наук 28 августа 1835 г. Но особенно большой интерес представляют описания нефтяных богатств Апшеронского полуострова, а также собранные и проанализированные Ленцем данные об изменениях уровня Каспийского моря (проблема актуальная и в наше время). Позднее, в 1838 г., Ленц опубликовал обработанные им результаты и этих своих наблюдений [Л. 16, 17].

За два месяца до возвращения из экспедиции 26-летний Ленц был заочно избран экстраординарным академиком ². В течение почти двух последующих лет он обрабатывал результаты своих наблюдений и предложил конструкцию самопишущего термометра [Л. 18]. Одновременно Ленц продолжал помогать Парроту в его опытах по изучению действия сильного давления на различные

¹ Александр Гумбольт (1768—1859)—выдающийся естествоиспытатель, постинымий в 1829 г. Россию и совершивший научную

поездку по Уралу и берегам Каспийского моря.

2 По возвращении из экспедиции летом 1830 г. он женился на Анне Петровне Гельмерсен. А. П. Гельмерсен уроженка г. Дерпта, сестра акад. Григория Петровича Гельмерсен (минералога и геолога, члена-учредителя Русского географического общества).

тела. Это исследование привело Паррота к выводу о том, что действие высокого давления в ряде случаев не может заменить катализатор (например, для случая соединения водорода с кислородом). Результаты своих наблюдений Паррот от своего имени и имени Ленца доложил в Академии наук 23 мая 1832 г., а затем опубликовал их. Характерно, что Ленц, принимавший деятельное участие в экспериментальной части работы, не разделял выводов Паррота и специально оговорил это несогласие следующим примечанием к опубликованной работе:

«Посколько я не разделяю мнения знаменитого автора этого мемуара и ряда следствий и утверждений в нем содержащихся, я не считаю излишним заявить здесь, что для меня было приятным долгом помогать моему уважаемому учителю в его опытах, составляющих данный мемуар, но что я не принимал никакого участия в объяснении результатов и в составленим самого мемуара. Поэтому я желаю предупредить то заблуждение, в которое может быть введен читатель, видя повторяемым наверху каждой страницы—Паррот и Ленц, «Опыты с сильным давлением» [Л. 19].

Не только эта оговорка, но и все работы, проведенные Ленцем по возвращении из Кавказской экспедиции, свидетельствовали о том, что уже в эти годы Ленц был вполне сложившимся самостоятельным ученым.

Несмотря на большой интерес, проявленный им к вопросам геофизики, он вскоре избрал темой своих исследований электромагнетизм и в первой же работе в этой области проявил себя как блестящий экспериментатор, глубокий и вдумчивый ученый.

ГЛАВА ВТОРАЯ

Первые исследования электромагнитных явлений (1831—1836). Баллистический метод изучения индукционных явлений. Изучение температурной зависимости сопротивления металлов. Закон Ленца. Открытие принципа обратимости. Прогрессивность физических воззрений Ленца.

СВОЮ исследовательскую работу в области электричества Ленц начал с разработки оригинальных экспериментальных методов, изобретения и усовершенствования приборов. В обработке экспериментальных данных он широко применял математический анализ и метод наименьших квадратов. Все это позволило ему достигнуть такой точности получаемых результатов, которые значительно превосходили результаты работ многих его современников, остававшихся на почве наблюдений чисто качественных опытов и словесных описаний.

Чтобы оценить новизну и плодотворность количественного метода, впервые внесенного Ленцем в изучение электромагнетизма, необходимо представить себе состояние экспериментальной техники к 1831 г., когда Ленц начал вести самостоятельную исследовательскую работу.

Посмотрим, какими возможностями располагал физик того времени для измерения электродвижущей силы, сопротивления и силы тока — величин, характеризующих состояние участка цепи постоянного тока (об измерении переменных токов речи еще не было, так как не был открыт их источник).

После появления теории Ампера (1820) более или менее отчетливым стало представление о величине тока, хотя оно и смешивалось иногда с понятием количества

электричества; были изобретены чувствительные приборы — мультипликатор Швейггера (1820), усовершенствованный затем Поггендорфом (1821), мультипликатор с двойной астатической стрелкой Нобили (1825). Однако закон, связывающий угол отклонения стрелки с величиной тока, не был еще установлен. Первый тангенс-гальванометр был изобретен профессором Гельсингфорского университета Нервандером (1833), намного опередившим француза Пулье (1837), которому обычно приписывается приоритет этого изобретения.

Термин «напряжение» был введен Вольтой, но не был им четко расшифрован и стоял вне всякой связи с понятием разности потенциалов, для измерения которой другом М. В. Ломоносова, русским академиком Рихманом давно уже был изобретен прибор — электрометр.

Не было методов и для измерения сопротивления. Ом предложил рассчитывать сопротивление из геометрических соображений по методу приведения всех проводников к одному сечению (по формуле $R=\frac{l}{5}$). Если же в цепи были участки из разных веществ, то сравнение их сопротивлений становилось невозможным; хотя и было известно, что металлы можно расположить в ряд по их проводимости, однако количественные данные еще не были получены.

Большая неясность была и в определении магнитных величин — шла борьба между приверженцами теории круговых токов Ампера и защитниками «магнитной жидкости». Под словом магнетизм понимали и фиктивную магнитную массу, и магнитный момент, и интенсивность намагничения. Единственным точным прибором, действие которого было теоретически обосновано, были крутильные весы Кулона для измерения магнитной массы и количества электричества, но применение их

требовало от экспериментатора исключительного мастерства.

Еще одно обстоятельство мешало постановке точных опытов—непостоянство напряжения гальванических элементов вследствие поляризации электродов. Правда, в это время уже было открыто термоэлектричество, благодаря которому Ому удалось доказать экспериментально свой закон, но применение термоэлемента было ограничено незначительностью его электродвижущей силы.

В тех немногих случаях, когда экспериментаторам удавалось устанавливать количественные соотношения, они работали лишь с относительными числами, ибо, разумеется, никаких единиц измерения и эталонов не существовало. Ленц первым понял необходимость введения эталонов и всегда стремился точно определить свои единицы ¹.

Ленц начал свои экспериментальные работы в мае 1831 г., когда Академией наук была отпущена на его опыты первая денежная сумма — 300 руб. [Л. 20]. Повидимому, он начал с изучения имевшихся измерительных приборов и проверки закона Ома. В пользу такого предположения говорят следующие факты. 15 февраля 1832 г. Ленц сообщил Академии о своей статье, направленной против ложных воззрений Мунке [Л. 21]. Содержание этой статьи обнаруживает, что Ленц уже немало поработал с крутильными весами, которыми пользовался и Ом для измерения силы тока (измерялся угол, на который необходимо закрутить нить для возвращения стрелки в первоначальное положение после включения тока). Ленц, обычно, очень осторожно относился к новым открытиям и имел обыкновение проверять их сам, между тем в работе, доложенной 7 ноября 1832 г., он усиленно подчеркивает свою убежденность в справедливости за-

¹ И. Я. Нервандер (1803—1848) — профессор физики в Гельсингфорсе, чл.-корр. Петербургской Академии наук с 19/XII 1842 г.

¹ В 1836 г. он выбрал в качестве эталона сопротивления медную проволоку диаметром 0,02976 линии и длиной $\hat{\bf l}$ фут (примерно 1,2 ом); в 1838 г. — $\hat{\bf l}$ фут медной вроволоки сечением 0,0098856 кв. дюйма при 15 2 R. т. е. 0,417 ом; эталон 1842 г. равен 0,237 ом.

³ Э. Х. Ленц.

кона Ома. Наконец, нам известно, какое значение придавал Ленц изучению измерительных приборов из его собственных слов: «Я считаю, что мы, физики, не должны отклоняться от метода астрономов, которые всегда начинают с всестороннего исследования применяемых измерительных инструментов [Л. 22, стр. 132]. В своей многолетней практике Ленц всегда придерживался этого правила.

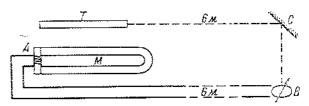
Таким образом, к моменту открытия электромагнитной индукции (1831 г.) Ленц был уже искусным экспериментатором, овладевшим всеми достижениями измерительной техники, хорошо знакомым с состоянием современной ему физики и стремившимся приблизить ее к разряду точных наук. Новое явление в избранной им области — электромагнетизме — интересовало его не только
само по себе, но и с точки зрения количественной. Ленц
сразу же использовал его для создания нового наиболее
точного для того времени метода измерения — баллистического.

В 1832 г., сейчас же после получения известия об открытии Фарадеем электромагнитной индукции, Ленц поставил себе задачу установить количественные законы этого явления и к 7 ноября того же года представил Академии наук замечательные результаты проведенного исследования [Л. 23]. Как мы уже упоминаля, в то время не существовало никаких точных приборов для измерения не только переменных, но даже и постоянных токов. Как и Фарадей [Л. 24, § 26], Ленц вначале считал индукционные токи мгновенными. На этом основании он построил теорию баллистического гальванометра, рассматривая действия тока, как удар, сила которого измеряется скоростью, сообщаемой стрелке мультипликатора. Эта скорость согласно теории баллистического маятника про-

пропорциональна $V 1 - \cos \alpha$, или $\sin \frac{\alpha}{2}$, где α — угол максимального отклонения стрелки.

Эти рассуждения Ленца полностью соответствуют современным представлениям о действии баллистического гальванометра, но дальше Ленц допустил некоторую неточность, считая, что скорость, сообщаемая стрелке мультипликатора, пропорциональна силе тока, а не количеству электричества, как это есть в действительности.

Несмотря на эту неточность, разработка и применение Ленцем баллистического метода были весьма прогрессивным фактом в развитии учения об электричестве. Во-пер-



Фиг. 4. Схема установки Ленца для изучения законов индукции.

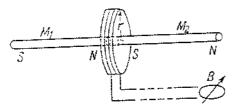
вых, количество электричества может служить мерой среднего тока за тот промежуток времени, в течение которого он протекает. При этом предполагается, что колебания отсутствуют. Если под термином «сила мгновенного тока индукции» понимать такой средний ток, то метод Ленца будет совершенно точен. Во-вторых, придуманный Ленцем метод дал ему возможность применить новый источник электродвижущей силы к исследованию многих явлений и открыть ряд новых важнейших законов, что затянулось бы на много лет, если бы он дожидался изобретения первого точного прибора для измерения переменных токов — электродинамометра Вебера (1846).

Метод баллистического измерения, изобретенный Ленцем, заключался в следующем. Отрывая якорь A от укрепленного на столе подковообразного магнита M, Ленциаблюдал через оптическую трубу T показания мультипликатора B в зеркале C (фиг. 4). Мультипликатор (фиг. 5) состоял из катушки, содержащей 74 витка медной проволоки диаметром 0,63 m, и астатической пары

магнитных стрелок. В зеркале отражались разделенный круг K и тоненькая деревянная пластиночка Y, прикрепленная воском к общей со стрелками оси и служившая указателем. Прибор был окружен стеклянным цилиндром, на котором лежала гладко отполированная стеклян-

👱 ная пластинка.

В то время когда закон Ома был еще очень мало известен, Ленц, учитывая его, но не имея прибора для измерения сопротивления, старался всюду, где было возможно, совсем исключать влияние сопротивления,



Фиг. 5. Схематическое устройство мультипликатора.

S = N

Фиг. 6. Расположение магнитов и якоря для доказательства независимости э.д. с. индукции от диаметра катушки.

проводя всю серию измерений с одним и тем же полным сопротивлением. Во всех случаях Ленц измерял его в единицах длины (приведенной).

При изучении зависимости тока от диаметра намотки Ленц видоизменил опыт: якорь A (фиг. 6) был укреплен неподвижно, а магниты M_1 иг M_2 одновременно отрывались в разные стороны.

Замечательными качествами Ленца, как экспериментатора, были его исключительная предусмотрительность и стремление исключить любые могущие возинкнуть ощибки.

Так, например, для того чтобы избежать влияния неравномерности кручения нити, на которой висела стрелка, Ленц делал два отсчета при противоположных положениях якоря относительно полюсов магнита, т. е. при различных направлениях индуцируемого тока. Он проверял, не ослабевает ли сила магнита в течение данной серии измерений, не влияет ли на показания прибора несимметричность намотки проволоки на якорь. Двойным отсчетом на обоих концах указателя он исключал влияние эксцентриситета оси стрелки и учитывал возможность возникновения термоэлектричества при прикосновении руки к месту соединения двух проволок из разного материала. Хотя Ленц и рассматривал индуцированный ток как мгновенный, он старался исключить различия в скорости движения якоря при отдельных отрываниях.

Это показывает, что Ленц еще в 1832 г. предполагал существование зависимости индукционного тока от скорости движения проводника. В одной из следующих своих работ Ленц провел ряд опытов специально для выяснения этого обстоятельства. Меняя скорость отрывания якоря, он нашел, что при не слишком медленных отрываниях зависимости от скорости не наблюдается. Так и должно было получиться, поскольку количество электричества (которое измерял Ленц, принимая его за величину тока) определяется разностью магнитных потоков в начальном и конечном положениях катушки. При медленном отрывании якоря баллистический метод оказывается неприменимым, так как время прохождения тока становится сравнимым с периодом колебания катушки гальванометра 1.

В результате глубокого продумывания и тщательного выполнения опытов Ленц достиг небывалой для того времени точности электрических измерений и установил следующие законы:

«1. Электродвижущая сила, которую возбуждает магнит в катушке с витками одинаковой величины при постоянной толщине проволоки, сделанной из одного и того же вещества, прямо пропорциональна числу витков.

¹ Через 15 лет Ленц вернулся к изучению зависимости видукционных токов от скорости движения якоря и изобрел способ изучения формы кривой переменного тока.

2. Электродвижущая сила, которую возбуждает магнит в окружающей его катушке, одна и та же для каждой величины витков».

Впоследствии Ленц, учитывая, что э. д. с., индуцируемая в витках, расположенных близко к краям катушки, будет зависеть от днаметра витков, дал более совершенную формулировку предыдущим двум законам: «электродвижущая сила, возбуждаемая магнитом в катушке, равна сумме электродвижущих сил, возбуждаемых в каждом витке».

- «З. Электродвижущая сила, возбуждаемая магнитом в катушке, остается одной и той же при любой толщине проволоки, т. е. не зависит от нее.
- 4. Электродвижущая сила, возбуждаемая в катушках, сделанных из различных веществ, при одинаковых условиях, одна и та же для всех веществ».

Сопоставляя два последних закона, мы приходим к выводу, что величина электродвижущей силы зависит лишь от условий ее возбуждения, но не от свойств той среды, в которой она возникает. Эта гениальная идея Ленца была впоследствии развита Максвеллом, сделавшим еще один шаг в указанном Ленцем направлении: та же электродвижущая сила порождается и в проводниках, и в диэлектриках без всякого участия катушки, которая является лишь частью измерительной схемы, обнаруживающей появление электродвижущей силы.

Возэрения Ленца намного опередили результаты современных ему физиков. Интересно отметить, что итальянцы Нобили и Антинори, заметив уменьшение тока для проволок с большим удельным сопротивлением, приписали этот факт различной способности изучавшихся веществ к возбуждению индукционных явлений.

Установленные Ленцем законы дали первую количественную характеристику явлениям индукции и способствовали, таким образом, возможности их практического применения. Это прекрасно понимал и сам Ленц. В приложении к этому исследованию он поставил и разрешил

задачу наивыгоднейшего устройства элементариого снаряда для получения индукционного тока и дал первую в мире формулу для расчета обмотки электромагнитного генератора.

При увеличении числа рядов обмотки э. д. с. растет медлениее, чем сопротивление, и при данной толщине проволоки и заданных параметрах магнитной системы для получения максимального тока требуется вполне определенное число рядов. Ленц нашел выражение для тока по закону Ома в следующем виде:

$$I = \varepsilon \frac{ld^2y}{\pi l \left[2ry + (d+\delta)y^2\right] + m(d+\delta)},\tag{I}$$

где в — э. д. с., возникающая в одном витке, не зависящая, как показал Ленц, от его днаметра;

l — длина покрытий обмоткой части якоря;

r-радиус якоря;

d-диаметр проволоки;

д-толщина изоляции проволоки;

тельное проволоки того же диаметра, составляющая внешнее сопротивление (удельное сопротивление материала проволоки принято за единицу).

Дифференцируя по y уравнение (I) и приравнивая результат нулю, Ленц нашел, что максимальный ток получится при числе рядов $n = \sqrt{\frac{m}{nI}}$, т. е. уже в 1832 г. Ленц доказал, что выбор наивыгоднейшей обмотки якоря определяется сопротивлением внешней цепи.

Первым, кто воспользовался этими законами, были сам Э. Х. Ленц и его друг Б. С. Якоби. Отметим также, что новизна и смелость этой работы Ленца испугали издателя распространенного в то время журнала "Анналы физики и химии" Поггендорфа и он не решился опубликовать ее 1. В течение трех лет с заме-

¹ В дальнейшем Поггендорф перепечатывал почти все работы Лениа. Многие статьи его переводились также на французский и английский языки.

чательными выводами Ленца могли знакомиться только читатели мемуаров Петербургской академии наук, где работа его была опубликована в 1833 г.

Огромное значение в истории физики имели работы Ленца по изучению температурной зависимости сопротивления металлов. В первые же годы своей исследовательской работы Ленц понял важность количественного подхода к изучению связи тепловых и электрических явлений. Еще в 1800 г. Фуркруа. Вокелен и Гашен указывали, что выделение тепла при прохождении электрического тока через проводники связано с сопротивлением их. Вскоре Дэви обнаружил увеличение сопротивления металлических проволок при нагревании, но лишь в качественной форме.

Изобретенный Ленцем в 1832 г. баллистический метод измерения тока (количества электричества) позволил ему взяться за количественное исследование закона изменения сопротивления с температурой, так как этот метод обеспечивал постоянство электродвижущей силы при каждом опыте и возможность быстро производить отсчеты. Что касается тепловых измерений, то они стояли уже на значительно более прочном основании, чем электромагнитные. К 1822 г. Фурье закончил создание теории теплопроводности. Точные измерения температуры были уже хорошо освоены. Однако и здесь Ленц в своем стремлении достичь максимальной точности творчески развивал и совершенствовал имевшиеся методы.

Исследуя температурную зависимость электропроводности металлов, Ленц окружал шарик термометра испытуемой проволокой и помещал в сосуд с деревянным маслом.

Измерения тока производились при нагревании и затем при тех же температурах при охлаждении прибора, чем исключалось влияние неодновременного нагревания спирали и термометра. Повторяя аналогичные опыты с другими металлами, он в 1836 г. приступил к измерению тока, лишь подобрав такую высоту пламени, которая обеспечивала устойчивую температуру сосуда. «При некоторой практике этого было нетрудно добиться,— писал Ленц, — и мне всегда удавалось поддерживать температуру с точностью до ½° в течение четверти часа, пока наблюдались 4 отклонения стрелки» [Л. 25, стр. 440].

Обрабатывая результаты своих измерений по методу наименьших квадратов, он установил, что электропроводность металлов может быть выражена формулой

$$\gamma = \gamma_0 + \gamma_1 T + \gamma_2 T^2$$
,

где T — температура проволоки; $\gamma_0, \ \gamma_1, \ \gamma_2$ — опытные постоянные.

За единицу удельного сопротивления принималось сопротивление меди при температуре опыта, но так как опыты проводились в разные дни, у каждой серии измерения оказывалась своя единица. Чтобы получить возможность сравнивать свои формулы, Ленц строил температурную зависимость для меди, вычислял по ней отношение удельных электропроводностей меди при температуре опыта и при температуре 15° и умножал свои формулы на этот поправочный коэффициент, отчего постоянные 70, 71, 73 немного изменялись.

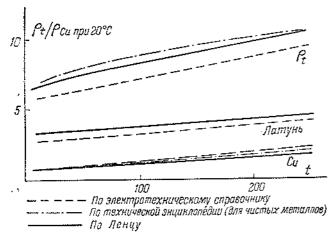
Коэффициенты γ_0 и γ_2 оказались положительными, а γ_1 — отрицательным, что и должно получиться, если мы вспомиим современную формулу температурной зависимости электропроводности $\gamma = \gamma_0 e^{\alpha (T_0 - T)}$, где γ_0 — проводимость, соответствующая температуре T_0 . Если разложить правую часть в ряд и удержать в этом разложении три члена, мы получим:

$$\gamma = \gamma_0 e^{\alpha T_0} \left(1 - \alpha T + \frac{\alpha^2}{2} T^2 \right),$$

т. е. формулу Ленца. Нелишне отметить, что в инженерной практике сегодняшнего дня обычно довольствуются двумя членами этой формулы.

На фиг. 7 приведены графики для сравнения современных кривых температурной зависимости сопротивле-

ния и кривых, построенных по экспериментальным точкам Ленца, полученным им более 100 лет назад [Л. 26]. Ленц исследовал температурную зависимость сопротивления меди, латуни, железа, платины, серебра, золота, свинца и олова. Металлы были не химически чистые, а обычные, употреблявшиеся в русской технике, лишь серебро было чистым. Золото, по данным качественного



Фиг. 7. Зависимость удельного сопротивления платины, меди и латуни от температуры.

анализа, содержало небольшую примесь серебра. Из фиг. 7 видно, что кривые, построенные по современным данным для химически чистых и обычно употребляющихся в технике металлов, больше отличаются друг от друга, чем от кривых Ленца.

Наиболее фундаментальным из всех открытий Ленца было установление закона, носящего его имя и обычно ошибочно называемого «правилом».

29 ноября 1833 г. Ленц доложил Академии наук результаты своих работ, проведенных в 1832 г. Доклад этот был опубликован под заглавием «Об определении направления гальванических токов, возбуждаемых электродинамической индукцией» [Л. 36].

В первоначальной формулировке Ленца этот закон 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».

В этой работе Ленц писал: «Сейчас же по прочтении статьи Фарадея я пришел к мысли, что все опыты по электродинамической индукции могут быть легко сведены к законам электродинамических движений , так что если эти последние считать известными, то будут определены и первые; так как это мое представление оправдалось на ряде опытов, то я и изложу его в последующем, проверяя отчасти на уже известных и отчасти на нарочно для этой цели поставленных опытах».

Ленц сопоставил семь пар опытов с возбуждением индукционных токов с соответствующими случаями механического взаимодействия, описанными Фарадеем; Ампером, Эрстедом, Барлоу, де-ля Ривом и специально поставленными им самим опытами и показал, что установленный им закон во всех случаях подтверждается.

В своей статье Ленц указывал, что этот закон должен заменить два отдельных и не во всех случаях применимых правила Фарадея для вольта-электрической и магнито-электрической индукции ².

Действительно, второе правило Фарадея, изложенное им на двух страницах «Экспериментальных исследований» [Л. 24, § 114—116], настолько неудобно в практическом применении, что он даже предложил построить

¹ Речь идет об установленных Ампером законах взавмодействия токов и магнитов.

² Вольта-электрической индукцией Фарадей назвал индукцию при включении и выключении батарен в соседнем контуре, а магнито-электрической—при движении проводника вблизи магнита.

специальный приборчик для облегчения пользования этим правилом. Ленц же объединил оба правила в один закон и свел, так сказать, задачу к предыдущей, уже решенной Ампером. Поэтому в смысле облегчения работы с индукционными явлениями его закон был очень полезен современникам, которые вначале только с этой точки зрения его и расценивали.

В 1748 г. основоположник русской физики великий русский ученый Михаил Васильевич Ломоносов писал: «Все перемены, в натуре случающиеся, такого суть состояния, что сколько чего у одного тела отнимается, столько присовокупится к другому, так, ежели, где убудет несколько материи, то умножится в другом месте... Сей всеобщий естественный закон простирается и в самые правила движения, ибо тело, движущее своею силою другое, столько же оныя у себя теряет, сколько сообщает другому, которое от него движение получает» [Л. 27, стр. 341].

В таком виде Ломоносовым была сформулирована глубоко материалистическая идея сохранения материи и движения, оказавшаяся в его руках могучим средством исследования различных физических явлений, в частности построения кинетической теории тепла.

В работах Ломоносова был предуказан дальнейший путь развития физики на много лет вперед. По мере роста промышленности и совершенствования техники эксперимента физики получали возможность вести точные количественные исследования, конкретизировать идею Ломоносова о сохранении движения в виде закона сохранения энергии. Однако к 30-м годам 19 века мысли Ломоносова о взаимосвязи различных форм движения материи большинством физиков игнорировались, и признание закона сохранения энергии пришло лишь после опубликования работ Майера (1841). Грове (1842), Джоуля (1843). Гельмгольца (1847) и др. Исчерпывающая характеристика закона сохранения энергии как абсолютного закона природы была дана только с позиции

диалектического материализма в трудах Ф. Энгельса: «Теперь было доказано, что все бесчисленные действующие в природе причины, которые до сих пор вели какоето непонятное и таинственное существование в виде так называемых сил, — механическая сила, теплота, излучение (свет и лучистая теплота), электричество, магнетизм, химическая сила соединения и разложения, — являются особыми видами, формами существования одной и той же энергии, т. е. движения» [Л. 28, стр. 649].

«Единство всех форм движения в природе теперь уже не просто философское утверждение, а естественно-научный факт.» [Л. 28, стр. 650].

Необходимо подчеркнуть, что в законе сохранения энергии существенным является представление о взаимиых превращениях различных форм движения материи, ранее метафизически разделявшихся.

«Теперь уже не приходится доказывать как нечто новое, что количество движения (так называемая энергия) не изменяется, когда из кинетической энергии (так называемой механической силы) оно превращается в электричество, теплоту, потенциальную энергию и т. п. и наоборот; это раз навсегда служит теперь основанием более глубокого исследования самого процесса превращения, того великого основного процесса, в познании которого заключается все познание природы» [Л. 28, стр. 11].

Какое же отношение к установлению закона сохранения энергии имеет открытый Ленцем закон, определяющий направление индуцируемого тока?

Рассмотрим такой случай. Магнит или проводник с током перемещается под действием внешней силы вблизи замкнутого проводника. В последнем возникает ток, т. е. механическая энергия перемещения магнита или проводника с током превращается в электромагнитную энергию тока индукции. При этом согласно закону Ленца и согласно закону сохранения энергии направление индуцируемого тока будет таково, чтобы препятст-

всвать движению, которым он был вызван. Или, иначе, перемещение магнита в присутствии замкнутого проводника требует большей затраты механической энергии, чем в отсутствии его, так как в первом случае часть механической энергии переходит в электромагнитную энергию индуцированного в проводнике тока, препятствующего движению магнита. Отсюда ясно, что закон Ленца представляет собой не что иное, как частный случай закона сохранения энергии при взаимных превращениях механической и электромагнитной энергии.

Важно подчеркнуть, что закон Ленца был установлен за 8 лет до появления первой работы Майера и, таким образом, именно ему принадлежит несомненная заслуга начала тех работ, в результате которых естествознание подошло к точной количественной формулировке, высказанной Ломоносовым в общем виде универсальной идеи сохранения материи и движения.

В 1845 г. появилась первая математическая теория индукции, разработанная Францем Нейманом. Нейман вывел выражение для электродвижущей силы в, возникающей в элементе проводника при движении его со скоростью в относительно индуцирующего тока:

$$\varepsilon = -kvF_{n}$$
,

где k — универсальная постоянная, зависящая только от выбора единиц (не зависящая, как доказал Ленц, от вещества), а F_v — проекция электродинамического действия на направление движения. В формуле этой знак минус — следствие закона, открытого Ленцем.

Несомненно под влиянием экспериментальных методов Ленца Нейман ввел в свою теорию такие понятия, как дифференциальный ток — количество электричества, протекающее через сечение проводника за время dt, и интегральный ток, который измерял Ленц в своих первых работах.

Опираясь на математическое выражение закона Ленца, данное Нейманом, Гельмгольц в своем знамени-

том труде «О сохранении силы» смог сформулировать закон сохранения энергии для случая движения проводника с током в магнитном поле. Таким образом, энергетический смысл открытого Ленцем закона не остался незамеченным. Гораздо позже было понято колоссальное значение закона Ленца для электротехники.

В научном творчестве Ленца гармонически сочетаются глубокие научные обобщения с решением важнейших технических задач. Все его работы в большей или меньшей степени оказали влияние на формирование современной электротехники. В большинстве случаев Ленц решал фундаментальные физические проблемы, из которых попутно вытекали технические приложения, но бывало и наоборот: решая техническую задачу, Ленц приходил к открытию новых физических законов.

Закон Ленца, открытый им в 1833 г., с точки эрения практической электротехники может быть истолкован, как фундаментальнейший принцип обратимости двигателя и генератора. Более четко, чем в формулировке, приводившейся на стр. 43, эта сторона закона выражена Ленцем в статье «О некоторых опытах из области гальванизма» [Л. 29]: «Каждый электромагнитный опыт может быть обращен таким образом, что он приведет к соответствующему магнитоэлектрическому опыту. Для этого нужно только сообщить проводнику гальванического тока какимлибо иным способом то движение, которое он совершает в случае электромагнитного опыта, и тогда в нем возникнет ток направления, противоположного направлению тока в электромагнитном опыте».

В нашей литературе встречаются неверные утверждения о том, что Ленц открыл закон обратимости благодаря сотрудничеству с Якоби. В действительности же, Ленц сформулировал свой закон за два года до создания первого двигателя Якоби и за 4 года до приезда Якоби в Петербург, т. е. совершенно самостоятельно. Но, что гораздо существеннее, в 1838 г. Ленц практически обратил в двигатель машину Пиксии (за 22 года до Пачинот-

ти и за 35 лет до Фонтена). В этой машине якорь и магнит имели подковообразную форму и были обращены друг к другу своими концами, причем вращался стальной магнит, а якорь из мягкого железа, в обмотки которого индуцировался ток, был укреплен неподвижно.

Для того чтобы заставить машину Пиксии работать в двигательном режиме. Ленц заменил в ней коммутатор Ампера (коромысло) вращающимся коммутатором Якоби, который насаживался непосредственно на ось стального магнита и давал возможность получать пульсирующий ток постоянного направления. При включении обмотки якоря в цепь гальванической батарен Волластона из 12 элементов с поверхностью электродов 77 см² магнит начинал вращаться.

«Можно легко дать себе отчет, — заканчивает Ленц описание этого опыта, —в необходимости этого вращения во всех подробностях: в сущности это ни что иное, как вращающаяся машина (двигатель — авт.) проф. Якоби, в которой электромагнит заменен стальным магнитом.

Таким образом, русский физик Ленц, опередив развитие электротехники на четверть века, не только сформулировал, но и практически осуществил обращение в двигатель первой магнитоэлектрической машины с выпрямлением тока.

Примерно к тому же времени, когда Ленц сформулировал свой закон, относится его полемика с профессором Московского Университета Михаилом Григорьевичем Павловым ¹. В 1833г. Павлов опубликовал учебник физики {Л. 30}, в котором сделал неудачную попытку дать стройную картину физических знаний. Неудачной эта попытка была потому, что изложение материала велось по надуманной схеме, навеянной натурфилософскими идеями.

Как правильно заметил Ленц, назвавший теорию Павлова «фантастичной и безосновательной», она была совершенно оторвана от экспериментальных фактов. Герцен, положительно отозвавшийся об общественной деятельности Павлова, также указывал, что «физике было мудрено научиться на его лекциях». Не останавливаясь на изложении сущности теории Павлова, заметим, что полемика Ленца с Павловым явилась лиць одним из эпизодов острой идеологической борьбы, развернувшейся в те годы в русском естествознании. В числе ученых, критиковавших русских шеллингианцев, были выдающийся русский математик Т. Ф. Осиповский, физиолог А. М. Филомафитский, биолог Я. К. Қайданов. На тех же антишеллингианских позициях стояло и большинство русских академиков. Так, в 1831 г. Академия дала резкий профессору Медико-хирургической академии отпор Д. М. Велланскому, представившему составленный им курс физики на соискание Демидовской награды. Академики А. Я. Купфер, В. Қ. Вишневский, П. В. Тарханов и Г. Г. Гесс в своем отзыве писали: «Из такого содержания рассмотренной физики явствует очевидно, что на горизонте Российского просвещения сияет уже Германская натуральная философия во всем ее блеске. Сколько сня философия опасна быть должна для всех вообще наук, судить можно и потому, что почтенный автор сей книги даже после тридцатипятилетнего занятия физическими науками все еще решительно считает оную единственным источником всей премудрости... Не признает ли Конференция полезным, чтобы были положены справедливые пределы распространению такого учения для ограждения учащегося юношества от вредных последствий» [Л. 31, стр. 16—17]. Акад. Я. Д. Захаров дал более мягкий отзыв: «безвредно философствовать никому не возбраняется», но уловил идеалистическую сущность системы Велланского: «Его физика касается до всей вселенной, основания ее суть метафизические, выведенные из понятий отвлеченных; посему теоретические изъясне-

¹ Павлов Михаил Григорьевич (1793—1840)—профессор физики, минералогии и сельского хозяйства; занимал кафедру физики Московского Университета с 1827 по 1835 г.

⁴ Э. X Ленц.

ния в оной вовсе противны мнению прежних и тех теперешних физиков, кои следуют атомической системе; ибо он, стараясь утвердить динамическую, на одних силах основанную, построил свою, почитает теплоту и овет за существа невещественные и, соединяя друг с другом идеальные существа, производит из оных тела вещественные» [Л. 31, стр. 17].

Еще раньше, в 1812 г., на основании отзыва академиков П. А. Загорского, Н. Я. Озерецкого, А. И. Шерера и С. Е. Гурьева об «анатомико-физиологической диссертации о глазе и зрении человеческом» того же Велланского, Конференция отказалась принять его в адъюнкты, так как он во всех своих сочинениях употреблял «язык новой философии, т. е. то самое пустословие, которым Шеллинг и его последователи старались обыкновенные и простонародные понятия сделать оригинальными и глубокомысленными, а взгромождению смелых, несвязных и часто ложных предположений придать вид системы...

...Из сочинений, писанных подобно рассмотренному ею, она (Конференция — авт.) не может сделать никакого употребления» [Л. 31, стр. 11].

Рецензия Ленца на книгу Павлова представляет интерес прежде всего потому, что это единственная статья, где он говорил о своих взглядах в области философии физики. С этой точки зрения наиболее характерным пунктом рецензии является критика определения физики, данного М. Г. Павловым. Павлов рассматривал физику как науку о силах прпроды и изгнал из нее акустику, так как акустика — учение о частном виде двяжения, а наука о движении -- механика по Павлову -- особая, не связанная с физикой. «Если бы автор был прав, писал Ленц, - то перед приверженцами вибрационной теории света стала бы ужасная альтернатива или переменить свое убеждение на другое, гораздо менее удовлетворительное, или выбросить из физики одну из прекраснейших отраслей. Ведь если колебания воздуха чуждый физике предмет, то это в такой же степени от-

носится и к колебаниям эфира, и если когда-нибудь удалось бы свести к вибрационной гипотезе теорию тепла, к чему, как известно, ведет некоторая аналогия со светом, то и она была бы изгнана из физики, а в конце концов мы пришли бы к тому, что оставили физику без предмета. Но что хуже всего, наши первые физики (оказывается) прямо стремятся к тому, чтобы опустошить свою науку. 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 сил. Но если бы мы достигли этой высшей цели, то такое учение, по мнению автора. перестало бы принадлежать физике и попало бы в механику. Это противоречие возникает только из-за ошибочных взглядов автора на сущность физики. В неорганической природе все происходит по механическим1 законам, следовательно механика, как чистое учение о движении и равновесни, содержит в себе также законы для каждого отдельного случая, тогда она содержит также и общие законы колебаний эластической жидкости, но применение ее к колебаниям воздуха, особым явлениям, которые в связи с этим происходят, сравнение теории с опытом 1, это все принадлежит физике и составляет собственно ее сущность.

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» [Л. 32, стр. 145—146].

Выступление Ленца против Павлова является единственным его откровенным высказыванием в пользу механистического материализма. В учебниках своих и научнопопулярных статьях он не был столь же последователен,

¹ Курсив у Ленца.

разделяя в течение многих лет свой учебник на две части-«О весомых» и «О невесомых». Поэтому весьма интересно выяснить, как Ленц представлял себе эти невесомые. Вот что он писал о магинтной жидкости: «При намагничивании железа магнетизм не передается железу, но только возбуждается в нем, следовательно, он уже прежде существовал в железе, но только не обнаруживал никакого действия. Так как свойство магнитности в железе и вообще в магнитах есть нечто, не необходимо, 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, то магнетизм принимают за свойства особенного вещества [Л. 33, отд. I, стр. 10], которое рассматривают как жидкость». Эти рассуждения Ленца не мещают ему в другом месте курса развивать теорию круговых токов Ампера, которая «также объясняет все явления взаимного действия токов и магнитов».

Аналогичны высказывания Ленца об электрических жидкостях: «Рассматривая электричество как свойство тел, мы должны допустить, что это свойство вовсе не соединено с телами, как, например, тяжесть, но что оно напротив весьма легко передается с одного тела на другое. Но 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 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 переливаться из одного тела в другое.

Впрочем, не надо забывать, что существование электрических жидкостей есть только гипотеза, потому что

есть одно свойство тел, которое передается другому без передачи вещества, это — движение, при ударе, например, упругого шара о другой, движение первого вполне передается другому, а сам первый остается в покое. Поэтому открывается возможность допустить, что электричество есть особого рода движение, надобно, однако, присовокупить, что теория электрических жидкостей удобнее объясняется, почему ее и принимали постоянно» [Л. 33, отд. II, стр. 40].

Что касается теплорода, то в 1848 г. в одной научнопопулярной статье Ленц писал, что он не выдает эту гипотезу как совершенно верную и абсолютно истинную, а рассматривает, как «воззрение с опытом согласное и могущее заменить еще неизвестное нам понятие о существе теплорода» [Л. 34, стр. 70].

«Может показаться, — говорит Ленц, — что при отсутствин 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 нащи по несовершенству их обнаружить не могут... Кроме того, нельзя сказать, чтобы понятие о материи было нераздельно 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 перестает 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 общне свойства материи, а именно протяженность и непроницаемость и которое поэтому должно быть названо невесомой материей. За такую материю мы

должны принимать теплород... Нет никакого сомнения, что теплород переходит от горячих тел в другие тела точно так же, как и свет, и с подобною же скоростыо...»

Приведенные высказывания Ленца позволяют сделать следующие выводы. Ленц понимал «невесомые» материалистически, как жидкости, обладающие определенными физическими свойствами. Он не был удовлетворен имевшимися представлениями и не рассматривал гипотезу о «невесомых» как единственно возможную. Он пользовался ими лишь в педагогических целях и считал высшей целью физики сведение всех явлений к механическим движениям. В 30—40-х годах 19 века такая позиция была, несомненно, прогрессивной.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

Педагогическая деятельность Ленца в 1835—1847 г. Избрание академиком. Начало педагогической деятельности. Физико-математический факультет Петербургского Университета и роль Ленца в его реорганизации. Ленц — декан факультета. Первые ученики Ленца. Учебинки по физике для гимназий. Популяризация физики в русской литературе.

5 СЕНТЯВРЯ 1834 г. Ленц был избран ординарным академиком по физике на место умершего 22 июля Василия Владимировича Петрова. Так и формально и по существу Э. Х. Ленц стал преемником первого русского электротехника — продолжателя славных традиций русской науки, традиций Ломоносова.

В том же году он был включен в состав Комитета по постройке одного из крупнейших научных учреждений России — астрономической обсерватории. Назначение это было связано с метеорологическими и географическими работами Ленца, так как одной из основных задач этой обсерватории было удовлетворение разнообразных запросов мореплавания. Э. Х. Ленц по праву считался крупнейшим специалистом в области геофизики и особенно физики моря.

Организовав научно-исследовательскую работу в физической лаборатории Академии наук, Ленц стал искать возможность излагать результаты своих исследований в каком-либо высшем учебном заведении. Среди немногочисленных учебных заведений Петербурга только Университет имел в своих учебных планах курс физики в объеме, соответствующем намерениям Ленца. Но Университет не имел никакой связи с Академией, и преподавание там, казалось, было для Ленца невозможным.

Стремление Ленца к педагогической работе послужило причиной назначения его инспектором воспитательных заведений и частных учебных пансионов Петербурга. Вскоре вслед за этим назначением Ленцу удалось и самому начать преподавание физики. Первым учебным заведением, где Ленцу представилась эта возможность, был Морской кадетский корпус. Приглашенный для преподавания физики в это среднее военно-учебное заведение в 1835 г., Ленц прежде всего занялся пополнением физического кабинета и составил список необходимых приборов по всем отделам физики — всего 80 приборов на сумму 12 846 руб. Это был невиданный ранее размах и, конечно, Ленц не получил всей суммы. Для немедленного приобретения были намечены 13 приборов, в том числе 11 из области электричества; сюда входили: универсальный «электромагнетический, термоэлектрический и магнитоэлектрический аппарат», сконструированный самим Ленцем, мультипликатор, «волостонические и цимбанические колонны» (батарея Волластона и сухой столб Замбони), «вольтов электромер по конструкции Фарадея», 30 фунтов ртути, «селитряная и серная кислоты к гальваническому употреблению» и т. д. [Л. 35]. И в следующие годы кабинет усиленно пополнялся новыми приборами, в частности в 1837 г. была приобретена магнито-электрическая машина Кларка, изобретенная в 1836 г., и другие едва появившиеся приборы [Л. 36].

В декабре 1835 г. произошло событие, сыгравшее большую роль в жизни Эмилия Христиановича Ленца и оставившее глубокий след во всей истории русской физики. Нарушая сложившуюся традицию отчуждения Академии от Университета, декан физико-математического факультета С. Петербургского Университета чл.-корр. Академии наук Дмитрий Семенович Чижов пригласил на кафедру физики Университета акад. Ленца. Чтобы оценить значение этого факта, надо несколько подробнее остановиться на истории развития физико-математического факультета со времени его образования.

Реформы Сперанского в первые годы царствования Александра I потребовали большого количества людей, подготовленных для государственной службы, преподавания в гимназиях и «приуготовления себя к профессорскому званию». Естественно, что одного Московского университета было для этого недостаточно. В первые годы 19 века были открыты университеты в Дерпте, Казани и Харькове, причем в них были организованы физико-математические факультеты. При утверждении 8 (20) февраля 1819 г. преобразования Главного педагогического института в С. Петербургский Университет в нем был учрежден и физикоматематический факультет.

Более позднее (примерно на 15 лет) образование С. Петербургского Университета не могло не сказаться на его положении среди других университетов России. К этому времени физико-математические факультеты Казанского и Харьковского университетов успели не только окрепнуть, но и выдвинуть из числа первых своих студентов выдающихся математиков.

В Петербургском же Университете преподавание основных предметов физико-математического факультета было поставлено значительно хуже, чем в других университетах. Для преподавания физики и математики не был привлечен ни один из академиков, хотя Академия наук находилась буквально в нескольких шагах от Университета.

Такое положение было, повидимому, вызвано тем, что преобладавшая в Академии реакционная часть академиков, неодобрительно относившаяся к созданию Петербургского Университета, сознательно не желала оказывать ему помощь. Скрытая вражда Академии к Университету существовала до самого прихода в последний Э. Х. Ленца.

На протяжении первых 20 лет чтение основных курсов — математики и физики — поручалось мало подготовленным преподавателям. По отзывам современников математику читали так, что она «...не возбуждала интереса к науке у слушателей» [Л. 37]. Различные отделы ее

читались с разной степенью глубины, часто менявшиеся преподаватели излагали предмет без единого плана.

Только преподавание одного раздела ее — теоретической механики — было поставлено значительно лучше. На протяжении 25 лет ее читал один из самых выдающихся профессоров России, декан факультета Дмитрий Семенович Чижов.

Не ограничиваясь изложением курса механики в пределах принятого тогда учебника, представлявшего сугубо теоретическое изложение, почти не имевшее примеров приложения выводимых законов к практическим потребностям, Д. С. Чижов дополнял его сведениями из заводской механики. В 1823 г. он издал специальное дополнение к курсу, читанному им в Главном инженерном училище, но использованное им также на лекциях в Университете под названием «Записки о приложении начал механики» [Л. 38].



Здание двенадцати коллегий, где помещался С. Петербургский Университет (ныне Ленинградский Государственный Университет им. А. А. Жданова).

Достоинства этой работы настолько очевидны и неоспоримы, что не только современники Д. С. Чижова, но и последующие исследователи отмечали ее роль в развитии механики. Неудивительно поэтому, что до самого своего ухода из Университета Чижов с неизменным успехом читал механику с ее приложениями к практическим нуждам. Но если преподавание механики было поставлено достаточно хорошо, то преподавание физики велось на невысоком уровне. Лекции по физике в этот период (1819—1831) вел проф. Н. П. Щеглов, читавший «общую и частную физику». С 1825 г. курс частной физики начал читать также кандидат наук первого выпуска Университета (1823 г.) Н. Т. Щеглов.

Николай Прокофьевич Щеглов был, несомненно, одним из выдающихся профессоров Университета первых лет его существования. Обладая незаурядными способностями, необычайно разносторонними интересами, редким трудолюбием, он сыграл некоторую роль в распространении физических знаний, хотя значение его работ по физике обычно сильно преувеличивают.

Так, восторженный, но значительно преувеличенный отзыв о его лекциях мы находим в речах ректора Университета П. Плетнева: «Он показал разительный пример, как усилия одного человека, без великих открытий расшкряют область науки» [Л. 39, стр. 44]. Характеризуя Щеглова как прекрасного лектора, историк Университета первых лет его существования В. В. Григорьев хотя и не согласился с оценкой П. Плетнева («...область науки, полагаем мы, Шеглов не расширил», — пишет он, комментируя приведенную выше фразу П. Плетнева [Л. 40, стр. 71], но все же дает ему весьма лестную характеристику: «Лекции по своему предмету читал он превосходно; следя за всеми успехами науки за границей; излагая ясно, отчетливо, занимательно; приучая одинаково и любить отвлеченное знание, и стремиться к практическому его приложению. Но мало того, что преподавание его пристращало слушателей к физике, оно имело благодетельное влияние и на расположение их ко всем естественным наукам: химия, минералогия, ботаника, технология были столь близки его сердцу, как и физика... лекции такого горячего и многостороннего человека, о чем бы ни читал он, естественно не могли ограничиться одной его специальностью: из физики беспрестанно забегал он в химию,

в технологию; каждое замечательное открытие в области знаний, которыми он занимался, увлекало его, и он не мог воздержаться, чтобы при малейшем к тому поводу не сообщить его слушателям. Оживление на его лекциях царствовало неизменно» [Л. 40, стр. 70].

Как лектор Щеглов, может быть, и обладал перечисленными достоинствами — об этом мы не можем судить, не располагая свидетельствами его слушателей, но как ученый-физик высокой оценки он не заслуживает.

Н. П. Щеглов издал написанные им в 1824 г. «Основания общей физики» [Л. 41], а несколькими месяцами позднее также и «Основания частной физики», кн. 1 [Л. 42]. В это же время Н. П. Щеглов приступил к изданию обширного курса физики в 4-х томах с разделением общей и частной физики на ряд разделов. Так, в этом курсе предполагалось рассмотреть помимо вопросов общей физики, механики и теплоты также и явления электрические и магнитные — этому должен был быть посвящен 4 том учебника. Осуществить этот замысел Н. П. Щеглову помешала смерть от холеры 26 июня 1831 г.

В 1824—1831 гг. Н. П. Щеглов издавал «Указатель открытий по физике, химии, естественной истории и технологии» 1, сыгравший известную роль в распространении естественно-научных знаний в России. Однако и здесь Щеглов основное внимание уделял химии, химической технологии и меньше всего физике.

В 1831 г. со смертью Н. П. Щеглова чтение всех разделов курса физики перешло к Н. Т. Щеглову, сумевше-

Через Рунича Щеглов систематически подносил выходящие номера Указателя Александру I и добивался разрешения на повышение цены книг. Дважды получил денежное пособие от царя

из кабинетских денег [Л. 44, 45].

му, несмотря на небольшой педагогический опыт, коренным образом изменить преподавание физики. Также резко отличаются изданные им «Начальные основания физики» (Л. 46) от упомянутых ранее работ Н. П. Щеглова. Впервые Н. Т. Щеглов, считая физику неразрывно связанной с математикой, применяет математический анализ физических явлений. Особенно подробно останавливается Щеглов на изложении разделов «Теплота», «Свет», «Электричество и магнетизм».

Одним из крупнейших недостатков преподавания физики в Петербургском Университете был исключительно описательный характер этого курса. Изучение физики ограничивалось лишь слушанием лекций. Практических занятий, закрепляющих знания физических законов, не проводилось вовсе, несмотря на то, что еще с 1822 г. существовал физический кабинет, организованный известным в Петербурге механиком Роспини 1. Этот кабинет находился в жалком состоянии. Так, например, за 5 лет (1820—1825) на содержание его химической лаборатории было израсходовано всего 200 руб., из которых на опыты — лишь 50 руб. Не было ни лаборантов, ни механика; демонстрации опытов почти не производились. При Н. П. Щеглове, уделявшем внимание, главным образом, естественной истории, физический кабинет почти не использовался. Н. Т. Щеглов пытался пополнить кабинет, но почти безуспешно.

Реорганизация Университета, проведенная при введении Устава 1835 г., почти не коснулась физико-математического факультета — она заключалась лишь в слиянии кафедр физики и физической географии да превращении

ческий кабинет, не представлявший почти никакой ценности.

¹ Издание Указателя Щеглов осуществил при поддержке Д. Рунича. В награду за участие в "деле" Университета 1821 г. (Щеглов был одним из трех активных сторонняков Рунича и первым выступил против обвинявшихся в "свободомыслии" профессоров. За это ему были обещаны всяческие "милости" императора). Рунич выхлопотал Щеглову финансовую поддержку издания, печатание его на "казенной бумаге, по казенной цене" и предписание всем гимназиям выписывать Указатель.

¹ В 1819 г. Роспини предложил Министерству народного просвещения свой физико-математический кабинет за 75 000 руб. На это предложение решено было "объявить просителю, что по неимению достаточных на приобретение драгоценного и многостоящего собрания сумм... просьба его удовлетворена быть не может", "хотя приобретение того кабинета он (попечитель учебного округа.—авт) находит весьма полезным" [Л. 47].
В 1821—1822 гг. Роспини организовал в Университете физи-

ранее самостоятельного факультета во Второе отделение вновь созданного философского (с сохранением, однако, должности декана Второго отделения). Продолжительность обучения была повышена до четырех лет. Зато значительные изменения произошли в учебных планах и программах по математике и физике. По новым учебным планам чистая и прикладная математика и физика (включая физическую географию) проходилась в течение всех 4 лет. Программа по математике при этом была построена так, что прохождение основных ее разделов (тригонометрия, аналитическая и начертательная геометрия, дифференциальное и интегральное исчисление) предшествовало изучению частной физики, так как разделы «Свет» и «Электричество» все в большей степени требовали математической подготовки. В программах физики эти разделы ее занимали все большее место, частично даже за счет сокращения объема механики.

Следствием таких изменений явилась необходимость обновления состава преподающих. Это, в первую очередь, касалось кафедры физики, где Н. Т. Щеглов не мог сбеспечить постановки преподавания этого важнейшего предмета на достаточно высоком уровне. После тщательного обсуждения кандидатур декан факультета Д. С. Чижов пригласил на кафедру физики ординарного академика Эмилия Христиановича Ленца.

В числе прочих неоспоримых заслуг Дмитрия Семеновича Чижова перед Университетом, пожалуй, наибольшей является приглашение в Университет Ленца.

Из всех возможных кандидатур не было ни одной более подходящей для руководства занятиями по физике и общего руководства физико-математическим факультетом, чем Эмилий Христианович Ленц. Его глубокие знания физики и физической географии, умение излагать материал (о чем можно было судить по первым его работам), огранизационные способности, проявленные при подготовке экспедиции Коцебу и работе в физическом

кабинете Академии наук, — все это свидетельствовало о правильности выбора Чижова.

Для Ленца такое приглашение также было весьма удачно. При всей его любви к строгим и точным экспериментам и лабораторной работе к началу 1835 г. в нем



Эмилий Христианович Ленц.

уже достаточно ясно проявились педагогические способности, желание и умение работать в коллективе ученых и учеников.

Начатая им в январе 1835 г. педагогическая работа в Морском кадетском корпусе не могла удовлетворить его, так как курс физики по программе корпуса не выходил за пределы программы гимназий. Для Ленца же было необходимо иметь возможность излагать результаты своих научных работ, педготавливать самостоятельных работников, специализирующихся в области физики.

Появление Ленца в Университете сыграло решающую роль в дальнейшем развитии физико-математического факультета. С первых же шагов Ленц приступил к коренной перестройке всей системы преподавания физики в Университете.

В весеннем семестре 1836 г. Н. Т. Щеглов продолжал еще читать «общую и частную физику за исключением некоторых предметов из оптики и электромагнетизма», которые на II и III курсах читал «по собственным запискам» Ленц [Л. 48].

Начав чтение курса весной, Ленц по необходимости должен был сжать его. «Все означенное пройдено, но за краткостью времени не весьма подробно», — писал он в отчете за 1836 г. [Л. 49]. Но уже с осени 1836 г. чтение основных разделов курса взял сам Ленц, Щеглов же оставался его деятельным помощником до 1840 г., когда окончательно покинул Университет.

Осенью 1836 г., значительно расширив объем курса электромагнетизма, Ленц внес изменения в программу и назвал его «Теория электродинамических явлений» [Л. 50].

В программу читавшегося Ленцем курса Теории электричества входили такие новые разделы, как: «действие света и теплорода на магнетизм; теория Ома и доказательства формул его опытами; определение самого выгодного вольтова столба в каждом случае; электромагнетические явления; теория Ампера; Амперова теория магнетизма; возбуждение гальванических токов другими, движущимися в близости их, возбуждение токов посредством влияния магнитов, отношение сих явлений к электродинамическим, влияние магнитов на вращающиеся металлические круги» [Л. 48].

Простое перечисление затрагиваемых Ленцем вопросов показывает, что он строил курс в соответствии с новейшими достижениями науки и, в частности, своими собственными. Так излагал он теорию Ома, в то время как в Париже автор распространенного курса физики

Пулье только через год подошел к «открытию» закона Ома.

Изменяя сам метод преподавания, Ленц превратил сухое формальное чтение лекций в живое запоминающееся изложение сущности физических законов. Большое, пожалуй, решающее значение придавал он самостоятельной работе студентов и, прежде всего, экспериментальной работе в лаборатории. Еще в феврале 1836 г., докладывая о состоянии физического кабинета, Ленц характеризовал его, указывая, что «первая часть физики или теории тел весомых снабжена большей частью нужными для ее преподавания инструментами; но зато вторая часть сей науки и по теории тел невесомых, и по физической географии крайне бедны инструментами, необходимыми для ее преподавания, так что для дополнения кабинета потребно Университету приобрести еще 71 прибор и вещей на сумму около 18115 руб.; по прилагаемому при сем списку, так как по новому штату ежегодная сумма, положенная на физический кабинет, простирается до 2 000 руб., то принимая в уважение, что число инструментов будет ежегодно приумножаться и что часть штатной суммы употреблена будет на необходимые поправки, починки и покупки разных мелких вещей, очевидно, что Университетский кабинет может достигнуть до некоторого совершенства не ранее 10 лет. В том состоянии, чтобы физика могла преподаваться в надлежащем ее виде, проф. Ленц находит только одно средство, что он может пользоваться для преподавания инструментами физического кабинета Имп. Академии наук...» [Л. 51]. А пока, испросив разрешение тратить штатные суммы 1836 и 1837 гг., Ленц приступил к комплектованию Кабинета, покупая сначала «только такие инструменты, которых нет ни в Университете, ни в Академии».

Сохранившаяся запись расходов по комплектованию Кабинета свидетельствует о том предпочтении, которое Ленц отдавал электричеству и магнетизму. Так, из штатной суммы 1836 г. в 2000 руб. на эти разделы физики 5 э. х. лени.

израсходовано 1 374 р. 30 к. Были приобретены приборы: вольтэлектрометр Фарадея, гальванический столб с большим элементом, магнито-электрический прибор Кларка и др. [Л. 52]. Позднее в кабинете появилась «электромагнитная вращательная машина, устроенная по методу профессора Якоби, но так, что она более способна для преподавания» [Л. 53]. В это же время Ленц добивается приглашения в Кабинет специального лаборанта и механика.

На протяжении первых же четырех лет (1836—1840) Ленц добился значительного расширения физического кабинета. Об этом свидетельствует отчет о состоянии Университета к 1840 г. [Л. 55], в котором приведена следующая таблица:

Приобретение приборов для физического кабинета

Годы	Налицо приборов	Куплено	
		приборов	цена серебром
1836 1837 1838 1839	183 204 215 224	5 12 20 8	$26 \text{ p. } 57^{1}/_{7} \text{ K.}$ $527 \text{ p. } 14^{2}/_{7} \text{ K.}$ $507 \text{ p. } 14^{2}/_{7} \text{ K.}$ $535 \text{ p. } 71^{-3}/_{7} \text{ K.}$

«В продолжении истекшего четырехлетия он (физический кабинет — авт.) получил, хотя не многие, но, по важности для производства физических наблюдений, значительные приобретения», — говорилось в этом отчете за «первое четырехлетие действия нового университетского устава». Четырехлетие это, как мы знаем, было также четырехлетием деятельности Ленца в Университете.

Под влиянием Ленца в Университете началось проведение конкурсов на лучшую студенческую работу, предусмотренных уставом 1835 г. Впервые конкурсные темы были предложены в 1837 г. и первую золотую медаль за сочинение на тему «О решении уравнений по приближению с историческим развитием хода этого предмета»

получил один из талантливейших студентов IV курса K. Ф. Кесслер.

Через год, на ежегодном торжественном акте 31 марта 1839 г., Эмилий Христианович Ленц произнес речь «О практическом применении гальванизма» [Л. 56], в которой наиболее полно высказаны взгляды его на перспективы практического применения электричества. Речь разделена на ряд отделов, посвященных физиологическому (медицина), тепловому (зажигание мин, дуговое освещение), химическому (гальванопластика) и электромагнитному действиям тока; последнему посвящена половина всего доклада (телеграф, намагничивание, электродвигатели).

В своей речи Ленц неоднократно подчеркивал приоритет русской науки (телеграф и зажигание мин — изобретения Шиллинга, гальванопластика и электродвигатель — Якоби).

Заслуживают внимания соображения Ленца об энергетических ресурсах. Рассуждение его сводится к следующему.

Известны два источника движущей силы — мускульная сила человека и животных и тепло (силу ветра и падающей воды Ленц с помощью метеорологии свел к солнечному теплу). Сила животных недостаточна, тепло можно получить лишь от двух источников — солнца и процесса горения. Первый источник хорош своей бесплатностью, но применение его ограничено определенным местом (реки) и временем (ветер). Процесс же горения возбуждает тепло ценой горючего материала, «который мы разрушаем в столь же огромных количествах, в каких производим пар». Предыдущее столетие оставило нам большую часть лесов и почти весь запас, «собранный для нас в недрах земли в доисторические времена». Но леса исчезают с невероятной быстротой. «Поэтому обязанностью сознательной и думающей современности является по возможности щадить капитал, на который наши потомки будут иметь то же право, что и мы сами,

и, следовательно, обратить свои взоры на другие вспомогательные источники, в которых они будут нуждаться. Где же искать эти вспомогательные источники, как не в так называемых невесомых?». Свет входит в практическую жизнь лишь благодаря своему химическому действию: «...до сих пор неизвестно хотя бы малейшее механическое действие его. Остается один источник движущей силы — электричество или гальванизм, который действительно дает обоснованную надежду хотя бы частично заменить службу пара». Далее Ленц уточняет, что процессы в гальваническом элементе, так же как и горение, происходят за счет «так называемого разрушения материи или изменения связи между частицами, составляющими тело», но при горении получаются дым и зола, которые невозможно соединить в дерево и уголь, а металл, растворяющийся в гальваническом элементе, может быть возможно снова выделить без значительных затрат или же найти полезное применение раствора.

Таким образом, хотя Ленц и не заблуждался относительно невозможности получения даровой работы с помощью электромагнетизма, ему еще далеко не ясна была роль электромагнитной энергии как средства для преобразования одних видов энергии в другие и для передачи энергии на расстояние.

На том же торжественном акте была объявлена тема конкурсной работы для студентов на 1839/1840 г.—«Какие взаимные отношения существуют между разными гальваническими токами и между токами и магнитами». Эта первая тема самостоятельной студенческой работы по физике вызвала большой интерес, и в начале марта 1840 г. были представлены три работы, две из которых заслужили исключительно высокую оценку Ленца, да и всего Совета факультета. Все три работы были премированы Советом Университета. Первую премию — золотую медаль—получил вольнослушатель Владимир Кайданов ¹, изобретатель новой, оригинальной конструкции электромагнетической машины, описанной им в этом сочинении; серебрянную медаль получил Матвей Талызин; почетный отзыв — Александр Савельев. Это была первая группа талантливых питомцев Э. Х. Ленца, немало способствовавших распространению физических знаний в России.

Одна из трех представленных студентами работ была по настоянию Ленца напечатана. Автор ее, Владимир Кайданов, дал первую в мире сводную работу по электродинамике, составленную на основании всех известных в России оригинальных трудов русских, английских, французских, голландских, американских и немецких физиков. В этой работе, помимо изложения достижений электродинамики к 1839 г., были описаны два отмеченные в отзыве Ленца изобретения автора: «Новое устройство электромагнитного телеграфа и электромагнитной двигательной машины. Первое дает возможность посредством 7 проволок, проведенных из одного места в другое, передать 64 различных знака; во втором же сочинитель, полагая переменить известное устройство Давенпорта так, что большая сила произошла от той же поверхности употребляемого цинка; для этой цели он заставляет гальванический ток намагничивать электромагниты только в тех положениях подвижной системы, при которых они действуют друг на друга наивыгоднейшим образом» 1.

И в дальнейшем Ленц неоднократно предлагал темы самостоятельных конкурсных работ из области электромагнетизма. Так, в 1853/54 учебном году была предложена тема «Изложить в систематическом порядке явления и законы индукции или поведение гальванического тока и разобрать в особенности теорию магнито-электрических

1 О машине Кайданова см. [Л. 57, 58].

¹ О Вл. Кайданове см. [Л. 57].

Талызин Матвей Иванович (1819—?)—ординарный профессор физики и физической географии Киевского университета.
Савельев Александр Степанович (1820—1860)—профессор физики Казанского университета, затем Петербурских военно-учебных заведений. Автор ряда работ по электричеству и магнетизму. Первый биограф Э. Х. Ленца.

машин». Первую премию — золотую медаль — за сочинение на эту тему по представлению Ленца получил студент IV курса Тит Бабчинский. В 1857/58 учебном году была предложена тема «Изложить в систематическом порядке явления диамагнетизма и разобрать критически мнения разных ученых о связи этих явлений с другими явлениями электродинамики». Так, выдвижением этих тем Э. Х. Ленц прививал студентам Петербургского университета интерес к вопросам электричества и магнетизма, вызывая появление оригинальных самостоятельных работ, нередко представлявших большую научную ценность.

В 1841 г. истекал срок 25-летней службы Д. С. Чижова ординарным профессором, после чего он предполагал выйти в отставку. В феврале 1840 г. по этим соображениям он отказался баллотироваться деканом факультета на следующий срок. Деканом был избран Э. Х. Ленц ¹. Это избрание и послужило началом коренного изменения личного состава факультета. Еще в 1840 г. на кафедру астрономии вместо временно читавшего курс ее лейтенанта флота Зеленаго, по рекомендации акад. В. Я. Струве, был приглашен из Дерпта проф. А. Н. Савич. В 1841 г. чтение ряда разделов математики и механики предполагалось поручить кандидату М. И. Талызину, но по молодости его чтение курсов было поручено А. Н. Савичу. В 1841 г. Савич рекомендовал на кафедру математики адъюнкта Московского университета И. И. Сомова, «если он пожелает переехать в С. Петербург». Сомов выразил согласие и с 1842 г. приступил к чтению курса. В 1843 г. на факультете еще раз были пересмотрены программы преподавания всех предметов, была достигнута большая (хотя все еще недостаточная) увязка прохождения математики и физики.

Возрастающее значение математического анализа для важнейших разделов физики настоятельно требовало усиления преподавания математики. В 1846 г. Э. Х. Ленц пригласил на кафедру математики ординарного академика В. Я. Буняковского. Через год (1847) был приглашен также магистр Московского университета П. Л. Чебышев.

Завершив этим перестройку преподавания физики и математики, Ленц привел факультет к блестящему расцвету. В. Я. Буняковский, П. Л. Чебышев, И. И. Сомов, А. Н. Савич в математике, механике и астрономии, сам Ленц в физике, А. А. Воскресенский с группой своих учеников в химии вели плодотворную работу, не только обучая все большее и большее число студентов, но и организуя глубокие научные исследования.

Особенное влияние на студентов физико-математического факультета оказывали лекции Э. Х. Ленца и П. Л. Чебышева. Два наиболее ярких представителя физической и математической науки, они, взаимно дополняя друг друга, создавали ту Петербургскую, русскую школу в физике и математике, которая оставила яркий след в развитии мировой науки.

В объявлении о публичном преподавании наук в Петербургском университете на 1844—1845 г. [Л. 59] указано, что «Эмилий Ленц, доктор философии, ординарный профессор физики и физической географии, декан факультета» читает: «а) студентам разряда математических наук Теорию электричества в ІІІ и ІV курсе по собственным запискам; б) студентам обоих разрядов (математического и естественного—авт.) физическую географию во ІІ курсе; в) дополнительный курс общей физики по составленному им самим руководству к физике для русских гимназий с дополнениями в І курсе».

¹ Д. С. Чижов оставался в Университете до 1847 г., читая лишь теоретическую механику. "Ясный аналитический ум, точные и систематические знания, твердые и благородные правила, спокойствие и скромность в характере, неукоризненная жизнь—все служило в нем к чести и достоинству места им занимаемого",—все служило в нем к чести и достоинству места им занимаемого",—такими словами характеризовал деятельность Чижова в Университете ректор П. А. Плетнев в Университетском отчете за 1846 г. Университет избрал Чижова почетным членом Совета. Проводы Чижова были самым теплым выражением "благородных чувств, связывающих между собой честных тружеников на поприще человеческого знания" [Л. 40, стр. 179].

Ленц систематически вводил в свой курс все важнейшие открытия в области электричества и особенно выводы из его собственных работ и изобретений Б. С. Якоби. В законсервированной библиотеке Бестужевских курсов в Ленинграде сохранился один экземпляр литографированных записок лекций Ленца 1862 г. [Л. 33]. Курс разделен на три отдела: Магнетизм, Электростатика, Электромеханика. Первый отдел посвящен главным образом описанию приборов и методов измерения земного магнетизма. Содержание второго — обычное. Наибольший интерес представляет третий отдел, построенный как будто бы специально для доказательства единства и взаимопревращаемости различных форм энергии.

Сначала ток определяется как явление, происходящее при замыкании гальванического элемента металлической проволокой, и рассматриваются последовательно тепловое, физиологическое, химическое, понедромоторное, намагничивающее действия тока. Затем рассматриваются источники тока — термоэлектричество, индукция, разряд лейденской банки и, наконец, доказывается электрическое происхождение гальванического тока и тождество токов разного происхождения. Все изложенное сопровождается указаниями на имеющиеся и возможные практические приложения изучаемых явлений: гальванопластика, телеграф, электродвигатель, магнитоэлектрические машины, освещение, медицина. В заключение дискутируется вопрос о контактной и химической теории гальванического элемента и следует вывод: правы обе спорящие стороны, ибо электричество получается как на границе металл жидкость, так и на границе двух металлов, если они разной природы.

Упомянутое «составленное им самим руководство к физике для русских гимназий» было обязательным гимназическим учебником по физике, написанным Ленцем по поручению Министерства народного просвещения в течение 1838 г. К этому времени принятый в гимназиях учебник физики [Л. 60], изданный впервые в 1807 г. и

неоднократно переиздававшийся без изменений, несомненно, устарел и требовал коренной переделки. Кроме того, Министр народного просвещения, реакционер и ретроград граф С. С. Уваров, питавший непримиримую ненависть к акад. В. В. Петрову, повидимому, считал необходимым при первой же возможности изъять гимназический курс физики, отредактированный (а по существу и написанный) этим выдающимся ученым и содержавший подробные описания его опытов с электрической дугой.

Ленцу было поручено составление нового учебника, и можно предположить, что перед ним были выдвинуты определенные условия, одним из которых было требование не упоминать имени В. В. Петрова.

В 1839 г. такой учебник физики был написан и издан [Л. 61]. На протяжении последующих 30 лет он переиздавался 11 раз; от издания к изданию учебник перерабатывался автором и совершенствовался 1, причем выполнялись различные пожелания учителей гимназий, присылавших, по просьбе Ленца, свои отзывы и замечания.

Как мы отмечали выше, еще Н. Т. Щеглов в учебнике, изданном в 1834 г., дал новое расположение материала, поместив свет непосредственно за звуком, считая его колебательным движением частиц эфира.

Ленц пошел значительно дальше Н. Т. Щеглова и придал курсу физики определенную стройную логическую последовательность. По сравнению со всеми предыдущими учебниками физики «Руководство к физике» Ленца наиболее близко к современному расположению материала. Включая в физику раздел механики (до этого, как мы знаем, механика была выделена в самостоятельный курс) и поместив раздел теплоты после учения о свете,

¹ Совершенствование заключалось во включении вновь открываемых явлений, изменении порядка изложения в смысле большей систематичности, улучшения русского языка; в этом направлении Ленцу в разное время помогали преподаватели М. И. Пчельников, Н. Н. Тыртов, профессор астрономии А. Н. Савич.

Ленц дал следующую схему: Общие свойства тел

> механика механика гидростатика и гидромеханика аэростатика и аэродинамика

звук свет теплота магнетизм электричество

Помимо такого более правильного расположения материала, Ленц, считая опытную (а не умозрительную) физику в сочетании с обобщениями основой не только исследования, но и преподавания, соответственно излагал материал.

Изложение в учебнике Ленца отличается стройностью, легкостью и содержит все новые для того времени данные. Ленц не переставал совершенствовать свой учебник. Так, в разделе оптики в первых изданиях приводилась величина скорости света, определенная еще в 1675 г. астрономом Ремером (280 000 верст в секунду). Но в 4-м издании (1852 г.) наряду с этим приводятся подробное описание опыта Физо (1849 г.) и определенная им величина скорости света (290 304 версты в секунду). В этом же разделе, во втором издании описание камеры-обскуры дополнено описанием опытов Даггера 1.

Особенно много изменений вносил Ленц в изложение разделов магнетизма и электричества. Совершенствуя и расширяя от издания к изданию эти разделы курса, Ленц, уже начиная с 3-го издания (1846 г.), дает полное изложение теоретических основ электричества («гальванизма») в определенной стройной последовательности, обоснованной им следующим образом: «Вообще за лучший план

при изложении физических наук признан тот, по которому сперва излагаются в строгом порядке одни явления, независимо от гипотез, и тогда только приступают к теоретическим изъяснениям, когда учащийся уже обладает всеми опытными фактами; и потому я прежде рассмотрел все явления гальванического тока, а затем уже обратился к теориям, изъясняющим происхождение возбудительной силы» [Л. 61, стр. IX].

Учебник Ленца был хорошо принят научной общественностью России. Современники его высоко оценили достоинства книги. В рецензии на нее [Л. 62] отмечается не только систематическая работа Ленца над совершенствованием своего курса физики сообразно требованиям программы гимназии (например, исключение соответственно новым программам всего, что относится к физической географии и метеорологии, упрощение математических выводов, ввиду перенесения начала физики на более ранние годы обучения и т. п.), но и введение описания новых открытий и достижений физики. Это, кроме указанных выше разделов, относится и к разделу оптики. Изложение всех новейших данных, подтверждающих волновую теорию света, сделано так ясно, что не составит затруднения для любого читателя.

«Можно смело сказать, что одна эта статья могла бы сделать честь каждому руководству к изучению физики. По крайней мере, ни в одном иностранном курсе элементарной физики мы не встретили статьи о теории света, которая бы в такой степени, как статья Ленца, удовлетворяла бы всем условиям популярной статьи, заключающей в себе полное изложение теории волнений... г. Ленц не оставил без внимания новостей в этом отношении; так, например, он поместил в этом издании способ Физо измерять скорость света, усовершенствованный способ (Фенье) определять влажность воздуха и т. п. Одним словом почти ни одна статья не оставлена автором нетронутою, в каждой он нашел что-нибудь дополнить или изменить, и во всем это послужило к большему совер-

¹ Даггероскопией, а позднее фотографией Ленц интересовался и в дальнейшем. Приобретя полный комплект "Даггеровского аппарата" для физического кабинета Университета, Ленц сам занимался изготовлением даггеротипов. Позднее он занимался фотографией вместе с известным русским фотографом С. Л. Левицким.

шенству статей... Одно из самых важных достоинств физики г. Ленца состоит в выборе излагаемых фактов на основании их действительной важности... выводы и заключения его всегда точны и вытекают прямо из фактов».

Однако Ленцу может быть сделан один упрек — раздел о теплоте до самого последнего издания содержит понятие «теплорода» как некоторой невесомой жидкости. Исходя из этого, один из советских исследователей (С. И. Кукушкин) упрекает Ленца в консерватизме физических взглядов: «Игнорирование молекулярно-кинетической теории теплоты и закона сохранения энергии в издании 1865 г. может быть расценено как проявление консерватизма его физических воззрений» [Л. 63].

Считая этот упрек справедливым лишь до некоторой степени, мы можем объяснить сохранение Ленцем понятия «теплорода» следующими причинами. Во-первых, весной 1864 г. резко ухудшилось зрение Ленца, так что последним изданием, подготовленным им к печати самостоятельно, следует считать 5-е издание 1859 г. К этому времени молекулярно-кинетическая теория теплоты имела еще мало приверженцев.

Во-вторых, Ленц пользуется понятием «теплорода» не для выражения своих философских взглядов на природу явлений, а лишь как понятием, удобоприменимым для более ясного изложения теории теплоты. Аналогия с жидкостью, перетекающей от более нагретого тела к более холодному, используется им лишь в первом параграфе раздела.

И, наконец, Ленц не потому не вводил в свой учебник новые неустоявшиеся теории, что считал их неверными, а из педагогических соображений, о чем свидетельствуют его собственные слова из рецензии на сочинение Н. Писаревского «Общепонятная физика», обнаруженной нами в Архиве Академии наук [Л. 64].

Ленц формулировал там свою точку зрения на задачи сочинений по физике, которые могут быть трех родов:

Руководства, которые должны сообщить читателям начальные сведения по физике. «В таком случае от них надо требовать, чтобы истины были изложены точно и ясно и чтобы в изложении соблюдена была строгая последовательность. Другого рода сочинения будут такие, в которых наука излагается вполне сообразно с современным состоянием (курсив наш — авт.); в таких случаях все опытные изыскания, на которых основаны наши познания разных физических истин, должны быть рассмотрены с такой подробностью, чтобы читатель мог получить полное убеждение в справедливости всех выводов, как бы он лично присутствовал при опыте». К третьему типу Ленц относил сочинения справочного характера для неспециалистов, необходимость которых определяется ростом различных практических применений физики.

Из этих рассуждений Ленца следует, что, читая его учебник, нельзя делать окончательных выводов о его собственных взглядах по тому или иному физическому вопросу; с другой стороны, ими объясняется, почему Ленц не спешил вводить в свой учебник механическую теорию тепла и закон сохранения энергии.

Понимая важность опытного доказательства физических законов на уроках физики, Ленц сконструировал прибор для демонстрации явлений взаимодействия токов. Описание этого прибора составил учитель физики Виленского дворянского института К. Чехович. В предисловии к изданной им книге Чехович писал: «Прибор Ампера так громоздок, и ток в нем проходит по таким сложным путям, что для начинающих слишком трудно проследить его. Вот почему мы в особенности признательны г. Ленцу за его электродинамический прибор. В настоящее время мы имеем прибор в малом виде, приспособленный к самым существенным опытам, недорогой, словом, имеем возможность приобретать его и в средних учебных заведениях» [Л. 65].

Помимо педагогической работы в учебных заведениях Петербурга, Ленц в эти годы стремился к широкой попу-

ляризации физических знаний. Известно участие Э. Х. Ленца в передовой, прогрессивной печати 30-х годов прошлого столетия. Сохранилась его переписка с В. Ф. Одоевским 1836—1839 гг., связанная с намерениями систематически освещать ход работ русских электрофизиков в «Отечественных записках»—одном из довольно прогрессивных журналов того времени. Это намерение Ленц осуществил, поместив в одном из номеров его заметку о молниеотводах (громоотводах).

Немалое значение для распространения научных знаний по физике среди широких слоев русской публики имело участие Ленца в издании Энциклопедического лексикона, выходившего под редакцией А. А. Краевского. Принимая активное участие в редакционной работе, Ленц был также автором ряда статей 1. В частности, большое значение имела обширная статья Ленца о гальванизме, где он не только изложил все известные тогда явления электрического тока, но и дал практические советы по устройству батарей, выбору проволоки для тех или иных опытов и т. п., чем продолжил начинание В. В. Петрова, стремившегося передать читателям не только свои открытия, но и умение производить опыты самостоятельно.

Ленц не ограничивался педагогической и литературной деятельностью. С 1841 г. он начал читать публичные лекции, организованные Академией наук на тему: «Законы и явления электрического тока, разъясняемые с помощью экспериментов» [Л. 67]. Лекции эти пользовались большим успехом у слушателей.

Так развернулась педагогическая и общественно-просветительная деятельность Ленца в 30—40-х годах. Несмотря на большой размах ее, Ленц успешно продолжал заниматься исследовательской работой в стенах физической лаборатории Петербургской академии наук.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

Исследования по физике и электротехнике в 1837—1857 гг. Э. Х. Ленц и Б. С. Якоби. Участие в "Комиссии для приложения электромагнетизма к движению по способу профессора Якоби". Исследование законов намагничивания железа током и расчеты электромагнитов. Изучение генераторов электрического тока. Законы теплового действия тока. Электрохимические исследования. Формулы разветвления токов.

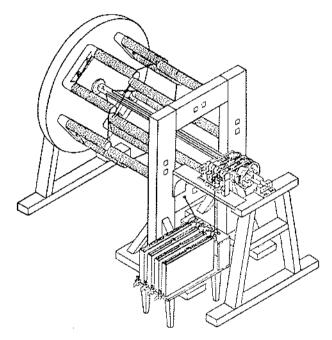
ИЗБРАНИЕ Эмилия Христиановича Ленца ординарным академиком было признанием его выдающихся заслуг в области геофизики и электродинамики. Работы Ленца публиковались в наиболее авторитетных научных изданиях того времени, и имя его было хорошо известно и в России и за границей. Оно вскоре привлекло внимание молодого профессора архитектуры Дерптского университета, также занимавшегося исследованиями в области электромагнетизма и достигшего в ней значительных успехов, Бориса Семеновича Якоби.

Еще в мае 1834 г. Якоби, после нескольких лет поисков и размышлений, построил свою первую модель «магнитного аппарата», принцип действия которого описал в сообщении Парижской академии наук. Вскоре об этом сообщении был сделан доклад Академии, а само сообщение было опубликовано [Л. 68] и обратило внимание физиков и электротехников богатством совершенно новых идей.

Описывая свою модель электродвигателя (фиг. 8), основанного на притяжении и отталкивании магнитов, полярность которых с помощью специального устройства (коммутатора) непрерывно меняется, Якоби перечислял преимущества этого нового двигателя.

¹ В одном из писем к Краевскому Ленц извинялся за недостатки в изложении, "германизм в слоге", и просил "разгладить их по усмотрению". Ленц был автором статей: "Акустика," "Баттарея", "Батометр", "Гальванизм" [Л. 66] и др.

«1. Механизм мотора очень несложен по сравнению с паровой машиной: нет ни цилиндра, ни поршня, ни клапанов и т. д., изготовление которых требует очень тонкой работы и стоит больших средств; нет также трения, вследствие которого теряется больше половины всей



Фиг. 8. Электродвигатель Б. С. Якоби.

производимой работы; в этой машине потерю составляет только трение в подшипниках. Далее, машина эта дает непосредственно постоянное круговое движение, которое гораздо легче преобразовывать в другие виды движения, чем возвратно-поступательное движение. Кроме того, нет опасности взрыва» [Л. 68].

В этом указании особенно важно подчеркнуть совершенно новый принцип использования электромагнетизма для непосредственного получения постоянного кругового движения вместо бесперспективных полыток получения в электромагнитных машинах поступательно-возвратного движения.

Этот совершенно новый принцип получения непосредственно вращательного (ротационного) движения, естественно, вызвал интерес к предложению Якоби. Парижская академия наук поручила рассмотрение этого сообщения двум своим выдающимся членам — Амперу и Беккерелю. Однако раньше чем заключение этих ученых было сообщено в печати, Якоби опубликовал подробное описание своего двигателя [Л. 69]. В этом описании значительно полнее развита замечательная мысль о том, что электромагнитные машины с поступательно-возвратным движением непригодны для технических целей.

"Рассматривая общее уравнение живых сил в применении к движению машин

$$\sum_{0}^{n} Mds - \sum_{0}^{n'} Pds = \sum_{0}^{n} mv_{1}^{2} - \sum_{0}^{n} mv_{0}^{2},$$

нужно отметить, что магнитное действие в течение промежутка a, представленное выражением $\int\limits_{s}^{a}Mds$, бу-

дет только тогда поглощено работой $\int\limits_0^{a_1} Pds'$, когда живая сила, возникшая во время движения, станет равной нулю, т. е. когда $\sum mv_1^2 - \sum mv_0^2 = 0$ ",—писал Якоби.

В электромагнитных машинах, действующих вследствие притяжения и отталкивания магнитов " ... магнитные точки сближаются ускоренным движением; живые силы возрастают и достигают максимума в момент встречи магнитных точек, т. е. в момент осуществления контакта, и в этот момент живая сила должна исчезнуть. Она исчезнет благодаря наличию неподвижных точек в машине и вызовет толчки всей системы, но это не даст никаких полезных результатов. Произойдет полная потеря развившейся живой силы 6 э. х. лени.

 $\sum mv_1^2 - \sum mv_0^2$. Известно, как вредны толчки для машии; в данном случае есть еще и другое неудобство, не чисто механическое. Мягкое железо, вследствие повторных толчков и сотрясений, приобретает свойства стали у поверхности соприкосновения; возникает остаточный магнетизм, весьма сильный, и в результате временная сила, являющаяся единственной причиной движения, будет ослаблена".

"... люди знают недостаточность таких механизмов, громадную потерю энергии ими и быстроту, с какой эти системы разрушаются, если не обратить все внимание именно на сохранение живых сил. Способ же сохранения живых сил надо искать в самой природе сил. История паровой мащины учит нас, что ее усовершенствование начинается с гениальной мысли Джемса Уатта прервать подачу пара раньше, чем поршень дойдет до конца своего хода, чтобы после отсечки пар продолжал работать своим расширением.

Джемс Уатт понял сущность явления: он придал функции $P = \varphi(s)$, определяющей действие пара, такую форму, что $\int\limits_0^a Pds = \int\limits_0^a P'ds'$, так что возникшая живая сила становится равной нулю, все вредные и разрушительные сотрясения, имевшие место в прежних машинах, исчезают, и большая часть движущей силы превращается в полезную работу".

«Все эти соображения, одновременно простые и ясные, заставили меня окончательно отказаться от понытки построить аппарат, получающий возвратно-поступательное движение от применения магнетизма, что как мы видели, не может дать практических результатов в большом масштабе».

Мы привели все эти цитаты для того, чтобы подчеркнуть всю глубину мыслей Б. С. Якоби, остающихся обычно неотмеченными даже в работах, специально посвященных творчеству этого выдающегося ученого. К тому же именно эти плодотворные мысли Якоби и его стремление создать практически применимый электромагнитный двигатель привели его в страну самой передовой электротехнической мысли — в Россию.

Как первое, так и второе сообщения Якоби о своих работах привлекли внимание русских ученых. Ленц одним из первых в России оценил оригинальность и практическую ценность идей Якоби и, после переезда его в Дерпт, старался оказать содействие осуществлению их. Когда в 1835 г. Якоби обратился за помощью к Э. Х. Ленцу, прося его прислать в Дерпт «кое что, необходимое для опытов», Ленц охотно отозвался на эту просьбу и писал в ответном письме: «Пользуюсь настоящим случаем, чтобы сердечно поблагодарить Вас за Ваш Метоіге, экземпляр которого мне передал г-и академик Паррот; я прочел его с живейшим интересом ...» [Л. 70].

Вскоре Якоби снова обратился к Ленцу, сообщив ему о своих работах. Ленц, высоко оценив их, добился опубликования этого письма в трудах Петербургской академии наук [Л. 71], что, несомненно, имело зачение при решении вопроса о приглашении Якоби в Петербург.

Сотрудничество, завязавшееся в результате этой переписки, стало особенно тесным, когда по настоянию русских ученых правительство пригласило Бориса Семеновича Якоби в Петербург для осуществления в самых широких масштабах его идеи о практическом применении электромагнитного двигателя.

Несомненно, Ленц и другие русские ученые, способствовавшие приглашению Якоби в Петербург, имели в виду организовать систематическое научное исследование электромагнетизма и изучение возможности применения его для самых различных практических целей. Правительство же преследовало иные цели. Одно из заблуждений Якоби на первом этапе его работы над электродвигателем — мысль о возможности получения «даровой» силы, о чем писал Якоби в своем Мемуаре — и необоснованные надежды немедленного применения нового двигателя во флоте побудили правительство Николая I ассигновать значительную сумму для практической реализации предложения Якоби: применить изобретенный им двигатель для транспортных целей; так как в эти годы стала ясна техническая отсталость русского флота и необходимость перехода к паровым судам. Изобретение Якоби, казалось, открывало возможность создать флот с еще более совершенным, чем паровой, электрическим двигателем. Для изучения этого вопроса и была создана «Комиссия по приложению электромагнетизма к движению судов по способу профессора Якоби». Одновременно Якоби был приглашен из Дерпта в Петербург.

В состав Комиссии вощли: известный мореплаватель, вице-адмирал И. Ф. Крузенштери, академики Э. Х. Ленц, М. В. Остроградский, А. Я. Купфер, П. Н. Фусс, член-корреспоидент П. Л. Шиллинг, полковник корпуса горных инженеров П. Г. Соболевский и капитан корпуса корабельных инженеров С. А. Бурачек. Работу свою Комиссия пачала 9 июля 1837 г., еще до того, как Якоби окончательно переехал в Петербург 1.

На первом заседании Комиссии Якоби демонстрировал модель своей машины. Демонстрация эта произвела на членов Комиссии вполие благоприятное внечатление, почему и была составлена смета на вею работу по постройке электродвигателя больших размеров и испытанию его на соответствующем судне.

Вскоре выяснилось, что, несмотря на чисто прикладной характер задачи, поставленной перед Комиссией — осуществить применение электромагнитного двигателя для судоходства, — имеется ряд неразрешенных теоретических вопросов. Именно эта сторона больше всего интересовала секретаря Комиссии акад. Э. Х. Ленца.

В ходе работ по усовершенствованию модели, созданию первого электродвигателя и подготовки опытов плавания

на ботике был проведен ряд экспериментальных и теоретических исследований, имевших большое значение не только для электротехники, но и для физики. Именно в этих исследованиях заключалась наибольшая ценность работы Комиссии.

Это вскоре поняла и сама Комиссия, высоко оценив научно-исследовательскую сторону работ Якоби и Ленца. «Хотя главное внимание Комиссии,—читаем в отчете о работах за 1838 г.,- и было устремлено на практическую сторону открытия, во она, как уже следует из... состава ее, должна была иметь в предмете и ученую сторону, тем более, что действовала на почве почти не возделанной до того времени. Этою то ученою стороною предмета, которая и должна послужить впредь основанием всякому практическому приспособлению нового движителя, занимались со взаимной ревностью г. профессор Якоби и г. академик Ленц, и Комиссия поставляет себе в удовольствие засвидетельствовать, что исследования их более и существеннее послужили к объяснению количественных отношений электромагнетизма, нежели другие какне-либо опыты новейшего времени» [Л. 72, л. д. 37 об.].

В процессе работы в Комиссии выявилась плодотворность научного сотрудничества Э. Х. Ленца и Б. С. Якоби. Действительно, индивидуальные особенности каждого из этих выдающихся ученых в сочетании давали блестящие результаты — оба были крупнейшими специалистами в области электромагнетизма, авторами оригинальных, самостоятельных работ, выдвинувших их в первые ряды физиков и электротехников. Исключительное экспериментальное мастерство Э. Х. Ленца, тщательность в проведении опытов и вычислений и, главное, его умение обобщать результаты опытов и выводить из них определенные закономерности удачно дополнялись практическим инженерным опытом, конструкторским талантом Б. С. Якоби.

Начав с экспериментов, связанных с применением электромагнитного двигателя к судоходству, Ленц и Якоби поставили себе одновременно и другую, чисто научную

¹ Якоби пересхад в Петербург из Дерита 28 августа 1837 г. Материалы Комиссии хранятся в Архиве Академии наук и в Центральном государственном историческом архиве в Ленинграде (ЦГИАЛ) [Л. 72, 73].

залачу - глубоко изучить все физические процессы, происходящие в различных элементах двигателя и источника тока.

Несмотря на успешное осуществление опытного плавания по р. Неве на щлютке с 14 пассажирами против течения со скоростью до 4-х верст в час (1838-1839 гг.), применение электродвигателя во флоте оказалось экономически нецелесообразным. Работа Комиссии была прекращена в 1841 г. Но в исследованиях Ленца и Якоби были уже достигнуты важные научные результаты, а совместная деятельность обоих ученых была закреплена на долгие годы.

В течение первого периода совместной работы с 1839 по 1843 г. результаты их научных работ неоднократно опубликовывались в академической периодике, перепечатывались и реферировались в иностранных журналах.

Приступая к опытам. Ленц и Якоби поставили перед собой вполне конкретные задачи:

- «1) Дан железный сердечник определенных размеров и определенная поверхность цинка, а равно и соответствующая поверхность меди. Как нужно построить из них батарею, как найти толщину проволоки и количество оборотов, чтобы возбужденный магнетизм достигал максимума?
- 2) Какое влияние на силу возбуждаемого магнетизма имеют, при прочих равных условиях, размеры железных стержней?» [Л. 3, стр. 250].

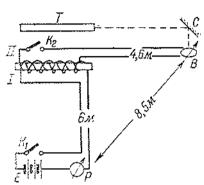
Чтобы представить себе трудность поставленных задач, необходимо вспоминть, что Ленц и Якоби еще не имели гальванической батарен с неизменной электродвижущей силой и вполне надежного прибора для измерения тока. Что насается до измерения «возбужденного магнетизма», то эта проблема еще никем разрешена не была.

В основе разработанного Ленцем и Якоби метода измерения магнитных величин лежит все тот же баллистический метод, предложенный Ленцем в 1832 г. Но если применение этого метода для изучения индукционных явлений было фактом эпизодическим, то баллистический метод измерения магнитной видукции и намагниченности магнитных материалов широко применяется и в наше время.

На фиг. 9 изображена схема олытов Ленца и Якоби.

При разомкнутом ключе K_2 первый наблюдатель Iустанавливал постоянный ток в намагивчивающей обмот-

ке, следя за равновеснем электромагнятных Веккереля (фиг. 10). Для этого он с помощью специального механизма регулировал глубину погружения пластин батарен Волластона 2 E, не дававшей постоянного напряжения. По установлении постоянного тока (измерявшегося в миллиграммах) второй наблюдатель за-



Фиг. 9. Схема установки для изучения законое намагничивания.

мыкал измерительную цель. Затем, по сигналу второго наблюдателя, первый выключал намагничивающий контур K_1 , а второй производил отсчет балдистического отброса через оптическую трубу T.

Для того чтобы ускорять успоновние стрелки после каждого наблюдения, было придумано приспособление. называемое модератором или демпфером: в измерительную цепь включался соленонд с железным сердечником, к которому приближался или удалялся магнит, с тем

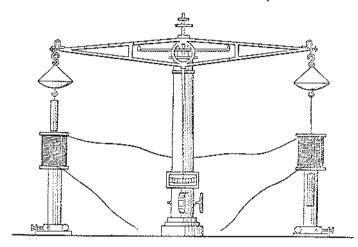
Батарея состояла из 24 элементов.

¹ В первоначальной конструкции этих весов оба магиита висели непосредственно над чашками весов, и ври пропускании тока один магнит оттаживался от катушки, а другой втягивался; при этом магнитные свойства их изменались в зависимости от тока, благодаря чему изменялась и постоянная прибора. Усовершенствование прибора Ленцем заключалось в том, что (фиг. 10) один из магинтов был опущен под катушку, и при пропускании тока оба магнита оттаживались.

² Каждый элемент состоял из одного платинового электрода и двух иниковых (змальгамированных) пластии в серной кислоте.

чтобы индуцированный ток действовал против имеющегося в данный момент отклонения стрелки, «при некоторой сноровке удалось возвращать стрелку в нулевое положение после нескольких колебаний».

В основе этого метода лежало предположение: «индуцированный ток, возникающий во вторичной обмотке



Фиг. 10. Электромагнитные весы Беккереля, усовершенствованные Ленцем.

вследствие исчезновения магнетизма в железном сердечнике, пропорционален самому магнетизму» [Л. 3, стр. 248].

Схема опыта позволяет расшифровать термии "магнетизм". Вспомним, что индуктированным током Ленц называл величину заряда, протекающего через баллистический гальванометр, или по современной терминологии интеграл тока по времени

$$q = \int_{0}^{t} Idt = \frac{1}{r} \int_{0}^{t} e dt$$

(по закону Ома e = rI, где r — сопротивление цепя, т. е. постоянная величина).

Из закона электромагнитной индукции следует, что величина edt пропорциональна прирашению магнитного потока за малый промежуток времени dt:

$$edt = -wd\Phi$$
,

где w — число витков катушки, откуда

$$q = \frac{\omega}{r} (\Phi_0 - \Phi_t),$$

где Φ_0 и Φ_ℓ —значения магнитного потока в начале и в конце опыта. И так как "магнетизм исчезал", то мы должны положить Φ_ℓ — 0 и получить окончательно:

$$q = \frac{w}{r} \Phi_0$$

т. е. отождествить "магнетизм" с магнитным потоком,

Очевидно, что опыты Ленца и Якоби давали возможность определить среднее значение магнитной индукции материала

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

где S — площадь сечения образца.

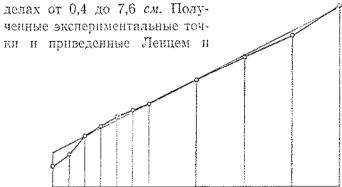
Исключительный интерес представляет та серия опытов, где изучалась связь между магнитным состоянием вещества и параметрами намагничивающей обмотки—числом витков, сечением провода. За меру магнитного состояния принималась разность двух показаний гальванометра: при наличии в магнитном поле катушки исследуемого сердечника и после его удаления. Замечательный замысел исследователей состоял в том, чтобы исключить «слагающую индукционного тока, обусловленную исчезновением тока в намагничивающей катушке».

Если бы Ленц и Якоби устранили влияние концов сердечника, придав ему не цилиндрическую, а тороидальную форму, то первое измерение дало бы магнитную пидукцию, второе — напряженность магнитного поля, разность измерений—намагниченность. При цилиндрической

форме сердечника конфигурация магнитного поля в обоих случаях различна, и следовательно, нельзя оперировать с разностью отсчетов.

Лишы в 1871 г. А. Г. Столетов разработал безукоризненную методику магнитных измерений. Работы Ленца и Якоби были хорошо известны Столетову [Л. 74, стр. 86, 102] и оказали на него несомненное влияние.

Тем же баллистическим способом изучалась зависимость магнитного потока от диаметра сердечника в пре-



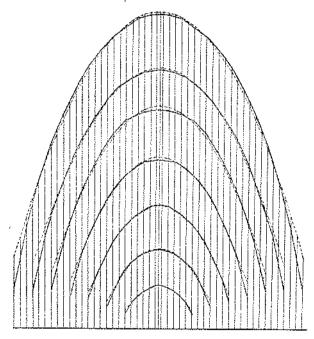
Фиг. 11. Зависимость магнитного потока от диаметра сердочника по Лениу и Якоби.

Якоби прямые изображены на фиг. 11. По оси абсцисс отложены величины диаметров сердечников, а по оси ординат — показания баллистического гальванометра, пропорциональные магнитному потоку.

Ленц и Якоби не получили квадратичной зависимости, но и из линейной зависимости, которой они апроксимировали свои результаты, выпали точки для точких стержней. Отклонение результатов опыта от квадратичной зависимости ($\Phi = cr^2$) легко объяснить влиянием концов. Расчет показывает, что зависимость $\Phi(r)$ для цилиндра постоянной высоты и переменного диаметра имеет в определенном диапазоне радиусов прямолинейный ход. Но тогда при очень мадых значениях радиуса подъем кривой должен происходить медленнее, чем для больших —

в противоречии с тем, что получили Ленц и Якоби. Можно предположить неточность измерения, ощутимую сильнее всего при малых значениях измеряемого потока.

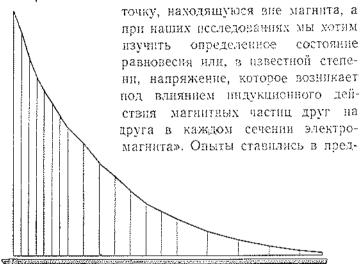
Весьма успешно была решена задача с распределением «магнетизма» вдоль стержня. Намагничивающая об-



Фиг. 12. Изменение величины магнитного потока вдоль сердечников разной длины.

мотка навивалась равномерно вдоль всего стержня, а измерительная — на короткий полый цилиндр, который свободно передвигался по намагничивающему слою, позволяя измерять магнитный поток в каждом сечении стержия и таким образом построить кривую распределения «количества разложенной магнитной жидкости». На фиг. 12 по оси абсцисс отложены расстояния от середины магнита; по оси ординат—отсчеты на баллистическом гальванометре; каждая кривая соответствует определенной длине сер-

дечника. «Понятно, — пишут авторы, — что это исследование не следует смешивать с исследованием, впервые предпринятым Кулоном, о распределении свободного магнетизма в магнитном бруске. При подобных исследованиях речь идет о действии магнетизма на какую-то



Фиг. 13. Убывание величин магнитного потока в сердечнике вне намогничивающей катушки.

положении, что «измеряемый индукционный ток пропорционален общему количеству магнитной жидкости, разлеженной в слос, находящемся непосредственно под индукционной катушкой» [Л. 3, стр. 308]. «Влияние, которое оказывают на индукционную катушку соседние слои, хотя и существует, но так мало, что оно пока может быть оставлено без винмания» [Л. 3, стр. 309].

В этих опытах мы снова можем принять, что $\Phi = BS$ и тогда количество разложенной магнитной жидкости будет означать магнитную индукцию в данном сечении сердечника.

Последней задачей было экспериментальное определение закона убывания магнитного потока в сердечнике вне намагничивающей катушки (фиг. 13). Опыты стави-

лись аналогичным образом, но намагничивающая обмотка помещалась посредине длинного стержия, вдоль которого передвигалась короткая измерительная катушка. По оси абсцисс отложены расстояния между серединами измерительной и намагничивающей катушек, по оси ординат — отсчеты на баллистическом гальванометре.

Искомая зависимость была записана в виде:

$$\log M = a - bx$$
;

- M "количество разложенного магнетизма", или поток через измерительную обмотку;
- х расстояние между серединами измерительной и намагничивающей обмоток;
- а логарифм магнитного потока, проходящего под намагничивающей обмоткой;
- б постоянная, характеризующая убыль магнитного потока по длине.

Две работы Ленца посвящены изучению подъемной силы постоянных магнитов и электромагнитов. В 1833 г. он установил, что подъемная сила постоянного магнита составляет лишь 75% от суммы подъемных сил ияти отдельных подковообразных магнитов, из которых он составлен. Это явление связано с тем, что размагничивающий фактор, зависящий от формы магнита, увеличивается при сложении пяти отдельных магнитов в один (увеличивается отношение площади поперечного сечения магнита к его длине).

В 1839 г. Ленц и Якоби исследовали зависимость силы притяжения электромагнитов от силы намагинчивающего тока. Один электромагнит с круглым сердечником подвешивался к чашке весов Беккереля, а другой укреплялся под ним неподвижно. На противоположную чашку весов добавлялись гири до тех пор, пока верхний электромагнит не отрывался от инжиего.

В некоторых опытах один из электромагнитов заменялся железным стержнем без обмотки. Во всех случаях

эксперимент давал квадратичную зависимость силы притяжения от величины тока, между тем ранее Фехнер и даль-Негро получали линейную зависимость.

В действительности, как показал Максвелл, сила притяжения определяется не магнитным полем H, создаваемым током, а магнитной индукцией B, но при полях, которыми пользовался Ленц, B пропорционально H.

Совместные исследования Ленца и Якоби имели громадное значение в истории электротехники. Рассмотрим, что же конкретно дали они конструкторам-электрикам, до того работавшим ошупью, без какого бы то ни было теоретического фундамента?

«Главный результат исследований, — как справедливо замечают сами исследователи, — можно резюмировать в виде следующего чрезвычайно важного для практики закона: при данном железном цилиндре и определенной поверхности цинка (общей поверхности цинковых электродов — авт.) можно достичь одного и того же максимального магнетизма бесконечным числом различных способов, если толщина проволоки будет связана определенным соотношением с устройством цепи (числом пар батареи — авт.). Но каким бы способом ни был достигнут этот максимум, расход цинка за определенное время будет точно один и тот же» [Л. 3, стр. 282].

К этому чрезвычайно важному выводу, развеявшему иллюзии о получении даровой работы с помощью электромагнетизма, Ленц и Якоби пришли путем математической обработки законов, полученных ими из эксперимента.

Выведенное ими условие получения максимального намагничивания дало возможность при конструировании электромагнита решать вопрос о выборе наизыгоднейшей обмотки при заданной батарее.

Для характеристики электромагнита Ленц и Якоби ввели еще одну величину — «экономический эффект». определяемый как отношение полученного «магнетизма» к количеству растворенного цинка.

В действительности, при работе с более сильными теками и тенкими сердечниками по сравнению с употреблявшимися Ленцем и Якоби ожидаемый максимум намагничивания может и не достигаться из-за наступающего насыщения, но эта ограниченность применения расчетной формулы не умаляет огромного принципиального значения открытия Ленца и Якоби в смысле решения энергетической стороны проблемы.

В своем курсе лекций по электричеству [Л. 33, стр. 229] в 1862 г. Ленц показывает, что линейная зависимость намагничивания от силы тока получается из более общей (также эмпирической) формулы Мюллера:

$$M = cd^{\frac{n}{2}}$$
 arc $tg \frac{I}{\alpha d^{\frac{n}{2}}}$

для слабых токов и толстых сердечников (d — диаметр сердечника, α ,c — эмпирические постоянные). Однако, несмотря на это ограничение, Ленц счел нужным рекомендовать свой прежний метод для практических расчетов. Более совершенные методы расчета были разработаны лишь в 80-х годах после появления глубокой работы Столетова «Исследование о функции намагипчения мягкого железа», когда развитие электротехники стало стимулироваться возникновением электропромышленности.

Занимаясь совместно с Якоби изучением законов намагничивания железа, Ленц винмательно следил за новинками иностранной научной литературы.

Многие физики того времени приписывали индукционным токам особые свойства, отсутствующие у токов термо- или гидроэлектрических. Ленц с самых первых шагов своей деятельности применял закон Ома и попутно проверял его всеми своими работами, но в 1838 г. он предпринял специальное исследование в связи с появлением статьи известного женевского физика, издателя ряда научных журналов де-ля Рива, который обосповывал экспериментами особые законы, которым якобы подчи-

ияется явление прохождения индукционного тока через проводники 1-го и 2-го классов.

Считая распространение выводов де-ля Рива пагубным лля развития науки. Лени не пожалел сил и времени для убедительнейшего их опровержения. Прежде всего Ленц раскритиковал приборы и экспериментальную методику ле-дя Рива, а затем специально поставленными и прежними своими опытами опровергал по имектам каждое ложное утверждение де-ля Рива. Часть ошибок де-ля Рива объяснялась очень просто с помощью закона Ома, которым де-ля Рива не пользовался. Например, он утверждал, что индукционный ток гораздо сильнее меняется при увеличении длины слоя электролита, чем гидроэлектрический, между тем, как показал Ленц, все дело в том. что в первом случае внутреннее сопротивление источника тока гораздо сильнее отличается от внешнего, чем во втором, и поэтому при включении электролита уменьшение тока более резкое. В других случаях Ленц совершенно правильно объяснял расхождение между своими результатами и утверждениями де-ля Рива тем обстоятельством, что де-ля Рива пользовался невыпрямленным током магнитоэлектрической машины, а Ленц -- отдельными «мітновенными» токами.

Он указывал, что если получать с помощью специального коммутатора переменный ток от гальванической батареи, то он ничем не будет отличаться от тока магнитоэлектрических машин.

На протяжении многих лет Ленц занимался проблемой генерирования тока в электрических машинах. Как уже упоминалось во второй главе, Ленц еще в 1832 г. в работе, посвященной изучению явлений электромагнитной индукции, взглянул на них с электротехнической точки зрения и предложил метод расчета обмотки для получения максимального индукционного тока при отрывании якоря от магнита.

В 1841 г. тот же самый метод был применен Ленцем для расчета обмотки магнитоэлектрической машины

Кларка [Л. 75, стр. 432—449]. Охарактеризовав магнитоэлектрические машины (так называли первые модели
динамомашины), как источники тока, дающего те же
самые действия, что и гальванический ток, Ленц, следующим образом мотивирует появление своего труда:
«Однако, я до сих пор нигде не видел теорию этих
машин, так что конструкторы этих машин подбирают
наилучшие диаметры проволоки по чутью или пользуясь
размерами хорошо работающих моделей, или же путем
эксперимента. Я хочу своей работой заполнить этот пробел в наших учебниках физики и дать теорию этих
машин, как уже делаю несколько лет при чтении
лекций».

В машине Кларка два параллельно соединенных индуктора вращались около полюса подковообразного магнита, но Ленц дал решение и для последовательного соединения индукторов. В обоих случаях оказалось, что если пренебречь толщиной обмотки, то для получения максимального тока внутреннее сопротивление машины должно быть равно сопротивлению внешней цепи. Постановка задачи отличалась от случая, разобранного во второй главе только тем, что заданной считалась не толщина проволоки, а толщина слоя обмотки С, определяемая конструкцией машины, искомой же величиной было не число витков ее, а диаметр проволоки х.

Для определения тока I, проходящего через внешнее сопротивление R_c при параллельном соединении якорей (сопротивление обмотки каждого якоря $R_i = \frac{lc (d+c)\pi}{x^2(x+6)^2}$). Ленц прибегает к помощи законов разветвления тока, которые, как он пишет, "были установлены Омом и Фехнером для гидро- и термо-электрических токов и мною для магнито-электрических" [Л. 75, стр. 436]:

$$I = \frac{2in}{2R_c + R_i}$$
, или $I = \frac{2iclx^2}{\pi cl(d+c) + 2R_cx^2(x+\delta)^2}$.

. 7 Э. Х. Ленц.

Здесь ε , l, d, δ имеют те же значения, что и в аналогичном расчете во второй главе. Из условия $\frac{dI}{dx}=0$ получается условие для x при максимальном возможном токе:

 $x^{3}(x+\delta) = \frac{(d+c)c/\pi}{2R_{\varepsilon}},\tag{II}$

т. е. искомый диаметр проволоки определяется внешним сопротивлением R_c . Из (II) при $\mathfrak{d} = 0$ получается:

$$R_e = \frac{R_i}{2}$$
, a $I_{\text{Make}} = \varepsilon \sqrt{\frac{lc}{2R_e(d+c)\pi}}$. (III)

При последовательном соединении обмоток $R_e = 2R_i$ Величину ε , в подлиннике обозначаемую P, Ленц называет коэффициентом воздействия магнитов на якорь.

Обсудив результаты формулы (III) для рационального конструирования машин, Ленц формулирует те задачи, которые остаются нерешенными в его теории: «Остается определить, при каких условиях коэффициент Р достигает максимума, т. е. при каких условиях магнетизм железного цилиндра внутри электромоторных спиралей достигает максимальной силы. Для решения этого вопроса у нас нет еще достаточных данных, мы знаем только, что магнит должен быть возможно сильнее, железовозможно мягче и что между толщиной и длиной цилиндра, размерами и формой магнита должно существовать определенное соотношение. Однако, все эти соотношения должны на данном уровне наших знаний получаться только путем опыта, а не расчета».

Из этого отрывка ясно, что в 1842 г., создав первую в истории электротехники теорию магнитоэлектрической машины, Ленц еще не включал в рассмотрение такой существенный параметр, как скорость вращения якоря.

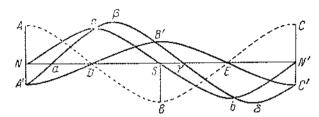
Следующий важнейший этап в развитии теории магнитоэлектрической машины можно датировать 1847 г., когда Ленц начал эксперименты со значительно более мощной многополюсной машиной Штерера с целью определения зависимости величины генерируемого тока от скорости вращения якоря. В сентябре 1845 г. машина была заказана [Л. 76], а в декабре 1847 г. Ленц сделал первый из трех докладов на эту тему, содержащий открытие и объяснение явления реакции якоря и практическое указание о необходимости передвижения щеток в связи со смещением нейтральной линии машины.

Ленц пришел к этому открытию, анализируя результаты своих опытов, поставленных в надежде «получить более глубокое представление о скорости, с которой железо воспринимает магнетизм» [Л. 3, стр. 162], в связи с гипотезой Вебера об отставании скорости намагничивания от скорости вращения. Вебер обнаружил нарушение пропорциональности между скоростью вращения машины и величиной тока. Оказалось, что ток сначала растет, затем достигает максимума и начинает убывать. Чтобы объяснить это явление Вебер и предположил, что при большой скорости вращения железо не успевает намагничиваться.

В первой серии опытов Ленц измерял ток количеством газа, выделяющегося в единицу времени в вольтаметре, и получил существование максимума тока. Чтобы исключить возможное влияние поляризации вольтаметра, вторую серию олытов Ленц произвел с мультипликатором Швейггера, требовавшим в силу своей большей чувствительности введения во внешнюю цепь сопротивления, в 400 раз превышающего внутреннее сопротивление машины. Максимум здесь не был достигнут, хотя не наблюдалось и линейной зависимости. Различие это могло объясниться или действием поляризации в первой серии, или малостью тока во второй. Чтобы решить этот вопрос, Ленц поставил третью серию опытов с токами такого же порядка, как и в 1-й серии, измерявщимися на этот раз гальванометром Нервандера, и получил подтверждение существования максимума тока в машине. Но более определенно эта связь обнаружилась из сравнения опытов одной и той же серии. Дело в том, что

машина Штерера имела 3 магнита, а якорь состоял из 6 катушек с сердечниками, которые могли соединяться четырьмя различными способами (шесть — параллельно, два — по три, три — по две и шесть — последовательно).

При каждом из четырех соединений максимум достигался при разных скоростях вращения, но простой расчет показал, что при достижении максимума ток в каждой катушке был всегда один и тот же.



Фиг. 14. Кривые, построенные Ленцем для объяснения явления реакции якоря.

На фиг. 14 изображен чертеж, которым Ленц пояснял сущность происходящего процесса. Каждой точке оси абсинсс соответствует определенное положение катушки относительно соседних полюсов магнита N и S: ABC — «магнетизм», создаваемый полем магнита; NaSbN — сила тока и возбуждаемый им «вторичный магнетизм»; A'B'C' — вторичный ток; $A'\alpha\beta\gamma C'$ — действительный ток в обмотке.

Из вида этой последней кривой Ленц сделал два очень важных вывода:

- 1. Среднее значение тока за период не изменяется при появлении вторичного тока.
- 2. От действия вторичного тока нейтральная линия машины сдвигается по направлению движения на тем больший угол, чем больше скорость вращения.

Таким образом, Ленц дает в общем правильное описание явления, которое мы сегодня называем «реакцией якоря». Как известно, в первом приближении можно считать, что реакция якоря не меняет величины магнитного потока машины, а лишь перераспределяет его положение в пространстве.

Специальными опытами Ленц находил положение нейтральной линии при разных скоростях вращения и подтвердил таким образом свой второй вывод, значение которого для развития генератора постоянного тока трудно переоценить.

Неправильным положением коммутатора он объяснил как появление мнимого максимума зависимости силы тока от скорости вращения в опытах Вебера и в 1-й и 3-й сериях своего исследования, так и неудачу полковника Евреннова, пытавшегося применить магнитоэлектрическую машину в петербургской гальвано-пластической мастерской (неполное выпрямление тока приводило к разрыхлению слоя меди на катоде).

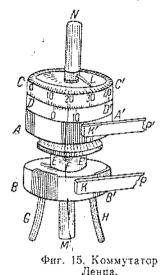
Работая с исправленным положением коммутатора, Ленц доказал еще один очень важный для теории машины законы: При увеличении активного сопротивления внешней цепи электродвижущая сила машины почти не меняется.

Между тем Якоби в 1847 г. получил из своих экспериментов обратный результат — якобы электродвижущая сила машины пропорциональна сопротивлению внешней цепи. Этот неверный вывод был получен также из-за неправильного положения коммутатора.

Первая машина, в которой было предусмотрено специальное приспособление для изменения положения щеток, была сконструирована в 1856 г. Холмсом [Л. 77, стр. 142].

Во второй и третьей частях исследования Ленц впервые в истории физики и электротехники снимал фазовые кривые тока и намагничения, изображавшиеся им в первой части, в виде синусоид. Для этой цели он сконструировал два коммутатора. Первый из них вырезалузкую полосу фазовой кривой, но не выпрямлял ток. Для измерения переменного тока тогда существовал только один прибор — электродинамометр, изобретенный

Вебером в 1846 г. и сейчас же заказанный Ленцем механику Академии [Л. 78]. Однако этот чувствительный прибор позволял измерять лишь очень слабые токи (по сравнению с измерявшимися гальванометром Нервандера: 0,1—4a). В третьей части Ленц продолжил исследование тех же кривых, но уже с другим коммутатором (фиг. 15



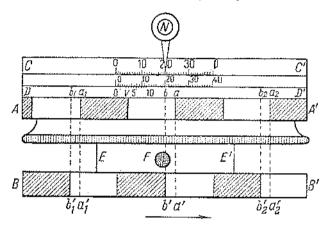
и 16), который давал возможность выпрямлять ток и варыровать ширину вырезаемой полосы. На фиг. 17 изображена кривая тока, тенерируемого в машине Штерера, снятая Ленцем с помощью его коммутатора.

Ленц следующим образом описал устройство и принципы действия своего коммутатора:

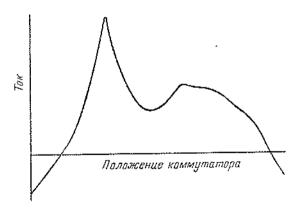
«Сейчас я и начинаю с описания этого коммутатора: для более ясного понимания его, я наломинаю читателю некоторые данные из моих прежних статей, а именно: что моя

машина Штерера) магнитоэлектрическая (системы состоит из подковообразных магнитов, что 6 полюсов этих магнитов лежат в одной горизонтальной плоскости и что они образуют 6 вершин правильного шестиугольника; над ними перемещаются концевые плоскости 6 железных цилиндров, расположенных совершенно подобным образом. Следовательно, при каждом полном обороте в каждом из железных цилиндров магнетизм возбуждался 6 раз и исчезал также 6 раз. Обыкновенный коммутатор в этом приборе должен поэтому при каждом полном обороте изменять 6 раз соединение индукционных катушек с электродами, проводящими ток дальше. Коммутатор, сконструированный мною для моих настоящих целей, собственно говоря, никогда не изменяет направления тока

на противоположное; он лишь позволяет возникать токам одинакового направления, играя для противоположных токов роль непроводника; поэтому, в сущности, это при-



Фиг. 16. Развертка коммутатора Ленца.



Фиг. 17. Кривая тока, генерируемого в машине Штерера.

способление следует называть не коммутатором, а лишь прерывателем тока. Но чтобы не вводить новых названий, я буду и в дальнейшем пользоваться выражением "коммутатор". Конструкция этого коммутатора поясняется следующим рисунком (фиг. 15).

Цилиндрическая ось MN, стоящая вертикально в середине вращающейся части магнитоэлектрической машины, окружена прежде всего деревянной трубкой, которая плотно охватывает ось, но может на ней вращаться: эта трубка, обозначенная на нашем рисунке через EE', может быть зажата посредством винта F в любом положении на оси МЛ. На этой деревянной трубке неподвижно закреплены: внизу — железное кольцо BB', а вверху медное кольцо СС'; на ней же может свободно вращаться железное кольцо АА', совершенно подобное первому, с плотно к вему прикрепленным медным кольцом DD'. Когда этому последнему подвижному железному кольцу придано желаемое положение, его можно неподвижно скрепить с медным кольцом СС' посредством гайки, изображенной на ЕЕ'. Оба железных кольца, как неподвижное BB', так и подвижное AA', разделены по окружности на 6 равных дуг (т. е. 60° каждая), и секторы 1, 3, 5 вырезаны; далее, в вырезанные части вновь вделаны железные дуги, но так, чтобы вставленные куски были гальванически изолированы от оставшихся целыми секторов. На медном кольце СС' имеется 2 ряда делений, один — на его нижнем крае, другие — вверху, на скоинен. ной его части; по первой шкале передвигается взад п вперед нониус, укрепленный на медном кольце DD'; он следовательно, указывает положение железного кольца AA', по отношению к медному кольцу CC', а тем самым и по отношению к неподвижно с ним связанному железному кольцу BB', верхняя же шкала показывает положение всего коммутатора относительно оси MN, т. е. и относительно индуцируемых железных цилиндров, когда винт F зажат; это достигается при помощи указателя, который держится значительным трением на оси и перемещается над самыми делениями верхнего ряда. Концы индукционных проводов G и H прикреплены к железным кольцам, один — к кольцу AA', другой — к кольцу BB', и вполне друг от друга изолированы.

Мы можем, следовательно, рассматривать 3 оставшихся целыми сектора кольца AA' как особой формы индукционный провод G, а 3 целых сектора BB' как индукционный провод H подобной же формы. От этих концов индукционной катушки ток проводится дальше для любых целей через 2 латунные пружины KP и K'P', заостренные края которых, K и K', при вращении коммутатора скользят по железным дугам.

Чтобы вполне уяснить себе действие этого прибора на практике, представим себе, что цилиндрическая поверхность коммутатора как бы снята и развернута в плоскость; тогда мы получим картину, изображенную на фиг. 16.

Части коммутатора, соответствующие предыдущему его изображению, обозначены здесь теми же самыми буквами. Таким образом, АDD'А' может передвигаться вдоль нижних делений С, и нониус дает его положение: например, на нашем рисунке нониус установлен на 2,5. Весь прибор может передвигаться относительно неподвижного указателя, который на рисунке стоит на (делении) 20. Так как каждый сектор в 60° разделен на 20 частей, то каждая часть равна 3°, и нониус дает деления в 0, 3°. Латунные пружины, скользящие по 2 железным кольцам, установлены так, чтобы их вертикальные края, лежащие на железных дугах, составляли одну прямую, например, аа'; поэтому, если закрепленные концы пружин соединены проводником, то через этот проводник будет проходить индукционный ток, когда эти пружины лежат на цельных секторах, но он не сможет пройти, если хотя бы одна пружина окажется на одном из секторов, укрепленных изолированно; эти секторы на рисунке отмечены штриховкой, полные же секторы оставлены белыми. Когда железное кольцо AA' имеет указанное на рисунке положение 2,5, ток будет проходить через проводник при движении пружин от a до b; во время их перемещения от bb' до $a_1a'_1$ тока не будет, но он появится опять при перемещениях от a_1a_1' до b_1b_1' и, наконец, еще раз —при

перемещении от a_2a_2' до b_2b_2' . Таким образом, за полный оборот индукционный ток будет проходить через проводник, соединяющий пружины, только 3 раза, и, очевидно, в точности при одних и тех же фазах тока, ибо фазы, при каждом повороте на 2 сектора, повторяются совершенно одинаковым образом.

Далее, нетрудно видеть, что все эти 3 тока будут иметь одно и то же направление и, следовательно, при включении в цепь мультипликатора будут действовать на его стрелку как 3 толчка, одинаковых по силе и направлению; если вращение происходит быстро и если мультипликатор, как это устроено у меня, снабжен движущейся в масле лопастью, замедляющей его колебания, то эти толчки, которые повторяются все время равномерно, вызовут постоянное отклонение его стрелки. Ширина проводящей полосы ав указывается нониусом на нижней шкале; этот отсчет (где каждая единица отвечает 3°) я в дальнейшем буду называть установкой коммутатора.

Если, установив коммутатор определенным образом, поворачивать его как целое вокруг его вертикальной оси..., то фаза тока будет постепенно изменяться и указатель будет давать фазу, соответствующую определенному положению индуцируемых железных цилиндров по отношению к магнятным полюсам».

Это подлинное описание конструкции коммутатора приведено нами для того, чтобы с полной убедительностью показать бесспорный приоритет Ленца в изобретении известного в электротехнике прибора, описанного Жубером в 1880 г. и носящего его имя (диск Жубера). Неизвестно, был ли знаком Жубер с соответствующими статьями Ленца, опубликованными на четверть века раньше, но приоритет Ленца не подлежит никакому сомнению. «Диск Жубера» служил для изучения формы кривой переменного тока до изобретения осциллографа.

Работы Ленца по исследованию магнитоэлектрических машин дали ряд методов для всестороннего экспериментального и теоретического анализа их действия и перспективу разумного усовершенствования.

Из краткого обзора важнейших электротехнических работ Ленца следует, что после смерти первого русского физика электротехника В. В. Петрова русская электрофизика продолжала оставаться тесно связанной с практикой. Ленц не уклонился от этой традиции русской физики и немало способствовал ее развитию.

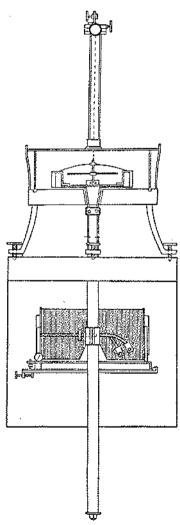
Переходя к истории установления теплового действия тока, заметим, что Ленц пришел к нему самостоятельным путем, независимым от исследований Джоуля.

Еще в 1833 г. он высказал важную мысль о том, что значительное изменение проводимости метадлов при нагревании запутывает расчет замкнутых гальванических целей. «Опыты, проведенные в этой работе, — писал Ленц, - показывают, что нагревание металлических проводов обратно пропорционально их проводимости, таким образом хуже проводящие провода при токе от определенной батареи ослабляют ток сильнее, чем лучше проводящие по двум причинам: из-за худшей проводимости и из-за большего благодаря этому нагреванию проволоки» [Л. 26, стр. 654]. Чтобы дать количественную характеристику явления, к чему Ленц стремился во всех своих исследованиях, нужно было установить закон зависимости количества тепла от величины тока, но в 1832 г. еще не было ни приборов для измерения тока, ни источника постоянной электродвижущей силы, ни метода измерения сопротивления.

И в следующие годы Ленц неоднократно сталкивался с необходимостью уточнения законов тепловых явлений в цепи электрического тока, например, при доказательстве явления Пельтье, при критике методов де-ля Рива (1839), считавшего, что количество тепла пропорционально величине тока, на чем и был основан его метод измерения тока.

Наконец, задача построения эталона сопротивления, решавшаяся в это же время Ленцем и Якоби, требовала точного закона для учета изменения сопротивления при работе с токами различной силы.

Экспериментальная часть работы Ленца, начатой задолго до опубликования статьи Джоуля, несравненно



Фиг. 18. Тангенс-буссоль Нервандера.

более убедительна. Джоуль обосновал зависимость от сопротивления четырьмя измерениями с ошибкой примерно 3%, а зависимость от величины тока установил на основании пяти измерений в интервале температур от 0 до 22° С. Кроме того, Джоуль пользовался тангенсгальванометром до углов порядка 60° и не указывал, как он вводил поправки, а Ленц доказал, что пропорциональность тока тангенсу угла отклонения стрелки справедлива лишь до 40°. Академик Гесс показал, что опыты Джоуля содержат количественные ошибки в подсчете теплоты растворения, которую требовалось исключить.

Большая часть исследования Ленца посвящена описанию приборов, принципов их действия, пределов применимости и теоретическому обоснованию методов измерения и обработки результатов. Схема была собрана по носледнему слову техники того времени. Для измерения силы тока Ленц пользовался тангенс-буссолью (фиг. 18) гельсингфорсского профессора Нервандера, изобретенной в 1833 г. и значительно усовершенствованной по указаниям Ленца, в частности был введен успокоитель, предложенный П. Л. Шиллингом при проектировании телеграфа. Сопротивление измерялось агометром Якоби, изобретенным в 1840 г. и усовершенствованным по совету Ленца в 1842 г. (фиг. 19).

Агометр — это реостат из калиброванной проволоки, причем вращением барабана можно включать в цепь любую часть ее. Длина включенной проволоки отсчитывается по шкале.

В качестве источника тока Ленц пользовался батареей из 24 элементов Даниеля. Элемент Даниеля, обеспечивающий отсутствие поляризации, был изобретен в $1836\ r.^4$.

Для описания главной части установки — сосуда для измерения количества выделяющегося в проволоке тепла (фиг. 20) — предоставим слово самому Ленцу: «На доске NO в середине укрепляется пришлифованная к горлышку

Единица тока Ленца была такова, что за 1 час при единице тока выделялось 41,16 с.и³ гремучего газа.

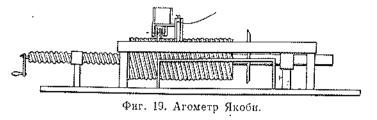
По второму закону Фарадея m=klt, где k—электрохимический эквивалент водорода, равный 1,045·105 z/κ , а $m=\frac{41,16\cdot 2,0016}{22\cdot 414}=$ = 3,671·10-3 z;

$$I = \frac{m}{kt} = 0.09756 \, a$$
, т. е. примерно 0,1 a .

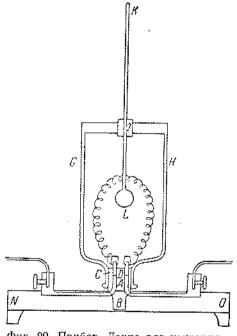
Отсюда единица со противления оказывается равной 0,237 ом. Пересчет сопротивления одного оборота агометра, равного по Ленпу сопротивлению медной проволоки длиной 193,78 см и диаметром 0,0854 см, дает при удельном сопротивлении меди 1,72·10-6 величину 0,0596 ом, т. с. величину, вчетверо меньшую. Повидимому, Ленц сделал оциску, приняв где-то при вычислениях диаметр проволоки за раднус. Но, поскольку Ленц точно определил все три единицы, мы могли взять две по указанию Ленца, а третью вычислить.

¹ В этой работе Ленц впервые с такой точностью определил единицы для тока, сопротивления и электродвижущей силы, что мы без труда пересчитали их на амперы, омы и вольты. Электродвижущая сила одного элемента Даниеля—47,16 единиц Ленца—1,09 s; 1 единица Ленца = 0,02311 s.

опрокинутой склянки GH стеклянная пробка $A\tilde{B}$; пробка смачивается жиром, так что в установленную на нее



склянку GH вода и воздух проникнуть не могут. Латунный зажим, опущенный на чертеже, прижимает к доске



Фиг. 20. Прибор Ленца для изучения теплового действия тока.

нижнюю горизонтальную крышку горлышка склянки, так что эта последняя не может упасть даже при сильном движении прибора. Наверху, т. е. собственно в дне склянки, просверлено цилиндрическое отверстие Ј. в которое вставляется пробка с пропущенным через нее термометром KL; его шарик слущен до середины бутыли. На самой трубке термометра алмазом нанесены деления через $1/5^{\circ}$, так что с полной уверенностью

можно отсчитывать $^{1}/_{25}^{\circ}$; термометр тщательно про-калиброван.

... Стеклянная пробка AB просверлена и через отверстия проведены и залиты две платиновые проволоки C и

D с коническими окончаниями внутри склянки; на эти концы могут надеваться пришлифованные к ним массивные платиновые насадки. Подлежащая прогреванию проволока предварительно наматывается в катушку на стержень толщиной до 2 линий; ее концы зажимаются между платиновыми конусами и насадками» [Л. 3, стр. 413—414].

Лени предложил оригинальный метод измерения количества тепла, которое развивается в проволоке при пропускании электрического тока.

Из проведенного Ленцем расчета вытекало, что в начале опыта температура жидкости должна быть настолько же ниже температуры помещения, насколько после опыта — выше.

Для каждой серии опытов определялось время, потребное для нагревания жидкости на 1°, вычислявшееся как среднее из нескольких рядов измерений. В процессе нагревания время отсчитывалось через каждый градус, и брались средние значения для интервалов температур, равноотстоящих от температуры помещения.

Поскольку количество тепла, полученное жидкостью в единицу времени, пропорционально $\frac{1}{\tau}=A$, то Ленц, изучая зависимость A от R и I, доказывал справедливость формулы $A=RI^2$ постоянством произведений R τ и I^2 τ при прочих равных условиях. Сравнивались сопротивления железных, медиых, платиновых и нейзильберовых проволок и было установлено, что количество тепла не зависит от материала проволок, если сопротивления их одинаковы.

Из любопытных деталей этих опытов отметим, что в качестве жидкости брался 85—86%-ный спирт точно определенного удельного веса, так как он обладает значительно меньшей электропроводностью, чем вода, употреблявшаяся Джоулем. Отсутствие утечки тока через жидкость проверялось рассматриванием через лупу концов спирали, чтобы заметить, не выделяются ли на них

пузырьки газа. Во время измерения жидкость тщательно перемешивалась.

На основании проведенных им 16 рядов наблюдений Ленц неопровержимо доказал следующие законы:

- «1. Нагревание проволоки гальваническим током пропорционально сопротивлению проволоки.
- 2. Нагревание проволоки гальваническим током пропорционально квадрату служащего для нагревания тока» [Л. 3, стр. 441].

Что касается зависимости количества тепла от времени, которую мы обычно включаем в закон Ленца-Джоуля, то Ленц считал прямую пропорциональность этих величин совершенно несомненной и положил ее в основу своего метода: во всех опытах измеряемой величиной было время, необходимое для нагревания жидкости на 1°.

Представляет большой интерес одно из следствий, выведенных Ленцем из только что приведенных законов. Ставилась задача: даны объем металла v и площадь поверхности электрода S. Как нужно устроить цепь, чтобы получить максимально возможное количество тепла? (имеется в виду — сколько элементов нужно приготовить из данных электродных пластин, с тем чтобы соединить их последовательно, и каждую проволоку нужно вытянуть из данного объема металла).

Проведя соответствующий математический расчет, Ленц показал, что «при наивыгоднейшем устройстве цепи количество появляющегося тепла прямо пропорционально поверхности цинка и квадрату электродвижущей силы и обратно пропорционально сопротивлению единицы поверхности (электродов) гальванических элементов, но не зависит от объема и природы металла, из чего следует замечательный вывод: при применении наивыгоднейшего устройства цепи в любом объеме любого металла при одной и той же площади поверхности цинка разовьется одно и то же количество тепла» [Л. 3, стр 443] 1. Ленц

не пишет, чем именно замечательно такое следствие из его закона, между тем совершенно ясно, что в нем заключается закон сохранения энергии при превращении посредством электричества химической энергии в тепловую.

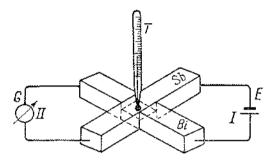
Джоуль в это же самое время ограничивался изучением механического эквивалента тепла.

На несколько лет раньше Ленц поставил ряд остроумных опытов для подтверждения существования явления Пельтье.

В 1821 г. уроженец Прибалтики физик Зеебек открыл термоэлектричество. Он обнаружил присутствие тока в цепи, составленной из двух разнородных проволок при нагревании одного из спаев. Через 13 лет Пельтье открыл обратный эффект: если через спай двух металлов пропустить электрический ток, то в нем происходит либо выделение, либо поглощение тепла в зависимости от направления тока. Электродвижущая сила термопары и соответственно количество выделяемого или поглощаемого тепла при пропускании тока сильно отличаются для разных пар металлов. Одним из наиболее эффективных сочетаний является пара висмут-сурьма. После опубликования работы Пельтье многие, как писал Ленц в своей статье: «О некоторых опытах из области гальванизма» [Л. 29, стр. 321], подвергли сомнению факт охлаждения одного из спаев. Попытки воспроизвести опыт Пельтье часто терпели неудачу, что было правильно объяснено Ленцем: выделение тепла в висмутовой проволоке, обладающей большим сопротивлением, может благодаря теплопроводности компенсировать охлаждение спая. Кроме того, высказывались предположения, что перемена направления тока в контуре II при перемене полюсов в контуре I(фиг. 21) может вызываться ответвлением тока из контура I в контур II. Ленц опроверт это возражение, включая гальванометр G после того, как элемент E был уже выключен. При этом получилось охлаждение на 0,7° и

¹ Перевод уточнен.

нагревание на 3.3° . Кроме того, он поставил опыт, неопровержимо доказавший наличие охлаждения. Для этого он взял в качестве источника тока элемент Волластона с поверхностью электродов в $929~cm^2$, спаял два достаточно толстых стержня сечением $2.6~cm^2$ и в середину спая вставил термометр с маленьким шариком (0.5~mm диаметром). Получилось охлаждение на 3° , которое



Фиг. 21. Схема овыта Лениа по проверке открытия Пелтье.

вскоре ослабевало из-за выделения тепла в висмуте, и при обратном направлении тока — нагревание на 3,5°. В заключение Ленц привел опыт замораживания воды: он окружил прибор тающим снегом, а в ямку около термометра налил воду. Через 3 мин. после включения тока вода замерзла. Видимо, Ленц остался очень доволен этим опытом, так как заканчивает статью указанием на Якоби и Нервандера, присутствовавших при первом замораживании гальваническим током. Это были первые опыты Ленца, с которыми были ознакомлены широкие читательские круги России [Л. 79].

Много лет спустя теорией термоэлектрических явлений с большим успехом занялся ученик Ленца $M.\ \Pi.\$ Авенариус.

В течение своей жизни Ленц неоднократно обращался к изучению тех явлений, которые теперь составляют предмет самостоятельной науки — электрохимии. Ленца

интересовали две нерешенных в его время задачи: вопрос о природе электродвижущей силы поляризации и определение законов прохождения тока через электролиты. Кроме того, он занимался проблемой, выходящей за рамки электрохимии,— доказательством тождества природы токов разного происхождения и применимости к ним закона Ома. Ленц принял некоторое участие и в споре сторонников контактной и химической теории гальванического элемента. Вначале, вопреки мнению своего учителя, одного из создателей химической теории Паррота, он склонялся на сторону контактной теории, но в дальнейшем пришел к выводу, что правы обе спорящие стороны, так как электродвижущая сила возникает как на границе металла с жидкостью, так и на границе двух металлов.

При подготовке к своему фундаментальному исследованию по установлению закона теплового действия тока Ленц счел необходимым окончательно решить вопрос о существовании так называемого «сопротивления перехода» на границе металл — электролит. Еще в 1829 г. немеций физик Фехнер установил, что величина тока в цепи, содержащей электролит, оказывается меньше, чем требуется по закону Ома. Этот факт можно объяснить либо появленнем электродвижущей силы, ослабляющей первоначальную, либо существованием особого добавочного сопротивления, которое Фехнер назвал «сопротивлением перехода». Первая попытка Ленца решить этот вопрос, относящаяся к 1836 г., не привела его к правильным выводам, но в 1841 г., вооружившись разработанным им методом измерения электродвижущей силы с помощью агометра Якоби, он блестяще справился с этой задачей. Обрабатывая результаты своих опытов в предположении одновременного существования э. д. с. поляризации и «сопротивления перехода», он доказал, что если «сопротивление перехода» существует, то оно должно обладать необычными свойствами: быть обратно пропорциональным току и не вависеть от величины поверхности электродов. В то же время опыты прекрасно объяснялись в предположении, что единственной причиной уменьшения силы тока является э. д. с. поляризации. Ленц воспользовался косвенным, хотя и убедительным, аргументом, зачем привлекать сопротивление перехода — величину, подчиняющуюся совершенно особым, несвойственным обычным сопротивлениям законам, когда есть реально наблюдаемая величина — поляризация электродов, объясняющая все экспериментальные факты.

История появления фиктивной физической величины сопротивления перехода является прекрасной иллюстрацией порочности формального подхода к физическим явлениям, без попыток проникновения в их сущность. С помощью сопротивления перехода можно было описать явление, рассчитать величину тока; существование его подтверждалось экспериментами, но тем не менее сохранение его при дальнейшем развитии науки могло бы телько затормозить это развитие.

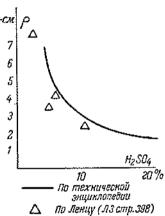
Из тех же опытов, которые послужили для выяснения вопроса о «сопротивлении перехода» Ленц установил ряд законов, касающихся э. д. с. поляризации. Поляризация возникает одновременно с появлением тока п сразу же принимает свое полное значение. При не слишком больших плотностях тока она не зависит от величины электродов. В условиях опытов Ленца она не зависела и от величины тока. Величина э. д. с. поляризации определяется природой электродов и находящейся в соприкосновении с ними жидкости, но не зависит от концентрации растворов (для разбавленной серной кислоты).

Таким образом, при решении основного вопроса о существовании сопротивления перехода была выяснена зависимость поляризации от ряда параметров. Для изучения зависимости поляризации от концентрации раствора необходимо было измерять сопротивление жидкого слоя при различных концентрациях. Так как геометрические размеры ванны указаны, нетрудно перейти от сопротивления слоя к удельному сопротивлению раствора.

В статье Ленца приведены числа, выражающие удельное сопротивление разбавленной серной кислоты при различных концентрациях [Л. 3, стр. 398]. Благодаря тому что Ленц очень точно определил величины, принимавщиеся им за единичные, приведенные им данные можно сравнивать с современными данными. На фиг. 22 по оси абсцисс отложена концентрация серной кислоты, а по оси

ординат — удельное сопротивление раствора в ом \cdot см. au-см

Как видно на фигуре 22, экспериментальные точки Ленца лежат очень близко к кривой, проведенной по современным данным [Л. 80, стр. 553]. Это свидетельствует прежде всего о высоком мастерстве Ленца, блестяще применявшего созданные им экспериментальные методы; одновременно подгверждается точность определения Ленцем его единиц. Подчеркиваем, что здесь мы уже



Фиг. 22. Зависимость удельного сопротивления раствора серной кислоты от концентрации.

сравниваем не относительные, как в случае температурной зависимости сопротивления (фиг. 7), а абсолютные числа.

К концу 1844 г. была закончена совместная работа Ленца и Савельева, посвященная исследованию законов электролитической поляризации и численному измерению электродвижущих спл [Л. 81]. В этой работе впервые изучались в отдельности э. д. с. поляризации на катоде и на аноде. Электролитическая ванна разделялась на две части пористой перегородкой, и подбирались такие сочетания электродов и электролитов, чтобы поляризовался лишь один электрод, для которого и определялась э. д. с. поляризации. Затем составлялись всевозможные комби-

нации, и неизвестные э. д. с. поляризации определялись как разность суммарной и известной.

Следующий шаг — определение э. д. с. гальванических элементов. Однако прежде чем изучать действие поляризации при наличии э. д. с., авторы выяснили, можно ли э. д. с. поляризации Р прибавлять к первоначальной э. д. с. с или изменение, вносимое поляризацией в первоначальную э. д. с., связано с ней более сложным образом. Для этого был поставлен следующий опыт: ток от батарен Даниэля из 8 элементов пропускался через элемент Гровэ в одном и другом направлениях, причем в одном случае поляризация имела место, а в другом нет. Определяя из этого опыта величину Р в предположении, что P и ε складываются и сравинвая с P, определенной в предыдущих опытах в отсутствии в. Ленц и Савельев доказали, что первоначальная электродвижущая сила и электродвижущая сила поляризации действительно складываются.

Так как значения поляризации были уже определены, оставалось измерять $P+\varepsilon$ и вычитать P в тех элементах, где она имела место. Таким образом, были определены электродвижущие силы 77 пар. За нулевой потенциал был принят электродный потенциал платины в азотной кислоте. При этом авторы отдавали себе отчет в сложности явлений у поверхности эдектродов 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 пластины 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 — уменьшение электродвижущей силы» [Л. 81, стр. 3].

Важнейшие законы, сформулированные Ленцем и Савельевым, были следующие: «Поляризация равна сумме поляризаций на обоих электродах.

Поляризация и электродвижущая сила (первоначальная — asm.) суммируются алгебранчески в каждом элементе.

Различные комбинации металлов с жидкостями допускают расположение в определенный ряд по электродвижущим силам, причем каждая следующая электродвижущая сила положительна относительно предыдушей и выражается определенным числом, так что электродвижущая сила от пары произвольных комбинаций будет выражаться разностью относящихся к ним чисел» [Л. 81, стр. 27].

Кроме того, в этой статье уже указывалось на зависимость поляризации от тока (точиее, от плотности тока), но подробное исследование этого вопроса было отложено до следующей статьи, так как опыты еще не были доведены до конца [Л. 81, стр. 28]. Такая статья в печати не появилась.

Что касается количественной стороны полученного Ленцем и Савельевым ряда электродных потенциалов и электродвижущих сил, то здесь нельзя ожидать хорошего совпадения с современными данными.

Как выяснено современной электрохимией, огромное влияние на величину поляризации (перенапряжения) имеют примеси в растворах и особенио недостаточная чистота поверхности электродов, что во всех работах вплоть до 20-х годов нашего века не учитывалось.

Для таких металлов, как цинк, медь, железо, нельзя вычислить, какая плотность тока была в опытах Ленца и Савельева, ибо в зависимости от обработки поверхности действующая часть ее может отличаться от видимой на $10-40\,\%$.

В отличие от большинства работ Ленца в этой статье не даны температуры опыта и процентное содержание растворов.

Однако для того времени значение этой работы, давшей первый в истории физики ряд электродных потенциалов и э. д. с. поляризации на границе металл — электролит, было огромно. Переводы ее или рефераты появились в немецких, французских и швейцарских журналах.

В частности, в 1847 г. на эту работу ссылался Гельмгольц при экспериментальном обосновании закона сохранения энергии, а в 1881 г. результаты измерений Ленца и Савельева были использованы русским физиком Н. П. Слугиновым в его диссертации «Теория электролиза».

Законы, установленные Ленцем и Савельевым, лежат в основе современной электрохимии, но, к сожалению, не связываются с их именами.

В следующие годы Ленц в Петербурге, а Савельев в Казани определяли проводимость электролитов при различных геометрических соотношениях между размерами и формой электродов и сосудов, одновременно изучая соответствующее пространственное распределение электрического тока. В частности, Ленц в 1852 г. опубликовал статью «О прохождении гальванического тока через жидкости, когда их поперечные сечения отличны от поверхности погруженных в них электродов», где разобрал задачу о проводимости слоя бесконечной цирины.

Письмо изобретателя гальванокаустики Круселля, работавшего в то время в Москве, послужило поводом к выводу Ленцем закона разветвления тока за 4 года до Кирхгофа в несколько менее общем виде.

Круселль просил напечатать в бюллетене Академии его открытие. При лечении больных, состоявшем в пропускании через них тока от батареи Даниэля, последовательное включение нескольких больных сильно ослабляло величину тока. Когда же Круселль догадался включать их параллельно,— «каждый получал такой же ток, как если бы он был включен один». Ленц возражал против помещения этого сообщения, считая выводы Круселля простым следствием закона о распределении токов при

параллельном соединении сопротивлений. Однако Якоби сомневался в справедливости утверждения Круселля, считая вероятным возникновение поляризации в местах прикосновения влажной руки к электроду Г. Чтобы решить этот спор, нужно было сначала вывести закон разветвления тока при наличии электродвижущих сил во всех параллельно соединенных участках цепи, что еще никем не было сделано. 5 мая 1844 г. Ленц доложил о полученных им результатах [Л. 82].

Выведенная им для величины тока в любом ответвлении цепи формула имеет вид:

$$I_{m} = \frac{E_{m}\left(\frac{1}{R_{1}} + \frac{1}{R_{2}} + \dots + \frac{1}{R_{m-1}} + \frac{1}{R_{m+1}} + \dots + \frac{1}{R_{n}}\right)}{R_{m}\left(\frac{1}{R_{1}} + \frac{1}{R_{2}} + \dots + \frac{1}{R_{n}}\right)} - \frac{\left(\frac{E_{1}}{R_{1}} + \dots + \frac{E_{m-1}}{R_{m-1}} + \frac{E_{m+1}}{R_{m+1}} + \dots + \frac{E_{n}}{R_{n}}\right)}{R_{m}\left(\frac{1}{R_{1}} + \frac{1}{R_{2}} + \dots + \frac{1}{R_{n}}\right)},$$

еле

 $E_1R_1; E_2R_2; \dots E_{m-1}R_{m-1}; E_mR_m; E_{m+1}R_{m+1}; \dots E_nR_n$ электродвижущие силы и сопротивления в 1, 2, m-1, m, m+1 и n-том участках цепи, соединенных параллельно (фиг. 23).

Для объяснения явления, наблюдавшегося Круселлем, Ленц положил:

$$E_1 = E; R_1 = r$$
 (источник тока); $E_2 = E_3 = \ldots = E_n = P; R_2 = R_3 = \ldots = R_n = R$ (включенные больные);

тогда

$$I_m = \frac{E - P}{R\left(1 + \frac{r_n}{R}\right)},$$

¹ Изложение этого спора Ленца и Якоби сохранилось в архиве Академии наук, оп. Л. № 18.

а в случае включения одного больного

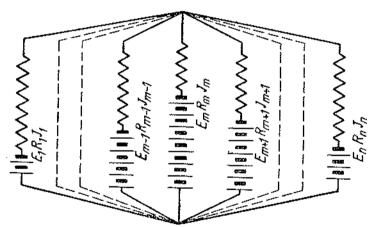
$$I_m = \frac{E-P}{R+r}$$
.

При $nr \ll R$, что для не слишком большого числа больных выполняется:

$$I_m = \frac{E - P}{R}$$

и для одного, и для n больных [Л. 82].

В этой главе мы рассмотрели работы Ленца в области физики за 20-летний период (1837—1857). Главное место занимают в них исследования, непосредственно связанные



Фиг. 23. Схема электрической цепи, для которой Ленц вывел закон разветвления тока.

с решением электротехнических проблем — с конструированием электродвигателей и динамомашин. Параллельно он изучал электрохимические источники тока и в связи с этим законы прохождения тока через проводники 2-го класса.

Таким образом, Ленц все время имел дело с явлениями взаимного превращения механической, тепловой, электромагнитной и химической форм энергии. Количественный подход к изучению этих явлений позволил ему, как мы видели, установить еще два важных частных случая закона сохранения энергии. Чо же помещало ему установить этот закон в общей форме? Как уже упоминалось во второй главе, Ленц был активным участником борьбы с идеалистическими и натурфилософскими течениями, получившими некоторое распространение и в России. Это обязывало его проявлять большую осторожность в широких обобщениях, непосредственно из опытов не вытекающих, хотя, считая идеалом физики сведение всех явлений к механическим движениям и зная закон сохранения живых сил, он не мог не думать о сохранении энергии или, как тогда говорили, силы. В то же время Ленц в условиях николаевской реакции не мог опубликовать работу, устанавливающую единство и взаимопревращаемость всех сил природы, и в том числе пресловутой «жизненной силы», понятия о которой он был вынужден включить во введение к 4-му изданию своего учебника (1851), после того как в первых трех он писал о физиологии, как о «приложении начал физики и химии к органическим телам» (это изменение было, повидимому, вызвано усилением реакционного направления в политике царского правительства после революций 1848 г.).

Хотя Ленц и не сформулировал закон сохранения энергии как универсальный закон природы, его труды оказали прямое и непосредственное влияние на Гельмгольца, Грове и других участников установления этого закона, о чем свидетельствуют прямые ссыдки на Ленца в их работах.

ГЛАВА ПЯТАЯ

Ленц и географическая наука

Начав свою научную деятельность в качестве физика экспедиции на шлюпе «Предприятие», Ленц до конца своей жизни не порывал с физической географией и метеорологией. Как уже было сказано, научные заслуги Ленца в области океанографии являются совершенно очевидными и общепризнанными. Выводы его из обширных и весьма добросовестных наблюдений во время кругосветного плавания были подтверждены последующими исследованиями и в значительной степени способствовали повышению интереса к океанографии.

Основными вопросами исследования Ленца были: изучение удельного веса воды океанов (зависящего от количества растворенных в ней солей), температур воздуха и воды на поверхности океана и на различных глубинах его, барометрические наблюдения.

Одним из наиболее интересных результатов научных наблюдений Ленца было установление им закономерности изменения солености воды в Атлантическом и Тихом океанах — каждый из них имеет два максимума солености, расположенные к северу и югу от экватора, вдоль которого проходит полоса минимальной солености воды на поверхности.

Ленц следующим образом формулировал свои выводы нз наблюдений и дал им исчерпывающее объяснение:

«1. В Атлантическом океане солей содержится значительно больше, нежели в Южном море (Тихом океане — авт.); в Индяйском океане, как соединяющем эти две большие водные массы, в части, прилегающей к Атлантическому океану, вода более солена, нежели

в части, прилегающей к Южному морю, или в западной части более соленая, чем в восточной.

- 2. В обоях больших океанах имеются северный и южный максимумы солености. Северный отстоит от экзатора дальше, нежели южный. Минимум между ними находится в Атлантическом океане в нескольких градусах севернее экватора; в Южном море по всей вероятности имеет место то же, однако, наши наблюдения его не обнаружили, так как в этих малых северных широтах Южного моря их было недостаточно.
- 3. В Атлантическом охеане западная часть более солена, нежели восточная. В Южном море долгота, повидимому, не обуславливает различия в солености.
- 4. В Атлантическом океане удельный вес имеет наибольшую величину в северном максимуме, при 40° з. д. от Гринвича, и равен 1,02856. В Южном море удельный вес имеет наибольшую величину в южном максимуме, при 119° в. д., и равен 1,02804.

Последнее значение является единственным наблюдением в Южном море, где удельный вес презысил величину 1,028.

 От северного максимума к северу и от южного — к югу удельный вес с увеличением широты непрерывно уменьшается.

Встает вопрос: откуда возникают южный и северный максимумы; почему собственно нет максимума на самом экваторе, где удельный вес оказался, наоборот, значительно меньше, чем в районе маконмумов? Для ответа на этот вопрос мы должны сначала выяснить, чем определяется соленость на поверхности. Преобладающее влияние на соленость оказывает испарение, и мы думаем, что им можно объяснить образование максимумов к северу и югу. А именно, испарение, в свою очередь обуславливается солиечным теплом и большей или меньшей скоростью обмена воздушных слоев. Солнечное тепло на экваторе наиболее значительно, но там менее всего следует ожидать более быстрого перемещения воздушных слоев. Замечательно, что в Атлантическом океане область расположения минимума как раз совпадает с той областью, которой так боятся мореплаватели, именно с областью почти постоянного безветрия. Пары, поднимающиеся вследствие действия палящего солица, остаются над водной новерхностью и препятствуют дальнейшему испарению.

Море теряет поэтому меньше своих водяных частиц, и потому вода здесь менее соленая, чем под 22° с. ш. и 18° ю. ш., где дуют свежие пассатные ветры; они уносят водяные нары, поднимающиеся под действием солнечного жара, который, как известно, мало уступает здесь экваториальному; таким образом, освобождается место для вновь образующихся паров, и испарение происходит очень быстро. Отсюда и более высокая соленость столь быстро испаряющейся

воды. Этим же, вероятно, объясняется и большее содержание солей в западной части Атлантического океана, ибо, как известно, по мере приближения к африканскому побережью увеличиваются и постоянство, и распространение областей безветрия. В Южном море не обнаруживается увеличения безветрия по мере продвижения к востоку, и поэтому там влияние долготы на соленость незаметно» [Л. 33, стр. 110—112].

Выводы и объяснения эти вполне совпадают с последующими объяснениями наблюденных фактов, данными гениальным русским метеорологом А. И. Воейковым 1. Подтвердились также наблюдения Ленца о большей солености Атлантического океана по сравнению с Тихим и Индийским. Такое подтверждение показывает, что Э. Х. Ленц положил в основу своих объяснений совершенно правильные предпосылки о зависимости солености воды в океане от характера испарения и влагооборота в пределах бассейна того или иного океана.

Не менее справедливы выводы и точны наблюдения Ленца над температурами воды на поверхности океана и воздуха над океаном. Отмеченная им закономерность быстрого понижения температуры в верхних слоях воды и более медленного в нижних также находит подтверждение во всех последующих наблюдениях. Также справедливо и указание Ленца на то, что в определенных широтах вода на поверхности океанов теплее воздуха над ней.

Наблюдения Ленца над изменением барометрического давления на острове Люсон, расположенном в тропиках, были подвергнуты им тщательной обработке, и, как отмечает акад. Л. С. Берг, Ленц не только заметил регулярность наступления двух максимумов и двух минимумов

в сутки, но и совершенно точно указал время наступления их. «Как известно, — писал Берг, — в тропиках суточная амплитуда давления воздуха отличается особенной правильностью: здесь наблюдается два максимума и два минимума примерно в те сроки, какие указаны Э. Х. Ленцем. Средняя амплитуда между наивысшим и наинизшим суточным стоянием барометра равна, по Ленцу, 2,3 мм, что тоже соответствует современным данным.

Как видим, все физико-географические наблюдения Ленца отличаются большой точностью. Они сохраняют свое значение до настоящего времени» [Л. 33, стр. 462].

Действительно, во всех случаях характерным для наблюдений Ленца была их исключительная точность, почти полное совпадение с результатами более поздних замеров, производившихся самыми совершенными приборами. Сопоставляя данные, полученные Ленцем, с собственными замерами во время плавания на «Витязе», С. О. Макаров писал: «Наблюдения Ленца не только первые в хронологическом отношении, но первые в качественном, и я ставлю их выше своих наблюдений и выше наблюдений на "Челленджере"» [Л. 5, т. I, стр. 247, § 213].

Чрезвычайно интересно и важно отметить, что сопоставление результатов наблюдений Ленца с данными последующих экспедиций всегда подтверждает наблюдения Ленца. «При обобщении всего материала,—пишет Макаров о своих наблюдениях на «Витязе», — я увидел, что одних моих наблюдений недостаточно, и что для правильности выводов полезно обработать все остальные наблюдения над температурой и удельным весом воды, как поверхностной, так и на глубинах. Я стал разыскивать метеорологические и другие журналы, веденные на русских военных судах, и затем приступил к обработке температур и удельных весов. К сожалению, кроме данных Ленца, наблюдения над удельным весом воды оказались по преимуществу мало надежны» [Л. 5, т. I, стр. 10, § 6].

^{1 &}quot;... появились наблюдения удельного веса; первые, охватившие большое пространство и замечательные по своей точности, были сделаны Э. Ленцем в плавании на "Предприятии" (1823—1826), и на их основании им было высказано предположение о существовании по обе стороны экватора полос с наибольшим удельным весом и, следовательно, наибольшей солености; между тем около экватора лежит полоса с меньшим удельным весом и соленостью, а от полос наибольшего удельного веса к полюсам как удельный вес, так и соленость убывают. Это совершенно совпадает с современным взглядом на данный вопрос, "—писал Ю. Шокальский [Л. 4, стр. 45. Введения].

Но зато данные Ленца, положившего начало точным измерениям в океанографии, полностью совпадают с замерами более поздних и лучше оснащенных экспедиций. В той же работе Макаров приводит многочисленные сопоставления результатов Ленца с результатами других экспедиций.

«Например в широте 11° N Ленц, в октябре 1825 г., пересекает свой предыдущий путь апреля 1824 г., удельные веса, 1,0265 и 1,0265, т. е. сходятся до единицы в четвертом знаке. Затем путь Ленца пересекает путь «Витязя» 1887 г. в широте 24° N; у Ленца удельный вес 1,0271, у «Витязя» — 1,0272. Далее путь Ленца пересекает в широте 35° N путь «Челленджера», шедшего в 1875 г., причем у Ленца 1,0267, у «Челленджера» — 1,0266. Путь Ленца встречается с «Челленджером» и «Витязем» по западную сторону Филиппинских островов и здесь сходство полное: 1,0257, 1,0258, 1,0259. С «Витязем» он встречается еще у берегов Кохинхины: опять сходство полное» [Л. 5, т. 1, стр. 18—19, § 18, также стр. 251, § 214].

«Исследования Ленца над батометром замечательны по своей точности и законченности. Помощник начальника Физической обсерватории в Петербурге М. А. Рыкачев в своем труде «Новейшие исследования океанов» («Морской сборник», № 1, 1881, стр. 12) г делает сравнение температур, полученных в больших глубинах Ленцем в 1824 г. и на «Челленджере» в 1875 г. Согласие результатов поразительно. Между тем Ленц не имел прекрасных переворачивающихся глубоководных термометров «Негретти и Замбра» и определял температуру нижних слоев посредством доставания воды батометром» [Л. 5, т. I, стр. 30, § 31].

Применяя, как и Ленц, систему поправочных коэффицентов, Макаров берет их численную величину из таб-

лиц Ленца «... основываясь на опытах Ленца, я привимаю то же отношение коэффициентов, как у Ленца», — пишет он и для сопоставления поправочных коэффициентов приводит в специальной таблице данные из опытов Ленца [Л. 5, т. I, стр. 30, § 31].

Почти в тех же выражениях характеризует точность замеров Ленца акад. М. А. Рыкачев: «первые вполне надежные данные о температуре воды на больших глубинах океана добыты нашим акад. Ленцем...».

Наблюдения Коцебу на «Рюрике» и собственные наблюдения Ленца дали материал для его теории о кругообращении океанских вод, «...самый полный ряд вполне надежных наблюдений с помощью тщательно проверенных аэрометров, произведен Ленцем в Атлантическом, Тихом и Индийском океанах...»

«Все выводы Ленца и данные его наблюдений совпали с данными более поздних и более хорошо оснащенных экспедиций», — пишет M. А. Рыкачев в упомянутой выше статье.

Такое же сопоставление результатов Ленца с более поздними данными приводит и акад. Л. С. Берг. В своей работе «Заслуги Э. Х. Ленца в области физической географии» [Л. Зэ] он цитирует приведенные выше сопоставления и пишет: «К этому прибавим сравнительные данные насчет температур, наблюденных Ленцем на глубинах. На Тихом океане на глубине 1 783 м Ленц в 1824 г. под 21°14′ с. ш. наблюдал температуру 2,4° С. Не очень далеко отсюда в 1874 г. «Челленджер» на той же глубине отметил 2,4° С» [Л. Зэ, стр. 458].

В своем фундаментальном сочинении «Океанография» профессор Шокальский писал о результатах наблюдений Ленца: «Труды Коцебу и Ленца в 1823—1826 гг. представляют во многих отношениях не только важный вклад в науку, но и действительное начало точных наблюдений в океанографии, чем русский флот и русская наука могут гордиться» [Л. 4, стр. 35 Введения].

9 9. X. Mean.

¹ Точнее, "Морской сборник", 1881. № 1, стр. 1—32; № 2, стр. 43—78. М. А. Рыкачев, Экспедиция Challendger'я и новейшие исследования океанов (авт).

Такую же оценку результатов экспедиции Коцебу-Ленца дает в несколько возвышенном тоне, но совершенно верно, в своем «Наставлении для производства замеров» в гл. XXXVIII и XXXIX книги «"Витязь" и Тихий океан» С. О. Макаров. Он говорит, что хотя мореходные средства к концу 19 века значительно превосходят то. что имел «бессмертный Коцебу», мы не можем только от одного этого ожидать значительного улучшения качества научных исследований, «"Сила не в силе,— сила в любви", и нет прибора, которым можно было бы измерить эту силу, так как она неизмерима. Научные исследования будут производиться независимо от размера кораблей, и надо радоваться, если каждый капитан привезет даже в 60 раз меньше, чем Конебу. И это уже будет большой вклад, если в особенности записи сделаны с должной правдивостью и обстоятельностью.

Капитаны начала нынешнего столетия, оказавшие крупные услуги в свое время, послужат в будущем примером любви и преданности делу. Будущим морякам предстоит плавать не с теми кораблями и не с теми средствами, но можно пожелать, чтобы в них была та же любовь к изучению природы. Любовь эта поможет им быть достойными последователями знаменитых капитанов начала нынешнего столетия» [Л. 5, т. I, стр. 337, § 313]. Конечно, слова эти относятся не только к капитанам, но и к основателю научной океанографии Эмилию Христиановичу Ленцу.

Кроме океанографических и метеорологических работ, Ленцем были произведены различные измерения и на суше, в частности барометрическое измерение высот нескольких гор. Так, барометрическое определение высоты было произведено на горе Корковадо и на вершине Авачинской солки (Петропавловск на Камчатке). Восхождение на сопку было первым альпинистским опытом Ленца. Замеры были произведены также на горе Корковадо, на горе Эджекумб (остров Ситхе) и пирамидальной горе Ситха в Ново-Архангельском заливе.

С такой же тщательностью были обработаны материалы экспедиции Ленца на юг России. Мы уже говорили о том научном подвиге Ленца, который положил основание новому направлению в метеорологии — горной метеорологии. Помимо этого, наблюдения Ленца имели и другое значение.

Давно уже существовало предположение о разности уровней Каспийского и Черного морей. Измерения профессора Дерптского университета Паррота (сына) и Энгельгарта сначала установили величину этой разности равной 300 футов; затем Паррот стал отрицать не только эту цифру, но и вообще наличие разности уровней. В последующем измерения Гебеля дали значение разности равной 70 футам, а акад. Вишневского — 240 футов.

Такие разноречивые данные побудили Академию наук поручить Ленцу произвести точные измерения разности уровней морей. Как всегда, Ленц начал измерения с тщательной проверки инструментов и выбора маршрута. В результате его измерений, обработанных им по возвращении с Кавказа, разность уровней была определена равной 100 футам. Однако из-за разноречивости показаний вопрос нельзя было считать решенным.

В 1836 г. акад. В. Струве предложил организовать новую экспедицию для проверки всех предшествующих измерений. Это предложение было поддержано акад. Э. Х. Ленцем и Е. И. Парротом. Экспедиция начала свою работу осенью 1836 г., пройдя от Новочеркасска, через Ставрополь на Кизляр и произведя свыше 60 измерений уровня по Кума-Манычской низменности. В результате экспедиции было установлено: «что действительно уровень Каспийского моря значительно ниже средней высоты Черного моря. Разность сия составляет 101,2 российских или 94,9 парижских футов (неверность в сих числах не может превышать ияти футов)» [Л. 83, л. д. 89].

Снова подтвердились результаты измерений Ленца в вопросе, который представлял значительный научный интерес. Об итогах экспедиции 1836—1837 гг. справед-

ливо писали: «Таким образом, приведено к концу одно из замечательнейших ученых предприятий до восточного края империи относящихся и вместе с этим разрешается вопрос обративший с давних времен на себя внимание просвещенного мира» [Л. 83, л. д. 91].

В 1835 г. Ленц взял на себя обработку наблюдений над склонением. наклонением магнитной стрелки и степенью магнитной силы, произведенных во время кругосветного плавания Ф. Литке на шлюпе «Сенявин» в 1826—1829 гг. С необычайной точностью и тщательностью провел эту работу Э. Х. Ленц: учтя все поправки и отобрав наблюдения, не вызывающие сомнения своей достоверностью, он свел все наблюдения в таблицу склонений, наклонений и степени магнитной силы, послужившей для проверки изданной в 1833 г. проф. Ганстейном карты изодинамических линий.

В 1835 г. Ленц обработал метеорологические наблюдения, сделанные им на Кавказе, и сообщил о них 29 декабря на заседании Физико-математического отделения Академии наук.

С середины 30-х годов наступает некоторый перерыв в работах Ленца в области физической географии. Электродинамика и особенно ее практическое применение в виде электродвигателя Якоби занимают все время Эмилия Христиановича. Но в начале 40-х годов Ленц возвращается к занятиям физической географией и начинает принимать активное участие в изучении географии своего отечества.

В 1844 г., по инициативе 17 выдающихся географов и путешественников России, возникла мысль о создании Русского географического общества. В 1845 г. эта мысль была осуществлена, и в сентябре этого года было первое собрание членов-учредителей. 7 октября на первом Общем собрании действительных членов Общества (51 человек) был избран Совет Общества в составе 7 чел. В число членов Совета избрали и Эмилия Христиановича Ленца ГЛ. 84, стр. 61.

С первых же дней существования Общества Ленц стал активным участником его работы. В 1846 г. было намечено направить большую экспедицию на Северный Урал «для исследования границы между Европою и Азиею на всем протяжении Северного Урала». К началу 1847 г. экспедиция эта была полностью организована; возглавлял ее горный инженер, полковник, профессор минералогии и геологии в Петербургском Университете, участник экспедиции О. Е. Коцебу, Э. К. Гофман. Инструкции для экспедиции были составлены: по геодезии и астрономии В. Я. Струве, по физической географии А. Я. Купфером и Э. Х. Ленцем, по геологии Г. П. Гельмерсеном и Э. К. Гофманом, по естественным наукам К. М. Бэром. Эта чрезвычайно плодотворная экспедиция была успешно закончена в 1850 г. и дала богатые научные результаты. Обработка их производилась в течение нескольких лет. н в 1852 г. был издан первый том Трудов экспедиции. Второй том вышел в 1855 г.; в нем были опубликованы матерналы по гипсометрии и метеорологии, обработанные Э. Х. Ленцем.

В августе 1847 г. в Комитете физической географии Русского географического общества обсуждался вопрос о способах подробного изучения климата России. Три члена Комитета, и в их числе Э. Х. Ленц, изъявили согласие заниматься климатическими вопросами. Вскоре при участии Ленца было составлено и разослано по губерниям России руководство по собиранию сведений о климате. Сведения, собранные в результате этого, составили затем ценную основу для характеристики климатов различных частей страны.

В 1849 г. Отделение математической географии РГО обсуждало вопрос о необходимости наблюдений над качанием маятника вдоль дуги меридиана, определенной градусным измерением. Это предложение было сделано профессором Петербургского Университета А. Н. Савичем, и для разработки программы таких наблюдений были выделены В. Я. Струве, Э. Х. Ленц и А. Н. Савич

Программа была выработана, но сами наблюдения смогли быть осуществлены лишь значительно позднее.

Успех Северо-Уральской экспедиции вызвал появление в 1850 г. нового проекта — экспедиции в Восточную Сибирь и на Камчатку. Обширнейщая программа наблюдений подверглась тщательному обсуждению, в котором иринимали активное участие академики А. Я. Купфер и Э. Х. Ленц. Ими, совместно с другими членами Комиссии, в течение 1851 г. были разработаны разделы астрономических, геодезических и топографических наблюдений. В 1852 г. был опубликован «Свод пиструкций для Камчатской экспедиции», послужившей руководством для многих экспедиций в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке.

В течение ряда лет группой морских офицеров велись наблюдения над магнитным склонением у входа в Финский залив и вдоль берегов Эстонии. Результаты этих наблюдений были обработаны Ленцем и доложены в Физико-математическом отделении Академии наук 9 декабря 1859 г. На основе этих наблюдений Э. Х. Ленц пришел к выводу, что отклонения от нормального (ожидаемого) распределения магнитного склонения на Финских шхерах и островах вдоль побережья до самого Рижского залива вызваны залеганием слоя магнитного железа. Действительно, на одном из островов велись уже разработки железной руды.

Выводом из изложенного было предложение Ленца о необходимости более подробного обследования указанного района и проведения там наблюдений магнитного склонения, наклонения и напряженности магнитного поля. Одновременно Ленц выдвинул еще более общирную программу сплошного изучения распределения магнитных сил на поверхности России. «Для этого снаряженная на несколько лет экспедиция должна была бы, начиная с Петербурга, производить сеть магнитных наблюдений все далее и далее, так чтобы со временем представилась возможность определить направление изогональных, изовоюможность определить направление изогональных, изо-

клинических и изодинамических линий в России» [Л. 85]. Академия наук создала особую комиссию для рассмотрения этого предложения, но осуществление его оказалось не под силу царской России. В этот период Лени усиленно работал над усовершенствованием приборов для производства магнитных наблюдений и сконструировал магнитный теодолит, значительно более точный, чем применявшийся ранее инклинатор Джонса.

В 50-х годах магнитным теодолитом Ленца широко пользовались для магнитных наблюдений на Каспийском море. Подробное описание прибора читатель найдет в «Морском сборнике» за 1861 г. (Л. 86).

В конце 50-х годов Ленц познакомился с материалами метеорологических наблюдений в Атлантическом и Тихом океанах доктора Эдуарда Ленца во время кругосветного плавания его на судне Русско-американской кампании «Ахте» в 1847, 1848 и 1849 гг. и наблюдениями Леопольда Шренка во время плавания его на «Авроре» к устью р. Амура в 1853 и 1854 гг.

Первоначально (1858 г.) Ленц тщательно проверил данные обоих наблюдателей и, убедившись в их точности и полной достоверности, приступил к обработке. Выводы этих наблюдений полностью согласуются с результатами, полученными в свое время Ленцем (например, наличие двух максимумов и двух минимумов барометрических давлений и часы их наступления и др.).

В 1851 г. Ленц издал составленный им для преподавания в высших военно-учебных заведениях курс физической географии. Этот учебник был переиздан в 1853 г., а через год переведен на шведский язык. Ленц не прекращал и в дальнейшем работы над совершенствованием учебника и в 1858 г. издал его уже не для военно-учеб-

¹ Доктор Эдуард Ленд-однофамилен Эмилия Христиановича Ленца. Уместно отметить, что фамилия Ленц была весьма распространена в России в 18 и 19 вв. Нам известно около 10 Ленцев (большая часть—учащиеся Петербургского Университета и Технологического института), предки которых с давних времен жили в центральной части России на Урале.

ных заведений, а для более широкого употребления. В этом учебнике Ленц значительно точнее и полнее излагает содержание физической географии.

В первом учебнике (1851 г.) материал был сгруплирован в пяти главах:

- І. О твердой поверхности земли.
- И. О внутреннем составе земной коры (геология).
- ИІ. О жидкой поверхности земли (гидрология).
- IV. Об изменениях на земной поверхности.
- V. О явлениях, происходящих в атмосфере (метеорология).

В последнем издании учебника (1865 г.) добавлена глава о земном шаре вообще, а глава об изменениях на земной поверхности ограничена лишь твердой поверхностью.

Оба учебника представляли богатое собрание тщательно отобранных, проверенных и хорошо обдуманных фактов, значительная часть которых была результатом собственных наблюдений Ленца. Многолетний опыт его в обработке и анализе данных больших кругосветных путешествий был дополнен знанием физической географии России. Учебник Ленца раскрывал перед читателем стройную систему разнообразных сведений, характеризующих самые различные физические процессы, происходящие на поверхности земного щара и в окружающей его атмосфере.

Интересно отметить эволюцию определения предмета физической географии, данного Ленцем. Если в первом издании он писал: «Предмет физической географии состоит в изложении явлений, наблюдаемых нами, как на поверхности земного шара, так и в доступных пределах его внутренности; главная же задача ее заключается в определении: по каким именно физическим законам совершаются и совершались наблюдаемые нами явления» [Л. 87, стр. 1], то во втором учебнике (1853 г.) была дана более точная формулировка: «Физическая география из-

лагает явления, замечаемые нами на поверхности и в доступных нам глубинах земли, рассматривал их преимущественно как условия для развития органической жизни; главная же задача ее, как науки, заключается в определении: по каким именно законам совершались и еще ныне совершаются наблюдаемые нами явления» (подчеркнуто нами — авт.).

Это определение физической географии как науки, данное Ленцем еще в середине прошлого столетия, сохраняет свою силу и до наших дней. Чрезвычайно важно подчеркнуть содержащееся в ней указание на связь между явлениями в атмосфере и на поверхности земли с явлениями жизни на Земле.

Та же мысль является основной и в определении Ленцем понятия климата. «Совокупность наружных причин, поддерживающих в данном месте органическую жизнь и содействующих ее развитию, мы означаем названием климат» [Л. 87, стр. 264]. Это определение климата, данное еще в учебнике 1851 г., полностью совпадает с тем, какое дал в 1927 г. в своих «Основах климатологии» советский ученый Л. С. Берг [Л. 88, стр. 11].

Следует также обратить винмание на взгляды Ленца о естественной активной роли человека в его воздействии на природу. В Заключении, где рассматриваются предельные линии распространения животных и растений на земной поверхности (ареалы), Ленц, следуя «...ндеям и доказательствам знаменитого естествоиспытателя, академика Бера», доказывает наличие естественного закона убывания размеров отдельных животных и растений по мере удаления от экватора к полюсам, стремление их приблизиться к земле, а у самых полюсов — даже уйти под воду. Но этому явлению, вызванному влиянием климата, вполне может противостоять величайшая творческая сила земного шара — человек, не подчиняющийся слепо влиянию внешних условий, но активно относящий-

ся к ним. «Один только человек в этом отношении (ограниченного размещения по земной поверхности — авт.) представляет замечательное исключение из всех животных; самые знойные страны тропиков и вечные снега полярного пояса имеют своих обитателей, и замечательно. что человек везде принадлежит одному и тому же роду, несмотря на то, что, от влияния климата, цвет его кожи н образование лица получают в жаркой Африке характер, отличный от того, какой находят в степях Северной Америки и Азии, или в европейских государствах. Этим преимуществом — выдерживать все климаты — человек не обязан своему телосложению, напротив, с этой стороны он нежнее многих животных, но он делает себя независимым от крайностей климата вследствие своего ума, который указывает ему удобнейшие средства для предохранения от суровости даже полярных климатов. Из всего видно, что человек есть венец творения и назначен быть повелителем земли» [Л. 87, стр. 271—272].

Этот учебник физической географии был хорошо приият всей читающей публикой. Отзывы о нем были самые благоприятные. Один из рецензентов отмечал, что Ленц, давая научный материал, излагает его необычайно просто — «...предмет трудный и многосложный он сумел сделать ясным и увлекательным» [Л. 89]. Ленц внимательно прислушивался к критическим замечаниям и при переработке учебника учел их (например, добавил в главе "О земном шаре вообще" § 12 «Земной магнетизм", на отсутствие которого в первом издании указывал рецензент журнала «Современник») [Л. 90].

«Физическая география» Ленца была первым русским трудом в этой области и предшествовала таким выдающимся работам, как труд А. И. Воейкова «Климаты земного шара». Впоследствии один из учеников Ленца, физик и геофизик Д. А. Лачинов продолжил работу в этом направлении, издав курс «Метеорология и климатология», многие разделы которого написаны под несомненным влиянием книги Э. Х. Ленца.

На протяжении 30 лет Ленц читал курс физической географии в Петербургском Университете, на протяжении 13 — в Михайловском артиллерийском Училище. Небезинтересно привести здесь одно из воспомананий о чтении этого курса; в день 50-летия со дня смерти Ленца В. В. Лермантов, слушавший в 1863—1864 гг. лекции его в Петербургском Университете, рассказывал в Русском физико-химическом обществе: «Между студентами ходил тогда слух, что Эмилий Христианович читает по книжке, и к нему на лекции ходили мало. Но это не согласовывалось с действительностью: он всегда приносил свою «Физическую географию» в хорошем переплете, но только изредка выписывал из нее нужные цифры, а излагал свои лекции очень увлекательно, «учил как власть имуший», рассказывал о своих наблюдениях во время кругосветного плавания Коцебу, послуживших основой для многих учений физической географии» [Л. 91].

Ленц как физико- географ, как мы видим, немногим уступал Ленцу-физику.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

Педагогическая работа Ленца с 1848 по 1865 гг. Ленц — ректор Университета. Педагогическая деятельность Ленца в других учебных заведениях. Чтение публичных лекций. Отзывы о научных работах. Участие в различных комиссиях. Волезнь и смерть.

Начав работу в Университете в 1836 г., Ленц не прерывал ее в течение 29 лет. Закончив к 1848 г. полную реорганизацию преподавания на Физико-математическом факультете, пригласив в его стены крупнейших ученых — математиков, астрономов, химиков, Ленц и в дальнейшем немало способствовал успешности их научной работы. Наиболее характерна в этом отношении его забота о Пафнутии Львовиче Чебышеве. В Государственном историческом архиве Ленинградской области, в фонде Петербургского Университета хранится немало документов, показывающих, с какой чуткостью и внимательностью относился Ленц к научному росту гениального русского математика.

В 1848 г. П. Л. Чебышев представил физико-математическому факультету свое сочинение «Теория сравнений», которое Ленц горячо рекомендовал к изданию, а в следующем 1849 г. — п к награждению Демидовской премией. Отзывы о достоинствах П. Л. Чебышева как математика и лектора, данные Ленцем еще в 1847 г., показывают, как быстро смог оценить он выдающиеся способности Чебышева. И позднее, хлопоча о научных командировках для него и создавая наиболее благоприятные условия для работы, Ленц немало способствовал быстрому научному росту П. Л. Чебышева.

С таким же вниманием Ленц относился позднее и к другому гениальному русскому ученому — Дмитрию

Ивановичу Менделееву, своему ученику еще по Главному педагогическому институту.

Помимо приглашения Д. И. Менделеева в Университет и предоставления ему возможности подготовки к профессорскому званию, Ленц неоднократно поддерживал великого русского химика, высоко оценивая его первые научные работы.

Мы уже говорили выше, что реорганизация преподавания на физико-математическом факультете, осуществленная с приходом в Университет Ленца, привела к блестящему расцвету таких наук, как химия, математика и физика.

Научные достижения представителей так называемой Петербургской школы в этих областях науки вскоре стали известны во всем мире и вызвали заслуженное восхищение зарубежных ученых. Петербургский Университет обязан Ленцу также приглашением таких выдающихся ученых, как минералог Пузыревский, математик Коркин, ботаники Бекетов и Фаминцин, осуществивших в стенах Университета ряд выдающихся работ по естествознанию и обогативших русскую и мировую науку открытиями первостепенной важности.

Среди учащихся Университета Ленц также умел отмечать наиболее выдающихся и подготавливать из них научных работников. Не только в первые годы работы Ленца, когда, как мы уже говорили, наградами были отмечены лучшие ученики его, но и в последующем из стен факультета вышло немало питомцев Эмилия Христиановича, ставщих затем прфессорами высших учебных заведений России.

Педагогическая деятельность Ленца заслужила хорошие отзывы его современников. Ректор Университета П. Плетнев, посетив 10 мая 1844 г. экзамен по физике, писал Я. Гроту о Ленце: «он дельный человек, серьезный, взыскательный». О достоинствах Ленца как лектора сохранился ряд свидетельств. По воспоминаниям К. А. Тимирязева, сообщенных нам проф. А. К. Тимирязевым,

лекции Э. Х. Ленца отличались блестящим изложением, привлекавшим слушателей.

П. П. Семенов-Тян-Шаньский, поступивший в Университет в 1845 г., в своих мемуарах кратко охарактеризовал всех профессоров, которых ему пришлось слушать. Ленца он называл самым основательным и ученым из профессоров того времени (самым талантливым и интересным был, по его мнению, С. С. Куторга), отметил популярность его среди студентов и хорошее знание русского языка, чего нельзя было сказать о Э. К. Гофмане, друге Ленца со времени кругосветного путешествия, читавшем минералогию так, что его «без смеха слушать было невозможно» ¹ [Л. 92].

В. В. Григорьев, писавший свою книгу через несколько лет после смерти Ленца, имел возможность ознакомиться с отзывами его учеников и коллег. Отзыв Григорьева о лекциях Ленца следующий: «Как профессор Ленц отличался строгим систематическим и критическим изложением тех отделов физики, которые преподавал он. Любимой же его специальностью было и здесь чтение курса об электричестве, магнетизме и гальванизме по собственным запискам, сопровождавшиеся всегда опытами, к которым он приготовлялся заранее и которые всегда были удачны: малейшая аномалия тотчас же привлекала на себя его внимание и он тут же старался объяснить происхождение ее слушателям... В хорошее состояние прибеден был также стараннями Ленца и физический кабинет Университета. Но пока успел он осуществить это, слушателям его всегда был открыт свободный доступ к занятиям в физическом кабинете Академии наук, находившемся в его заведывании. Некоторые приборы разрешал он даже на свою ответственность брать занимавшимся на дом; и вообще никому, кто действительно хотел работать, не отказывал ни в советах, ни в средствах, к тому от него зависящих» [Л. 40].

В. В. Лермантов, поступивший в Университет незадолго до смерти Ленца и слушавший его лекции только один год, писал о них: «Когда дело доходило до фактов, в открытии которых он принимал участие, он рассказывал об этом не по-книжному, а живо с реальными подробностями, что придавало необыкновенную авторитетность его словам и невольно возбуждало у талантливых юношей желание и самим также поработать» [Л. 93].

Из отзывов Григорьева и Лермантова вытекает, что Ленц не видел необходимости (или возможности) организовывать практические занятия студентов, но тем из них, которые проявляли желание заняться исследовательской работой, шел навстречу. В те годы ни в одном Занадно-Европейском университете не были еще введены дабораторные занятия студентов, и первенство в этом отношении принадлежит ученику Э. Х. Ленца Ф. Ф. Петрушевскому 1. В 1865 г. в лаборатории занималось 7 студентов, в 1867 — 18, далее число это непрерывно возрастало, но до 1883 г. занятия проходили бессистемно. Правильный ход занятий был окончательно налажен только в 1884 г. после введения обязательного зачета по лаборатории физики; первый специальный практикум по электричеству был организован И. И. Боргманом в 1885-1886 гг.

Недостаток в практической подготовке своих наибо лее способных учеников Ленц стремился восполнить, посылая их в экспедиции, убежденный на собственном опыте в пользе такой «производственной практики». Разумеется, он предварительно обучал их обращению с приборами, тщательной проверке их, умению внести требуемые поправки. Так, А. С. Савельев производил матнитные измерения на Белом море и Северном Ледови-

[•] Такой же отзыв о Гофмане находим у К. А. Тимирязева.

¹ Правда, в расписании занятий по разряду физико-математических наук на 1861-1862 учебный год [Л. 94] значатся "Практические занятия по физике" для студентов III и IV курсов ($1\frac{1}{3}$ часа в неделю), но, к сожалению, нам не удалось выяснить, в чем эти занятия заключались. Лермантов мог о таких занятиях и не знать так как при Ленце был еще первокурсинком.

том океане, Р. Э. Ленц — в Хорассане и на островах Финского задива, Ф. Ф. Петрушевский был командирован наблюдать солнечное затмение. В результате таких экспедиций были написаны научные работы, продолжавшие исследования, начатые самим Э. Х. Лением.

Деятельность Ленца в Университете не ограничивалась только Физико-математическим факультетом. Еще в 1844 г. Ректор Университета П. Плетнев, собираясь уходить из Университета, называл Ленца как наиболее подходящего кандидата на должность ректора. В 1850 г. Ленц впервые в течение нескольких месяцев замещал уезжавшего за границу Плетнева. Вторично Ленц замещал ректора с 19 мая 1856 г. по I сентября 1857 г., выполняя одновременно обязанности Попечителя учебного округа (с 20 нюля по 15 октября 1856 г.). Возвратившись из заграничной поездки П. Плетнев «нашел все в отменном порядке... все делопроизводство как по ученой и учебной части Университетского Совета, так равно и администрация и заведывание хозяйственной частью... ведены были с примерной отчетливостью и особенным усердием» [Л. 95, л. д. 60]. За это «Совет Университета единогласным постановлением своим определил; за ревностные и вполне успешные труды по исправлению должности ректора Университета с 19 мая 1856 г. по 1 сентября 1857 г. изъявить искреннейшую свою благодарность» [Л. 95, л. д. 61]. В 1859 г. Ленц еще раз замещал ректора в течение пяти месяцев (с 6 апреля по 8 сентября). И на этот раз, успешно выполняя сложные обязанности руководителя многообразной жизнью Университета, Ленц заслужил уважение и студентов, и профессоров.

В годы революционного выступления студенчества (1860—1861) Ленц в меру возможности пытался оградить студентов от произвола царских жандармов и своим авторитетом не раз добивался этого. Назначенный в декабре 1861 г. членом компесни по пересмотру Университетского устава, Ленц способствовал выработке нового более прогрессивного устава.

Почти 29-детняя работа Ленца в стенах одного из крупнейших учебных заведений России, несомненно, оставила яркий след в истории русской науки. Не только непосредственные ученики его, занявшие кафедры физики в различных учебных заведениях России и воспитавшие в свою очередь многочисленных учеников, но и ряд других выдающихся русских ученых продолжали разработку. вопросов, начатых Эмилием Христиановичем Ленцем.

Мы уже упоминали о первом поколении учеников его — А. Савельеве, М. Талызине и В. Кайданове. Все трое оставили яркий след в истории электротехники и физики в России.

Александр Степанович Савельев был одним из талантливейших учеников Ленца. Он родился 9 июня 1820 г. в купеческой семье; отец поощрял научные склонности обонх своих сыновей и дал им возможность окончить Петербургский Университет. Павел стал известным археологом, а Александр по окончании Университета, по совету Ленца, отправился в полярную экспедицию на берега Белого моря. Вернувшись из экспедиции. Савельев стал работать в Физической лаборатории Академии наук нал изучением явлений поляризации и в 1845 г. защитил магистерскую диссертацию: «О поляризации в гальванической цепи», а также совместно с Ленцем опубликовал разобраниую выше работу. Вскоре он уехал в Казань, где занимая должность адыонкта по кафедре физики, привел в прекрасное состояние физический кабинет, провел ряд экспериментальных работ. К этому периоду относится блестящий опыт освещения двора Казанского университета светом электрической дуги. В 1850 г. физический факультет «в весьма лестной форме» представил его к званию экстраординарного профессора, но это представление не было утверждено в Петербурге. После защиты им докторской диссертации на тему «О гальванической проводимости жидкостей», получившей Демидов-

10 9. X. Jenu.

скую награду, Совет факультета избрал Савельева ординарным профессором, но в утверждение его в этой должности было снова отказано. 13 марта 1855 г. Савельев был перемещен в Московский Межевой институт и более научной работой не занимался. В 1857—1860 гг. жил в Петербурге, преподавал в различных военно-учебных заведениях и умер 6 мая 1860 г.

Матвей Иванович Талызин под влиянием Ленца специализировался по физической географии и в 1847 г. защитил магистерскую диссертацию на тему: «О приливах и отливах», где были развиты идеи Ленца о замерах с помощью специального прибора приливомера (гипсолографа). В январе 1852 г. Ленц сообщил в Академии наук о новой работе Талызина «О приливах и отливах в Белом море». Вскоре М. И. Талызин переехал в Киев, где исполнял обязавности профессора физики в университете и написал учебник по математической географии.

Наиболее выдающимся учеником Э. Х. Ленца был Федор Фомич Петрушевский (1828—1904). Окончив Университет в 1851 г., когда условия для дальнейшего научного роста были крайне неблагоприятными, Петрушевский начал свою работу в академической лаборатории Ленца. С 1853 г. Петрушевский вел педагогическую работу учителем гимиазии, не прекращая своих научных исследований в области электромагнетизма и электродинамики. Переехав в 1862 г. в Киев, Петрушевский в 1862 г. защитил в Киевском университете магистерскую диссертацию «О способах определения полюсов магнитов и электромагнитов», в основе которой лежали опыты, произведенные им в академической лаборатории Э. Х. Ленца.

Тема диссертации, как и прелыдущих работ Петрушевского, тесно связана с вопросами, над которыми работал и Ленц. В своем отзыве о диссертации Ленц указывал на превосходство экспериментального метода и точность достигнутых Петрушевским результатов по сравнению с его предшественниками, изучавшими тот же вопрос, что делало его работу «...действительным обогашением науки», а также на умелое применение математики к решению физических задач.

Сейчас же после получения Петрушевским степени магистра Ленц стал хлопотать о зачислении его приватдоцентом Петербургского Университета, но в этом было отказано до утверждения нового устава, и Петрушевский начал работать в качестве преподавателя. Через два года, уезжая в Рим, Ленц просил Совет Университета: «...передать как управление физического кабинета, так и распоряжение штатиыми суммами оного, до моего возврашения доценту Федору Фомичу Петрушевскому» [Л. 96].

Вся дальнейшая преподавательская, научная и организаторская деятельность Петрушевского, вскоре занявшего кафедру физики в Петербургском Университете, показывает, что выбор Ленца был очень удачен. Вскоре Ф. Ф. Петрушевский организовал первый в мире физический практикум для студентов, добился строительства специального корпуса для физического факультета, начатого под его наблюдением. Но наибольшая заслуга Петрушевского заключалась в том, что он воспитал ряд крупнейших русских физиков и продолжал традиции Ленца, направляя интересы их в сторону изучения электромагнитных явлений [Л. 93].

Через три года после Ф. Ф. Петрушевского окончил Петербургский университет сын Эмилия Христиановича Роберт Ленц (родился 16 ноября 1833 г.) 1 унаследовавший от своего отца все его научные интересы, но достигший значительно более скромных результатов. Называя Р. Э. Ленца выдающимся экспериментатором, один из русских физиков, Н. А. Гезехус, писал: «Приобрел он

¹ Кроме Роберта у Э. Х. Ленна было еще пятеро детей: Эдуард—родился 3 мая 1831 г., умер 9 апреля 1859 г.; Александр—родился 30 июля 1838 г. (впоследствии подпоручик 3 гвардейской конно-артиллерийской бригады); Мария—родилась 25 октября 1836 г., умерла 20 марта 1859 года; Эмма—родилась 12 июля 1840 г., была жива в 1916 г.; Ольга—родилась в 1845 г.

охоту и навык в экспериментирования под руководством своего отда, заставлявшего его на деле тщательно изучать все качества предоставленного ему инструмента, прежде чем применить его к тому или другому опыту или измерению» [Л. 97].

Как Петрушевский в течение долгого времени возглавлял кафедру физики в Университете, так Р. Э. Ленц в течение 34 лет был связан с Петербургским технологическим институтом, будучи в начале преподавателем, а затем профессором физики в нем. Организовав прекрасную физическую лабораторию Р. Э. Ленц проводил в ней многочисленные исследовательские работы и практические занятия студентов, причем он стремился не к обилию и разнообразию задач, а к тщательности выполнения, представляя студентам лучшие приборы.

Следующий выдающийся ученик Ленца — Михаил Петрович Авенариус окончил Университет в 1858 г. и стал преподавателем в гимназии. Нет точных данных о том, занимался ли в это время Авенариус в лаборатории Академии наук и обязаи ли он Ленцу чем-нибудь, кроме пробуждения интереса к физике, но командирование его в 1862 г. за границу к Магнусу и Кирхгофу не могло произойти без участия Ленца. Свою магистерскую диссертацию он защищал уже после смерти Ленца и затем в течение 30 лет руководил кафедрой физики в Киевском университете, где вместе с большой группой учеников достиг выдающихся результатов в изучении критического состояния вещества.

Последние три ученика Ленца — Федор Никифорович Шведов, Петр Петрович Фан дер Флит и Дмитрий Александрович Лачинов—поступили в Петербургский Университет после отмены ограничений в приеме студентов и в отличие от упомянутых ранее физиков не были петербуржцами. Фан дер Флит происходил из семьи Архангельского служащего. Ф. Н. Шведов приехал из Одессы, Д. А. Лачинов родился в Тамбовской губернии. Шведов

и Фан дер Флит были активными «шестидесятниками» и оба побывали в крепости во время студенческих волнений 1861—1862 гг. [Л. 95]. Фан дер Флит, как казначей студенческого кружка, провел в заключении в Петропавловской крепости и в Кронштадте более 6 месяцев.

В 1862—1864 гг. и Фан дер Флит и Шведов занимались под руководством Ленца на курсах по подготовке в учителя (своеобразная двухгодичная аспирантура, организованная в 1860 г. после закрытия Главного педагогического института).

По окончании этих курсов П. П. Фан дер Флит должен был уехать учителем в Архангельск, но, как пишет В. В. Лермантов, «...ему предложили место лаборанта физнческого кабинета Университета по вольному найму, соединив жазованье консерватора (хранителя кабинета авт.) и механика». Это предложение мог ему сделать только Ленц, так как появление Фан дер Флита в качестве ассистента на лекциях тот же Лермантов датирует началом 1864 г. Возможно, что приглашая Фан дер Флита, Ленц имел в виду организацию практикума, так как для демонстрации опытов на лекциях у него был помощник-Ноак. После смерти Ленца Фан дер Флит продолжал работать лаборантом, помог Петрушевскому организовать практикум, а после защиты магистерской [Л. 100] и докторской [Л. 101] дисертации был избран экстраординарным (1880), а затем ординарным (1886) профессором; параллельно он читал лекции в «гальванической роте». Обе диссертации были впоследствии переработаны в один труд: «Опыт теории электрического тока», в котором В. К. Лебединский отметил общирность и точность результатов, ясность предположений [Л. 102].

Ф. Н. Шведов, окончивший Университет годом позже Фан дер Флита, т. е. в 1863 г., также был оставлен на педагогических курсах и представил теоретическую работу: «Об исследовании формулы Вебсра и законоз Ампера, относящихся к взаимному действию токов». Ленца в это время уже не было в живых, работу рас-

смотрел и одобрил Сомов, и было решено отправить Шведова за границу для изучения физики. Представляет интерес первый отчет Шведова от 11/23 сентября 1865 г., когда он еще занимался самостоятельно и его научные интересы носили явные следы влияния Ленца. «В июле-августе изучил следующие сочинения: «Die Praxis der Methode der kleinsten Quadraten von Frenden». Означенное сочинение необходимо мне в том отношении, что я имею в виду доказать при помощи опыта не мгновенное распространение электричества через влияние» ¹.

Д. А. Лачинов поступил в Упиверситет в 1859 г. и в течение двух лет слушал лекции Ленца. Областью научных интересов Лачинова была прежде всего электротехника. Для развития ее он сделал более других учеников Ленца — данное им первое в мире теоретическое обоснование возможности передачи электроэнергии на дальние расстояния без больших потерь создало высоковольтную технику и открыло перед электротехникой широкую дорогу. Эта работа была практическим воплощением идей и методов школ Ленца и Чебышева.

Лачинов продолжил работы Ленца и в области геофизики и физической географии. Его учебники метеорологии климатологии пришли на смену соответствующим разделам курса физической географии Ленца. Лачинов унаследовал у овоего учителя также его неизменно чуткое внимание к начинающим ученым и оказывал им всемерную помощь [Л. 103].

Когда в 1862 г. возник вопрос о необходимости создания Временной комиссии по управлению Университетом, Эмилий Христианович был избран ее председателем. В 1863 г. после возвращения из четырехмесячной загра-

ничной командировки, он был избран ректором Университета.

При баллотировании в ректоры Ленц получил 24 голоса против 2 неизбирательных. Остальные кандидатуры получили менее половины избирательных голосов ¹. Ленц был первым выборным ректором, избранным на основе нового университетского устава. Отдавая всю свою энергию налаживанию нормальной жизни Университета, Ленц проявил много такта, сумев восстановить ход учебной и научной жизни его в необычайно трудных условиях.

Именно эта деятельность Ленца как ректора Университета в еще большей степени укрепила сложившееся о нем мнение, хорошо выраженное словами проф. Никитенко: «Очень добрый, честный, благородный человек». Деятельность Ленца как ректора Университета продолжалась недолго — заболевание левого глаза еще в начале 1864 г. давало себя чувствовать, а осенью того же тода заставило просить годичный отпуск для лечения.

Многочисленные ученики Ленца и ученики его учеников создали тот передовой отряд русских физиков, который вместе со всеми другими физиками России прославил нашу Родину многочисленными выдающимися открытиями. Впоследствии они составили ядро Русского физического общества, организованного в 1872 г. при Петербургском Университете, активно сотрудничали в VI (Электротехническом) отделе Русского технического общества и его журнале «Электричество», основанных в 1880 г. Такое участие учеников и последователей Ленца в работах организации русских электротехников не случайно. Интерес к разнообразным вопросам теоретической и экспериментальной электрофизики и электротехнике был прямым результатом влияния Ленца и Петрушевского. Через учеников последнего — И. И. Боргмана,

¹ Трудно сказать, поставил ин себе Шведов эту задачу сам, или она была подсказана Ленцем, который, может быть, успел познакомиться с первыми работами Максвелла и именно для того заставил Шведова критически разобрать теории Ампера и Вебера, чтобы показать их недостаточность. Но кому бы ил принадлежала эта инициатива, Ленцу или Иведову, она показывает, что русские физики не были удовлетворены общепризнанной тогда теорией дальнодействия.

 $^{^4}$ Ивановский +10—16; Никитенко-†-8—17; Мухлицкий -†-9—15; Казембек +6—19; Громов -‡-4—21 [Л. 95, л. д. 142].

В. Ф. Миткевича, М. А. Шателена иден Ленца дошли до нашего времени $^{1}.$

Многое сделал Ленц и для улучшения преподавания физики в воеино-морских учебных заведениях. Начав свою педагогическую работу в Морском кадетском корпусе (1836 г.), он в 1841 г. должен был покинуть его, так как был назначен учителем физики и математики к сыну Николая I Константину и его сестрам, занятия с которыми отнимали много времени. Однако за 6 лет он успел привести физический кабинет Морского кадетского корпуса в такое состояние, что его преемник и ученик Н. Н. Тыртов смог из базе этого кабинета предпринимать научные исследования, результаты которых публиковались в изданиях Академии наук.

Повидимому, не случайно в том же году, когда Лени ушел из Морского кадетского корпуса, он начал чтение публичных лекций по гальванизму. И, хотя у нас нет прямых сведений о составе слушателей этих лекций, можно с уверенностью сказать, что в основном это были морские и артиллерийские офицеры, посещавшие в те же годы лекции по математике акад. М. В. Остроградского. Вполне вероятно, что Ленц, не имея времени для выполнения различных обязанностей профессора Морского кадетского корпуса не хотел совершенно расстаться со своими слушателями, интересующимися электричеством, понимая важность знания этого предмета для морских офицеров.

Позднее, в 1855 г., в связи с поражением России в Крымской войне и выявившейся необходимостью коренных преобразований морских учебных заведений, была создана «Комиссия для обозрения морских учебных заведений». Членами ее были академики Э. Х. Ленц и М. В. Остроградский. В 1857 г. Ленц был назначен также

членом-корреспондентом Ученого комитета Морского министерства и членом Комитета по преобразованию морских учебных заведений. Во всех случаях его участие было чрезвычайно ценно, и выполнение его совстов дало положительные результаты!. И если русский военно-морской флот был неистощимым источником выдающихся изобретений как в военной, так и в общей электротехнике, то большая доля заслуги в этом принадлежит Эмилию Христиановичу Ленцу.

В 1845 г. Ленц был приглашен в Михайловское артиллерийское училище, но вынужден был отказаться от преподавания в нем из-за отсутствия времени и поступил туда только в 1848 г.

Появление Ленца в стенах Артиллерийского училища произвело коренное изменение как в объеме, так и в методе преподавания физики. Изменидся соответственно и состав преподающих.

«С назначением Э. Х. Ленца курс физики был поднят до уровня универентетского курса. В младшем офицерском классе читались дополнительные статьи к гимназическому курсу об электростатике, магнетизме и электродинамике, а в старшем классе — о теплороде и физической географии. Э. Х. Ленцу, преподавателю весьма добросовестному и лучшему в то время профессору физики в Петербурге, училище обязано тем, что предмет этот преподавался общирно и основательно. Ленц был первый, кто начал прилагать высший анализ к выволу законов физических явлений, — до него физика читалась в училище весьма элементарно. Ему также училище обязано выбором репетитора А. В. Гадолина, оставленного при заведении в 1849 г. и в тот же год оставленного

 $[\]Phi$. Виографические справки о других учениках Θ . Х. Ленца и Φ . Ф. Петрушевского читатель найдет в статье проф. Н. А. Капцова. Теоретическая и экспериментальная электрофизика во второй половине XIX в. [Л. 104].

¹ Автор некролога Ленда в газете "Кронштадтский вестник" висал, ято в результате работы Ленда в Компссии: "... преподавателям было увеличено содержание, физические кабинеты и музеумы значительно пополнены, в самом преподавании были сделаны некоторые коренные реформы". Там же было отмечено, что учебники Ленда по физике и физической географии "были или исключительным руководством, или важным научным пособием в наших морских учебных заведениях" [Л. 105].

преподавателем физики в юнкерских курсах» [Л. 106, стр. 155].

Вскоре в Артиллерийском училище также была оборудована физическая лаборатория, в которой ассистенты Эмилия Христиановича А. В. Гадолин, В. Ф. Петрушевский и А. И. Шпаковский смогли развернуть исследовательскую работу по электротехнике.

В 1856 г. А. И. Шпаковский вместе с другим изобретателем, К. И. Константиновым, приняли участие в подготовке к иллюминации по случаю коронации Александра II. В Москве ими было оборудовано электрическое освещение с помощью дуговых лами с регуляторами системы А. И. Шпаковского. Сам изобретатель демонстрировал в Москве в Кадетском корпусе ряд опытов над использованием света электрической дуги, подготовленных им еще в Петербурге совместно с Э. Х. Ленцем и В. Ф. Петрушевским. В ноябре 1857 г. в Михайловской артиллерийской Академии были подготовлены общирные опыты «с помощью гальванической батарен в 800 бунзеновских тар». 11 февраля 1858 г. Э. Х. Ленц при участин А. В. Гадолина, А. И. Шпаковского и В. Ф. Петрушевского провел публичную демонстрацию опытов по тщательно разработанной программе, вызвавшую большой интерес.

В программе этих опытов было 10 пунктов, среди которых наиболее интересными были:

- «1. Накаливание проволок (платиновой, железной, стальной, желтой меди).
- 2. Явление электрического пламени между электродами углей:
 - а) при горизонтальном положении угольев;
 - б) при вертикальном положении угольев.
 - 3. Плавление электродов.
 - 4. Плавление и обращение в пар электродов.
 - 5. Действие магнетизма на дугу.
- 6. Накаливание угольных электродов под окисленной водой» и др., менее интересные.

Один перечень этих опытов показывает, как широк был размах исследовательских работ Э. Х. Ленца. Зная к тому же, как тщательно проводил он эксперименты, как щепетильно требовательно относился к публичным демонстрациям научных опытов, дорожа добрым именем науки, можно утверждать, что по каждому пункту программы демонстрациям предшествовала большая работа, главным образом в лаборатории Артиллерийской академии.

Мы обращаем особое внимание на опыты, демонстрирующие действие магнитного поля. Смысл этих опытов может быть достаточно оценен лишь теперь, когда практическая электротехника широко использует многие теоретические выводы, истоки которых лежат в работах Э. Х. Ленца. В электроаппаратостроении, например, применяется магнитное гашение дуги путем отклонения ее под действием магнитного поля. Это отклонение, удлиняя дугу, значительно увеличивает ее сопротивление и вызывает разрыв дуги.

Большое значение имели также опыты с образованием дуги под водой. Именно они послужили затем основанием для работ ученика Ленца профессора физики Д. А. Лачинова над его диафаноскопом с электрической дугой, горящей в охлаждающей воде. В свою очередь, эти работы привели к мысли о возможности получения под водой устойчивой электрической дуги и использования ее для подводной электродуговой сварки.

14 февраля опыты эти были проведены в присутствии большой группы ученых, специально приглашенных из разных городов России. Кроме самого Ленца, из Академии наук были приглашены Б. С. Якоби и В. Я. Буняковский, из Дерита приехал профессор физики Кемц, из Харькова — проф. Лапшин, из Ярославля — Федоров. Присутствовали также преподаватели зарубежных страи. Демоистрация всех опытов прошла безукоризиенно и показала не только экспериментальное мастерство Э. Х. Ленца, по и большие достижения русской электро-

техники. Вскоре (20—21 февраля) опыты эти были повторены в присутствии учащихся многих учебных заведений Петербурга 1 .

В 1853 г. Ленц был избран членом Конференции Михайловского артиллерийского училища и до самого ухода своего (1861 г.) принимал активное участие в решении всех педагогических вопросов в этом выдающемся военно-учебном заведении. Покидая его исключительно из-за наступающей старости («С приближением старости я уже более не в состоянии читать две лекции сряду, а с другой стороны другие занятия не позволяют мне разделять мон лекции на два дня в неделю»,— писал он в 1861 г.), Ленц навсегда сохранил о Михайловском училище самые лучшие воспоминания («Служба в Михайловском училище — одно из самых приятных воспоминаний») [Л. 106, стр. 283].

Такое же воспоминание оставил о себе Эмилий Христианович и среди преподавательского персонала училища и своих учеников.

Кроме Университета и Михайловского артиллерийского училища, Ленц преподавал физику в Главном педагогическом институте. Когда в 1851 г. в связи с уходом А. Я. Купфера освободилась кафедра физики в этом учебном заведении, туда был приглашей Э. Х. Ленц. В своем донесении ректору Университета 19 мая 1851 г. Ленц писал: «Не желая препятствовать кому-либо из наших молодых ученых в получении этого места, я сам от себя никогда бы не явился кандилатом к соисканию этого места, но так как он (директор Главного педагогического института И. И. Давыдов — авт.) сам с соизволения г. министра вызвал меня, то я более не замед-

² Повидимому, Лени имел в виду М. И. Пчельникова, который много лет преподавал в Главном педагогическом институте, но не волучил кафедры, так как не имел докторской степени.

лил объявить свою готовность к занятию этой кафедры» (Л. 95, л. д. 29).

Конечно, Главный педагогический институт много вынграл от замены Купфера Ленцем, прекрасным педагогом и выдающимся ученым. К тому же Купфер читал лекции на французском языке, тогда как Ленц всю свою педагогическую работу проводил только на русском языке.

В Педагогическом институте у Ленца были ученики, прочно усвоившие методы исследовательской работы своего учителя и в дальнейшем проявившие себя, как выдающиеся физики.

Надо напомнить также, что в Главном педагогическом институте у Ленца учился гениальный русский химик и физик Дмитрий Иванович Менделеев.

Нам кажется совершенно несомненным, что изучение физики у Э. Х. Ленца оказало известное влияние на Д. И. Менделеева. Интерес последнего к вопросам физики и физической географии, несомненно, возник еще в период учения в Главном педагогическом институте. Позднее Менделеев занимался многими вопросами, разрабатывавшимися ранее и Э. Х. Ленцем. Можно предположить, что учение Ленца о роли теплоты в метеорологических процессах и интерес его к воздухоплаванию нашел свое отражение в занятиях Менделеева этими же вопросами.

Большое влияние оказал Ленц на формирование научных взглядов питомцев Главного педагогического института М. И. Пчельникова и М. Ф. Спасского. Первый из них провел под руководством Ленца большую экспериментальную работу по измерению электропроводности человеческого тела, в которой одним из важнейших выводов было доказательство наибольшего сопротивления кожного покрова. Защитив магистерскую диссертацию, он посвятил себя педагогической деятельности и написал несколько руководств по физике.

¹ Во время этих опытов выдающийся русский фотограф и изобретатель С. Левинкий сделал первый в мире фотографический портрет при электрическом освещении, сфотографировав Э. Х. Ленца. Портрет этот был подарен Ф. Ф. Петрушевскому, который передал его в Русское физико-химическое общество.

М. Ф. Спасский, впоследствии профессор физики в Московском Университете, формально и по своим научным интересам скорее может быть назван учеником А. Я. Купфера, но и Э. Х. Ленц принимал участие в его экспериментальной подготовке.

Поражение России в войне 1855 г. показало со всей наглядностью необходимость реорганизации армии, флота, а следовательно, и промышленности, необходимость более тесной связи науки и производства. В России усилилась тяга к естественным и математическим наукам, возросло стремление молодежи в университеты или в те учебные заведения, которые больше всего могли удовлетворить стремление к естественно-научным знаниям.

«Естественные и математические науки привлекали напбольшее внимание. Чтение публичных лекций по научным вопросам не только вошло в моду, но даже сделалось выгодным коммерческим предприятием. Образовалось товарищество с целью популяризации естественных наук путем лекций и печати... Люди, занимавшиеся естественными науками, сделались героями дня...» [Л. 106, стр. 243].

В конце 50-х годов в Петербурге образовалось оригинальное коммерческое предприятие «Торговый дом Струговщикова, Пахитонова и Водова» (позднее превратившееся в издательство «Общественная польза»), организовавшее публичные научные лекции в залах Петербургского пассажа (в настоящее время — помещение театра). «Являясь результатом совершенно частного почина, лишенного к тому же всякой филантропической подкладки, это предприятие было одним из характерных учреждений своего времени и сыграло несомненную роль в развитии русской науки... В залах Пассажа публика могла знакомиться с диковинной для нее химической посудой, физическими приборами, естественно-научными коллекциями, так как в круг деятельности торгового дома входила и торговля этими, почти неизвестными публике предметами», — писал К. А. Тимирязев.

К чтению лекций в Пассаже привлекались лучшие научные силы, и нередко лекции эти превращались в своеобразный протест против реакции и мракобесия. Передовые русские ученые охотно принимали участие в этих лекциях; большое значение их для развития русской науки отметил в своих воспоминаниях К. А. Тимирязев.

Ленц охотно принял предложение прочитать в Пассаже курс лекций «по гальванизму и его новейшим применениям». Лекции эти пользовались большим успехом и продолжались почти до самой ликвидации Товарищества.

«Здесь академия Ленц прочел курс по гальванизму п его новейшим применениям, - области, с которой тесно было связано его имя и имя его друга Якоби. Слушатели этого обстоятельного курся, может быть, в первый раз ознакомились здесь с чудесами еще не существовавшего в России электрического телеграфа, об отсутствии которого каждому петербуржцу во время Крымской кампания напоминали махавине на крыше Зимнего дворца крылья шапновского телеграфа; узнавали они об устройстве таниственных «электрических подводных мин», на которые столица так недавно возлагала все свои надежды как на защиту от грозного английского флота; любовались ослепительным блеском вольтовой дуги («электрической искры», выражаясь современным языком), которая недавно в первый раз блеснула с башни адмиралтейского шлиля во время иллюминации по случаю заключения Парижского мира, "при чем было так светло, что у Полицейского моста можно было читать газету!",-- писал К. А. Тимирязев [Л. 107, стр. 170—171].

Большой заслугой Э. Х. Ленца перед русской наукой является также внимание к работам своих сотоварищей по науке и особенно к молодым ученым и изобретателям. Академия наук посылала ему на отзыв десятки различных сочинений, подаваемых сонскателями премий, учрежных сонскателями премий.

денных Н. П. Демидовым, а также множество других сочинений, поступавших в Академию.

Наибольшее количество работ, получивших отзывы или оценки Ленца, относится к физической географии. В разное время им были подробно рассмотрены и оценены результаты магнитных, астрономических и метеорологических наблюдений [Савельев; «Астрономические и магнитные наблюдения в окрестностях Канина, 1845 г.»; Мацеровского «Наблюдения над уровнем воды в Белом море», 1845—1849 гг.; Зарубина «О приливах и отливах в Белом море»; М. И. Талызина «О приливах и отливах в Белом море (математическое рассмотрение вопроса)» 1852 г. и др.]. Также много внимания уделял Ленц оценке достоинств различных приборов для геофизических наблюдений; известны отзывы его о метеорологических приборах Зарубина (1847), аппаратах Берлинского для измерения плотности воздуха и силы ветра (1849), анемометре Крейгера (1853). Вместе с акад. Б. С. Якоби Ленц рассмотрел в 1862 г. статью немецкого геофизика Шнейдера «О недостаточности нынешних способов измерения глубины моря и об улучшении этих способов помощью электричества».

Среди других многочисленных отзывов Ленца о различных работах в области географии и геофизики отметим лишь отзыв его о статье Тибо «Суточное периодическое видоизменение образа земного щара» (1862).

Большое винмание уделял Ленц и вопросам воздухоплавания. Метеорологические наблюдения над атмосферой, изучение движения воздушных масс привлекали Ленца еще со времени кругосветного путешествия на «Предприятии». В 1841 г. журнал «Маяк современного просвещения...», издававшийся С.О. Бурачеком, поместил статью курского изобретателя-самоучки А. Снегирева «Русская теория воздухоплавания и аэростатов». На сочинение это, посланное одновременно и в Академию наук, Э. Х. Ленц и Б. С. Якоби дали подробный отзыв, весьма положительно оценив труд Снегирева. В 1857 г. Ленц. совместно с П. Л. Чебышевым, дал подробный отзыв о сочинении неизвестного автора «Мысли простого читателя о воздухоплавании и о прочем». Еще раз заиялся Ленц вопросами воздухоплавания в 1863 г., давая, совместно с Якоби, отзыв о летиом аппарате Мак-Доннели.

Перечисленным далеко не исчерпывается работа Ленца по рассмотрению различного рода сочинений и трудов, поступавших в Академию наук или появлявщихся в печати. Особенно важно подчеркнуть многолетнее участие Эмилия Христнановича в работах академических комиссий по присуждению наград, учрежденных Н. П. Демидовым. Десять сочинений, представленных на соискание этих наград, за период с 1838 по 1863 г. получили официальные отзывы Э. Х. Ленца. Так, в 1838 г. он совместно с акад. Гессом, Бэром и Бонгардом дал подробный отзыв о сочинении проф. Гебеля, предпринявшего в 1834 г. путешествие по Заволжским степям и Крыму для изучения соляных озер, растительности и почв, а также и животного мира этих районов. Гебель произвел также анализ воды Каспийского, Черного и Азовского морей, барометрическое определение высот большого числа пунктов (наблюдения были обработаны впоследствии проф. Парротом - сыном). Работа Гебеля получила положительную оценку рецензентов, и автору ее была присуждена половинная премия Демидова.

В 1840 г. отзыв Ленца о книге Б. С. Якоби «Гальванопластика» послужил основанием к присуждению премин в 5 000 руб., от которой Якоби отказался в пользу дальнейших работ «по части электромагнетизма и гальванизма и на усовершенствование теории сих загадочных сил природы». В 1842 г. Ленц совместно с Бэром дали отзыв о книге Ф. Врангеля «Путешествие по северным берегам Сибири и по Ледовитому морю, совершенное в 1820, 1821, 1822, 1823 и 1824 гг...» Подробно описав историю русских плаваний в северных морях, Ленц и Бэр особенно подчеркнули мировое значение экспедиции Врангеля. В результате ее было разрушено представление

о материке, якобы расположенном в районе Ледовитого океана, составлена карта берегов Сибири и прилегающих к инм Медвежьих островов и Новой Сибири, произведены астрономические наблюдения в 200 пунктах и магнитные наблюдения от Иркутска до Берингова пролива.

Ленц и Бэр, высоко оценив научные результаты этой выдающейся экспедиции русских мореплавателей, обоснованно добились присуждения за сочинение Ф. Врангеля полной Демидовской премии.

Из сочинений, представленных на сонскание премни в 1850 г., два были переданы на заключение Э. Х. Ленца. Об одном из них — рукописи Давыдова «Теория капиллярных явлений» — отзыв был написан совместно с акад. М. В. Остроградским. Ленц оценил экспериментальную часть исследования Давыдова. Об этой части отзыв его гласил: «Умно и отчетливо составленное полное собрание всех сюда относящихся опытов и фактов, могущих служить для испытания верности теории». Остроградский также высоко оценил математическую сторону сочинения, находя достоинство его в том, что автор, давая строго математическое обоснование своей теории, «не упускает из виду ни малейшего физического обстоятельства, существенно до задачи относящегося».

В том же, 1850 г. было рассмотрено и второе сочинение — Н. Божерянова «Теория паровых машин». Сочинение это, будучи одним из первых по паровым машинам, получило благоприятный отзыв Ленца, Якоби и капитана I ранга Глазенапа.

Но особенный интерес представляет отзыв Якоби, Фрицше и Ленца о трехтомном сочинении профессора химии П. Ильенкова «Курс химической технологии», вышедшей в Петербурге в 1851 г. Этот действительно выдающийся труд получил заслужению высокую оценку. Рецензенты особо отмечали практическое значение курса. Ленц же обратил внимание на подробное изложение теории горения («о горении, как источнике теплоты и о разных родах топлива» (глава 1) и освещения (глава 2),

в которых «разобраны с химической и физической точек зрения, в теоретическом и практическом отношениях все главнейшие употребляемые образы отопления и освещения, со всеми сюда входящими изделиями промышленности». В этих словах отражен зарождавшийся интерес Ленца к вопросам рационального использования топлива и усовершенствованию системы отопления.

В 1854 г. Ленцу пришлось выступать с особым мнением о работе профессора Казанского университета М. А. Ковальского «Северный Урал и береговой хребет Пай-Хой». Хорошо отзываясь о работе Ковальского, Ленц тем не менее указывает на необходимость внесения в нее ряда поправок в соответствии с известными ему более точными данными о барометрических высотах двух исходных пунктов — Чердыни и Березова. Не умаляя этим достоинств работы Ковальского, Ленц снова проявляет характерные черты своего научного метода — точность в исходных данных, тщательность измерений и критическое отношение к любой научной работе.

В 1855 г. на соискание награды было представлено сочинение бывшего ученика Э. Х. Ленца профессора Казанского университета А. С. Савельева «О гальванической проводимости жидкостей», о котором в совместном отзыве акад. Якоби и Ленц писали, что оно «принадлежит к тем редким в нашей литературе явлениям, где чисто ученый и в настоящее время весьма важный вопрос физики излагается с полным знанием дела и с основательною критикою, и где в то же время разрешению задачи способствуют достойным образом собственные опытные разыскания сочинителя...».

Последний раз Э. Х. Ленц принял участие в обсуждении сочинений, представленных на соискание наград П. Н. Демидова в 1863 г., разбором совместно с акад. Купфером сочинения Казнакова «Вращающиеся штормы». Подробно рассмотрев содержание этой рукописи, Ленц и Купфер отметили его практическую денность, так как из общей теории штормов автор вывел «практические

правила, которыми должен руководствоваться мореходец для своего спасения при наступлении шторма. Ясно, что это есть важнейшая часть сочинения Казнакова, и мы уверены в том, что она в этом отношении принесет немалую пользу Русским морякам и послужит к спасению многих жизней человеческих». Рекомендуя выдать Казнакову половинную награду, Ленц и Купфер просили «снабдить его также суммою, потребной для напечатания его труда».

В 1862 г., когда Ленц был членом Комиссии по присуждению Демидовских наград, полную Демидовскую премию получил за свое выдающееся сочинение Д. И. Менделеев «Основы химии». Ленц с глубоким внутренним удовлетворением голосовал за награждение своего бывшего ученика, а затем и сотоварища по Университету.

Мы не имеем возможности так же подробно рассмотреть и другие отзывы Ленца о трудах русских ученых и изобретателей. Достаточно сказать, что их насчитывается свыше 40. Как видно из изложенного, все отзывы Ленца о работах ученых и изобретателей характерны его доброжелательным отношением ко всем авторам, стремлением поддержать начинающих, придать им уверенность в своих силах и поощрить на дальнейшую работу. Вместе с тем Ленц не закрывал глаза на отдельные ощибки и неточности и направлял внимание исследователей на необходимость тщательной проверки исходных данных, будь то базисные данные о высотах или степень точности показаний измерительных приборов. Характерным для Ленца является также умение и даже стремление работать в коллективе ученых, дополняя своими знаниями опыт и знания других,

Вопреки распространенному мнению об исключительно научных заслугах Эмилия Христнановича Ленца, сохранившиеся материалы свидетельствуют об участии его в разрешении многих научно-практических задач, весьма существенных для того времени. Так, например, многолетние занятия Ленца вопросами рационального устройства

молниеотводов («громоотводов») сопровождались практическим руководством проектированием, выбором места и даже сооружением их в Кронштадтском и Петербургском гребном портах, на всех строившихся в те годы дворцах, Исаакневском соборе и других зданиях. Систематически вел он наблюдения за состоянием молниеотводов на Охтенских пороховых складах. В этой своей деятельности Э. Х. Ленц был прямым преемником дела, начатого еще М. В. Ломоносовым и продолженного В. В. Петровым. Теоретические исследования и практический опыт были обобщены Ленцем в специальном труде, о котором он сделал сообщение 28 марта 1856 г. в Академии наук ¹ [Л. 109].

Большое участие принимал Э. Х. Ленц и в изучении возможности применения гальванопластики к различного рода строительным работам: в 1855 г. был членом Комиссии по определению возможности и потребного количества золота для гальванического золочения купола храма Христа Спасителя в Москве, Исаакиевского собора в Петербурге и других зданий.

В 1859 г. Ленц был назначен членом Комиссии по приемке электрического телеграфа, установленного в том же году в Петербурге.

Начиная с 1860 г., Э. Х. Ленц принимал деятельное участие в разработке системы рационального отопления и вентиляции общественных зданий Петербурга. Несмотря на кажущуюся несовместимость занятия этим вопросом с основной научной деятельностью Ленца, оно имеет свое объяснение — отопление большого города было чрезвычайно важной государственной проблемой. Завоз огромного количества топлива требовал большой затраты труда и загружал транспорт. Улучшение использования тепла в различных системах отопления было поэтому чрезвычайно важным вопросом, долгое время привлекавшим внимание ученых и изобретателей.

¹ К сожалению, полный текст доклада и сама работа Ленца о молнисотводах не сохранились.

Э. Х. Ленц, немало занимавшийся вопросами термодинамики воздушных масс, проявил интерес к этой назревшей проблеме. В 1860 г. он был назначен членом Комиссии по изучению различных систем вентиляции, перед которой были поставлены задачи рассмотреть все существующие системы вентиляции больших зданий Петербурга («больших помещений, театральных зал и др.») и «найти возможность их усовершенствования сообразно с различием сооружения и условиями нашего климата». Это была большая комиссия, созданная военным министерством, и за работой ее наблюдали высшие чины правительства.

Внеся и в этот вопрос свой обычный творческий метод, Ленц прежде всего стремился к постановке таких научных исследований, которые основывались бы на точных измерениях. Для этого он не только тщательно проверия все существовавшие системы анемометров (прибор для изучения скорости движения воздушных масс), применявшихся при исследованиях вентиляции зданий, но и сам создал новый тип прибора.

При испытаниях систем вентиляции с исскуственным вагнетанием воздуха вентиляторами при скоростях движения воздуха овыше 100 футов в секунду применяв-шиеся ранее приборы Комба и самопишущий прибор русского изобретателя Николая Дершау становятся непригодными. Для наблюдения при скоростях свыше 100 футов Ленц построил новый прибор — эланемометр, позволяющий производить измерения скорости от 0,9 до 106,3 фута в секунду.

Для проверки своего прибора Ленц построил специальное устройство — вентиляционную трубу, использованную затем для проверки анемометров вообще. Определение правильности показаний своего прибора — эланемометра — Ленц произвел со всей тщательностью, тремя различными способами: сравнением с показаниями прибора Комбе при малых и средних скоростях движения воздуха, измерениями в разветвленной вентиляционной трубе и определением скорости при работе вентилятора, пользуясь формулой

V == xn.

где V — скорость движения воздуха;

n — число оборотов вентилятора в минуту;

х — коэффициент пропорциональности.

12 сентября 1862 г. Ленц выступил с докладом «О вентиляции в нашем климате» в Академии наук, который затем был опубликован в Записках ее [Л. 110. 111]. Говоря о значении вентиляции жилых помещений для здоровья человека, Ленц указывал на влияние социального момента в решении вопроса о выборе нанлучшего способа очистки воздуха. С помощью точных расчетов, на основе выведенных им формул, Ленц показал, что только для жилищ состоятельных классов («в дворцах и хоромах богатых людей») отопление помещений создает и достаточную вентиляцию их. Но уже в жилищах «людей среднего состояния» только одна топка не может обеспечить требуемой очистки воздуха. Это в еще большей степени относится к жилишам «белнейших классов населения», так жè как и к школам, казармам, больницам. Поэтому-то Ленц считает вентиляцию «предметом первой необходимости». Ленц впервые предлагает вводить в архитектурные проекты расчет потребного количества тепла, разделяя его на тепло для обогрева помещения (поддержание температуры воздуха 18° С), определяемое теплоотдачей через стены, окна, двери и т. п., и тепло для вентиляции, т. е. для создания естественного потока воздуха из помещения и обмена его с наружным. На основании опытов и вычислений Ленц определяет потребное количество топлива (в «саженях однополенных сосновых дров») для вентиляции в течение 8 зимних месяцев.

С 1861 г. Ленц принимал также деятельное участие в ознакомлении с системами отопления Амосова и Дершау. В 1862—1864 гг. Ленц руководил переоборудованием системы центрального отопления казарм, больниц и других общественных зданий Петербурга. Вопрос этот был предметом специального сообщения Ленца в Академии наук.

Занятия изучением различных систем отопления и вентиляции продолжались до самого отъезда Ленца за границу. Так, еще в сентябре 1864 г. Военный совет просил его продолжить изучение отопления и вентиляции казарм лейб-гвардии саперного батальона, а попечительский совет заведений общественного призрения писал тогда же, что «...в строящейся Александровской больнице хотя и намечено отопление по системе Дершау, но капитан Флавицкий предложил вентиляцию и отопление водою. Соображения г. Флавицкого основаны все на точных математических вычислениях. Предположено провести сравнение обеих систем. Известно, что Вы (Ленц — авт.) занимались исследованием кистемы фон Дершау и поэтому не откажетесь исследовать и систему Флавицкого» [Л. 95, л. д. 159, 163—164].

Болезнь глаз заставила Ленца отклонить оба предложения. В ответ на второе он написал 17 сентября 1864 г. письмо — одно из последних собственноручных писем: «При всей готовности моей исполнить это лестное для меня предложение, я к большому сожалению моему в настоящее время (по случаю постигшей меня глазной болезни не могу принять) лишен возможности участвовать в трудах означенной комиссии по той причине, что постигшая меня глазная болезнь, для излечения которой я уволен в годовой отпуск, вынуждает меня отправиться в скором времени за границу...» [Л. 95, л. д. 165].

Деятельное участие принимал Э. X. Ленц и в Комиссни по введению в России метрической системы мер.

В 1862 г. Д. И. Менделеев предложил провести конкурс на создание металлического спиртомера, га-

рантирующего требуемую точность показаний, прочность и дешевизну изготовления. Для рассмотрения поступивших на конкурс проектов 16 марта 1864 г. была создана Комиссия в составе видных ученых и практиков — акад. А. Я. Купфера, артиллерийского полковника А. В. Гадолина, преподавателя физики в Морском корпусе Н. Н. Тыртова, механика Пулковской обсерватории Г. К. Брауэра, В. С. Глухова и др. Председателем этой «Комиссии по спиртомерам» был назначен Э. Х. Ленц.

Первое заседание Комиссии состоялось 7 апреля пол председательством Э. Х. Ленца. Предварительно Ленц лично ознакомился со всеми образцами приборов, поступивших на конкурс, с точки зрения соответствия их условиям конкурса. Из 22 предложений отвечающими этим условиям были признаны только 4—среди них и спиртомер, представленный Д. И. Менделеевым и Э. Ф. Радловым. В первом же заседании Комиссии было установлено, что спиртомер этот значительно превосходит все другие образцы, представленные на конкурс.

Официальные испытания приборов производились под руководством Ленца 16 апреля 1864 т. На них еще раз подтвердились высокие качества спиртомера, представленного Менделеевым. В мае 1864 г. из-за болезни глаз Ленц был вынужден прекратить работу в Комиссии, и вместо него в состав Комиссии были включены акал. Якоби и Фрицше. Работа в Комиссии по спиртомерам была последним этапом научно-практической деятельности Эмилия Христиановича Ленца.

Первые признаки болезни Эмилия Христиановича появились весной 1864 г. Вскоре он должен был ограничить . свои занятия, уйдя из ряда Комиссий (в частности, из Комиссии по спиртомерам). Болезнь глаз не позволяла продолжать ни экспериментальных, ни литературных работ. К осени здоровье ухудшилось, и по совету врачей Ленц должен был покинуть Петербург и переехать на юг.

Получив 21 августа 1864 г. отпуск по болезни на год. Эмилий Христианович собрался ехать в Рим. Покидая

[!] В скобках зачеркнуто Э. X. Ленцем.

Университет, он обратился в Совет его с письмом, содержание которого характеризует глубокую привязанность к этому учебному заведению: «Честь имею уведомить Совет, что пользуясь полученным отпуском, я намерен отправиться за границу в понедельник 12 октября. При этом покорнейше прошу Совет передать как управление физического кабинета, так и распоряжение штатной суммей оного, до моего возвращения доценту Федору Фомичу Петрушевскому.

Оставляя отечество, я не могу не выразить при том искренней благодарности всем моим многоуважаемым товарищам за оказанную мне во время нашей общей службы при Университете благосклонность и преимущественно тем из них, которым по причине моего отсутствия к их постоянным занятиям прибавлена еще новая обязанность. От всей души желаю, чтобы возложенный на них труд был по возможности облегчен постоянно хорошими отношениями между учащими и учащимися» [Л. 96].

Этому письму суждено было стать как бы завещанием его многолетним товарищам по Университету.

Пребывание Ленца в конце 1864 г. в Риме подействовало на него весьма благоприятно, и к январю 1865 г. стало казаться, что есть надежда на восстановление здоровья. Эмилий Христианович не только постоянно встречался с акад. О. В. Струве и русскими учеными, жившими в то время в Риме, но даже начал вести научную работу. Зрение восстановилось, и он почти без напряжения мог читать и писать. Заинтересовавшись регистрирующим метеорологическим прибором, изобретенным директором. Римской обсерватории Секки, Ленц внес в него некоторые усовершенствования и собирался изготовить такой прибор для физического кабинета Академии.

Но все это было обманчивой видимостью выздоровления. Вот как описывает последний день жизни Ленца акад. О. В. Струве: «Утром 29-го января, Эмилий Христнанович в сопровождении супруги, вышел из дому, с намерением посетить г. Струве. По пути ему вздума-

лось зайти к фотографу, для покупки видов Рима. Выбрав один из них, академик Ленц передал своей супруге, говоря: «отложи этот вид, он мне нравится». Едва отвернулась она для этого, муж ее воскликнул: «Что со мною!» Взглянув на него, г-жа Ленц увидела, что он делал движения руками и вскоре был уже без признаков жизни. Врачи явились немедленно, пустили кровь, но она не пошла, и они удостоверились, что смерть последовала от мгновенного апоплексического удара» [Л. 112].

Свидетельство о смерти указывает точно место смерти выдающегося русского ученого — Фотографическое заведение гг. Зоммер и Бел по улице Марко ди Фнори N_2 28 [Л. 113].

30 января Эмилий Христпанович Ленц был похоронен на одном из римских кладбищ.

Известие о смерти Э. Х. Ленца было встречено в Петербурге с глубокой скорбью. Общее мнение Академии и Университета выразил в своей речи на соединенном заседании физико-математического и историко-филологического отделений 9 февраля 1865 г. акад. В. Я. Буняковский — один из близких друзей покойного, избранный в Академию в один день с ним:

«Не стану говорить о высоком его значении, как ученого: он был красой и гордостью нашей Академии; коснусь только правственной его стороны. Все мы постоянно видели; в нем образец прямодушия, беспристрастия и правдивости. Всем, знавшим Эмилия Христиановича, известна его независимость мнений и поступков от всяких внешних влияний и отношений, против которых так трудно бывает иногда устоять; неколебима была его преданность долгу службы и чести. По всей справедливости можно сказать, что Академия лишилась в нем мужа правды, добра, опыта и совета. Всегда и вполне сочувствуя всякому благому начинанию, и притом одаренный умом светлым и проницательным, он нередко разрешал сомнения, встречавшиеся при обсуждении каких-либо щекотливых или затруднительных вопросов. В сознании

верности его взгляда и тонкости соображения. Академия весьма часто назначала Эмилия Христиановича в члены Комиссий по таким предметам, которые требовали особенной опытности и сообразительности. Как ректор и профессор здешнего Университета, наш покойный товарищ умел заслужить уважение, полное доверение и любовь начальства, сослуживцев своих и студентов. Молодым людям, занимавшимся наукою, он всегда с готовностью оказывал возможное содействие и помощь, а советами своими благотворно направлял неопытную и неокрепшую их деятельность. Искренность сочувствия и уважения к Эмилию Христиановичу выразилась во всей полноте своей тем живым, неподдельным участием и общим соболезнованием, с которым получена была в Петербурге горестная весть о его кончине. Мы же, ближайшие товарищи покойного, столько лет стоявшие с ним, так сказать лицом к лицу, мы, более других опечаленные, нуждаемся поэтому и более других в утешении. Это утешение будем искать в сознании, что отошедший товарищ наш не праздно, честно и безукоризненно прошел свое поприще, оставив по себе науке богатое наследие, а друзьям своим задушевные воспоминания о своей к нам дружбе, о проведенных с нами днях, и о беседах, которые так поучительно он умел одушевлять своим светлым воззрением на разнообразные вопросы жизни и науки» [Л. 114].

Не менее ярко охарактеризовал деятельность покойного в Университете профессор И. И. Срезневский. В своей речи на годичном торжественном акте в Университете 26 ноября 1865 г. он упомянул о деятельности Ленца как декана и ректора: «Постоянство уважения к нему его сотоварищей по Университету выразилось между прочим тем, что он более двадцати лет оставляем был деканом Физико-математического факультета. В последнее время, при избрании ректора, оно выразилось еще ярче почти единогласным избранием его в эту должность, и нам нельзя не остаться глубоко признательным к нему как к бывшему нашему ректору. Его внимательность ко

всему, стоящему внимания, оживленная добротой души и зорким умом, обнимавшая все нужды и пользы Университета, его беспристрастие, чуждое лицеприятия, дававшее ему силу уважать и защищать научные труд и заслуги в каждом без всякого постороннего различия, его благородная стойкость, соединенная со спокойствием и искренностью, с силой вести к доброй цели, — придавали ему то значение, которое нельзя не назвать достоинством, и вместе с тем вес званию ректора. Таким он был среди нас; таким был и впереди нас, как нами избранный представитель нашего Университета, сильный убеждением, что университеты должны быть высшими вождями народного просвещения и потому стремиться быть достойными и сильными посредниками между наукой и жизнью» [Л. 115].

Так по достоинству высоко оценены были современниками благородный характер, научные труды и неуставные заботы о развитии народного просвещения выдающегося представителя русской науки и культуры Эмилия Христиановича Ленца.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

Научная школа Э. Х. Ленца — его ученики и ученики его учеников. Мировое значение работ Э. Х. Ленца

ИСТОРИЯ физики в дореволюционной России может быть разделена на два периода соответственно двум периодам развития русского общества в 18—19 вв.

Первый из них охватывает немногим более 100 лет от М. В. Ломоносова до 60-х годов прошлого века. Он совпадает с периодом господства феодальных отношений, зарождения и развития крепостной мануфактурной промышленности, роста торгового капитала. В этот период промыщленность предъявляла к науке еще весьма ограниченные требования, и потому развитие ее протекало почти исключительно в стенах Академии наук. Реакционная политика руководства Академии наук была направлена к полной изоляции членов ее от запросов практической жизни. Искусственно отделившая себя от других научных учреждений страны, Академия наук в послеломоносовский период почти не влияла на формирование научных сил России. Лишь постепенно прогрессивная часть академиков — Н. И. Озерцковский, Н. Я. Румовский, В. В. Петров, выполняя заветы М. В. Ломоносова, начали оказывать влияние на распространение научных знаний, главным образом добиваясь расширения сети начальных школ и гимназий и улучшения преподавания в них.

В то же время в 20-х годах прошлого столетия Академия наук под давлением усиливавшегося влияния торгового капитала начала принимать участие в решении

ряда практических задач, главным образом связанных с торговым мореплаванием.

К концу этого периода, в 40—50-х годах, в экономике России произошли значительные перемены. Зародившийся в условиях феодальных отношений капиталистический способ производства все более настоятельно требовал отмены ограничений, накладываемых крепостными отношениями на развитие промышленного производства.

Период подготовки и осуществления крестьянских и других реформ 60-х годов сопровождался многочисленными крестьянскими восстаниями и активной деятельностью передовых русских философов-демократов, возглавляемых великим революционером Н. Г. Чернышевским.

Материалистическое мировоззрение, преобладавшее среди революционных демократов, послужило надежной опорой для деятельности прогрессивной части русских ученых-естествоиспытателей, продолжавших следовать традициям русской науки, традициям ее основателя М. В. Ломоносова. В свою очередь достижения этих передовых естествоиспытателей подкрепляли позиции философов-демократов в их борьбе с реакционной идеологией. Неутомимая деятельность людей науки, сумевших в условиях николаевской реакции, жестоко преследовавшей прогрессивные идеи в науке, разрабатывать ее на основе материалистических взглядов, подготовила основание для последующего бурного развития естествознания.

Второй период развития физики в России начинается с 60-х годов прошлого столетия и характеризуется перемещением научных исследований из стен Академии наук в университеты. Такое перемещение было следствием развития производительных сил страны. Реформы 60-х годов, расчищавшие путь капитализму, усилили потребность в людях, овладевших научно-техническими знаниями. Вследствие этого в конце 50-х годов резко увеличилось и число поступающих в университеты и различные

технические учебные заведения. Это в свою очередь вызвало развитие университетских кафедр, развернувших свою исследовательскую работу. Возникла настоятельная потребность в увеличении числа профессоров, способных обеспечить чтение лекций во всех высших учебных заведениях страны и в то же время вести самостоятельную научную работу. Подготовка таких кадров было одной из первоочередных неотложных задач русской высшей школы.

Деятельность Эмилия Христиановича Ленца сыграла большую роль как в завершении первого периода развития физики в России, так и в обеспечении блестящего расцвета ее во втором.

Неуклонно следуя традициям русской науки, Ленц явился достойным продолжателем великого дела Ломоносова и исполнителем его заветов. Уже первые шаги научной деятельности Ленца были связаны с наиболее актуальными вопросами развития русской экономики—таково его участие в экспедиции на шлюпе «Предприятие», положившее начало научным океанографическим исследованиям. И в дальнейшем географические и геофизические работы Ленца, его экспедиции на Кавказ, Каспийское море и побережье Финского залива, участие в выработке программ наиболее выдающихся экспедиций на Урал и в Сибирь отвечали потребностям изучения страны, ее природных богатств.

Деятельность Ленца в этой области была прямым осуществлением заветов М. В. Ломоносова, высоко ценившего работы по изучению России. Таким же осуществлением заветов Ломоносова, изложенных в его знаменитом «Рассуждении о большой точности морского пути», была та тщательность наблюдений и замеров, подтверждение которых было приведено в пятой главе этой книги.

Еще более выдающимися оказались труды Ленца в разрешении двух проблем, чрезвычайно важных как для естествознания, так и для техники. И здесь Ленц проявил себя как прямой продолжатель вдей Ломоносова. Исследования его в области изучения связи и взаимопревращаемости различных форм движения материи во многом способствовали окончательной и полной формулировке закона сохранения и превращения энергии. Установив ряд частных случаев этого закона, связанных с превращениями электромагнитной энергии в механическую и тепловую, Ленц конкретизировал идею Ломоносова о неуничтожаемости материи и движения.

Вторая проблема, в разрешении которой труды Ленца оказались одним из краеугольных камней, было учение об электрических и магнитных явлениях. Продолжая традиции Ломоносова — Петрова, Ленц проявил большой интерес к изучению этих явлений. Важнейшие работы его в этой области связаны с изучением источников электрического тока (гальванических элементов и магнитоэлектрических машин) и электродвигателя. Изучение гальванических элементов привело Ленца к открытию ряда электрохимических закономерностей, а изучение процессов в электродвигателе и магнитоэлектрической машине - к открытию принципа обратимости, установлению законов намагничения током, открытию реакции якоря и т. д. Почти каждая из его работ представляла новое звено для решения проблем физики и электротехники, была одновременно вкладом и в науку и в практику, так как в центре его внимания стояло прежде всего энергетическое использование электромагнетизма. В особенности это относится к таким открытиям, как закон индукции, закон теплового действия тока, доказательство невозможности построения электромагнитного вечного двигателя (т. е. того факта, что количество электромагнитной энергии, получаемой в гальваническом элементе, определяется затраченной в нем химической энергией). Подведение научного фундамента под стихийно развивавшуюся электротехнику является важнейшей заслугой Лениа.

• Значение трудов Ленца для электротехники было особенно велико потому, что они содержали точные количественные характеристики изучавшихся явлений и математически сформулированные выводы. Это делало их пригодными для применения при расчетах и проектировании электромагнитных машин.

Исключительное экспериментальное мастерство Ленда было в полном смысле слова новаторским. Создание баллистического метода измерения электрических и магнитных величин и изобретение прибора для изучения формы кривой переменного тока являются яркими примерами такого новаторства. Ленц был одним из первых физиков, применивших для обработки результатов измерений метод наименьших квадратов, незадолго до того предложенный Гауссом для обработки астрономических наблюдений, а также метод графического изображения получающихся закономерностей. Ленцу принадлежат первые испытания создававшихся Якоби и Нервандером измерительных приборов и эталонов электрических величий.

Непосредственным продолжением работ В. В. Петрова были многолетнее изучение Ленцем электрической дуги и ее различных свойств, а также поддержка ряда работ по применению электричества в медицине. Продолжением традиций Ломоносова было введение точных измерительных приборов в экспериментальную физику и геофизику, стремление к широким обобщениям, приводившее к открытию законов природы.

Труды Ленца вошли в золотой фонд русской науки, явились ее вкладом в сокровищницу мировой культуры. На них опирались Гельмгольц и Грове при установлении закона сохранения энергии, Нейман и Максвелл — при построении электродинамики, Ван-Рис, Столетов — при изучении магнитных свойств вещества. Холмс и многие другие электрики — при конструировании динамомашины, Макаров — при океанографических исследованиях.

В то же время Ленц правильно оценивал деятельность своих современников: он неоднократно выступал против

неверных взглядов и теорий, высказывавшихся Мунке, де-ля Ривом, Фехнером, Вебером и Антинори и др., и поддерживал, проводя для этого специальные исследования, работы Фарадея, Ома, Пелтье, Нервандера и других физиков, имевшие действительно прогрессивный характер, но не сразу встречавщие правильную оценку.

Выдающиеся научные заслуги Э. Х. Ленца были высоко оценены различными научными учреждениями и учеными обществами России и заграницы. В 1840 г. Гельсингфорсский университет присвоил Ленцу за выдающиеся научные заслуги ученую степень доктора философии. Позднее Ленц был избран почетным членом советов Казанского (1855 г.) и Харьковского (1859 г.) университетов.

Кроме уже указанных ранее научных обществ, в которых Ленц состоял действительным членом, он был избран членом-корреспондентом Академии в Турине (1843 г.), почетным членом Физического общества во Франкфурте на Майне (1843 г.), Антикварного общества в Копенгагене (1844 г.), членом-корреспондентом Берлинской академии наук (1853 г.), почетным членом Берлинского географического общества (1863 г.).

Со смертью Ленца почти на полстолетия прекратилась исследовательская работа в области физики в стенах официального научного органа царской России — Академии наук. Ленц и Якоби — вот имена, стоящие на грани двух периодов развития физики в России, имена, достойно представлявщие русскую науку в середине прошлого столетия.

Многолетняя педагогическая и организационная работа Ленца в Университете, Главном педагогическом институте, Артиллерийском училище, чтение публичных лекций, создание первоклассных учебников физики и физической географии, участие в создании первых русских энциклопедий — все это были важные факторы в подготовке мощного подъема русского естествознания в 60 — 70-х годах прошлого века. Как мы уже говорили, подъем

этот сыграл большую роль в формировании материалистического мпровоззрения передовых русских философовдемократов, взгляды которых в свою очередь служили надежной опорой для начинавшегося в эти годы небывалого расцвета русской научной и технической мысли.

В результате деятельности Ленца значительно расширился круг исследователей-физиков. Многочисленные ученики Эмилия Христиановича Ленца, возглавившие во второй половине прошлого века научную и учебную работу в большинстве русских университетов, изучали многие вопросы, выдвигаемые практическими потребностями. Ученики Ленца, продолжавшие его дело в науке, представляют одно из наиболее ценных наследий выдающегося русского физика. Так или иначе, прямо или косвенно, большинство крупнейших открытий и изобретений первых десятилетий после смерти Э. Х. Ленца было связано с работами его учеников или последователей.

О первых учениках Э. Х. Ленца — А. С. Савельеве, М. И. Талызине и В. И. Кайданове, как и о представителях следующих поколений — M. И. Пчельникове, M. Φ . Спасском и Ф. Ф. Петрушевском, П. П. Фан дер Флите, Р. Э. Ленце и Д. А. Лачинове, — мы уже упоминали. Деятельность их и в особенности их ученики оставили яркий след в истории физики в России. Больше всего это относится к Ф. Ф. Петрушевскому, воспитавшему в Петербургском университете ряд крупнейших русских физиков, продолжавших традиции Э. Х. Ленца. Влияние Ф. Ф. Петрушевского сказалось не только в направлении интересов его учеников в сторону изучения электромагнитных явлений, что соответствовало все более ощутимому проникновению электричества в технику и быт, но и в воспитании их в духе материалистического объяснения физических явлений, активной борьбы с различного рода проявлениями идеализма в науке.

В числе учеников Ф. Ф. Петрушевского были такие выдающиеся ученые, как А. С. Попов, И. И. Боргман,

Н. Г. Егоров, В. К. Лебединский, А. И. Садовский, Н. П. Слугинов, В. Ф. Миткевич, М. А. Шателен и многие другие русские и советские физики. Эта группа ученых твердо отстаивала материалистические взгляды в теории электромагнетизма, борясь против идеалистических толкований электромагнитных процессов как результата некоторого «действия на расстоянии».

Наибольшие заслуги в распространении и дальнейшем развитии учения Фарадея — Ленца — Максвелла имеют ученики Эмилия Христиановича. Идея физической реальности процесса, происходящего между электрическими зарядами и между контурами электрического тока, так же как и представление о неразрывном единстве электрических и магнитных полей, составляющих две стороны одного и того же процесса, лежат в основе теоретических работ передовых русских электрофизиков.

В борьбе за материалистические взгляды на электрические и магнитные явления особенно выделяются работы ученика Ф. Ф. Петрушевского, профессора С.Петербургского университета И. И. Боргмана, в которых утверждается физическая реальность магнитного потока. Эти работы сыграли значительную роль в формировании взглядов В. Ф. Миткевича.

Продолжая развивать материалистические взгляды на природу электромагнитных процессов, выдающийся советский физик В. Ф. Миткевич — ученик Ф. Ф. Петрушевского и И. И. Боргмана — создал стройное учение о магнитном потоке как материальной основе современной электротехники.

В числе разнообразных трудов акад. В. Ф. Миткевича наиболее значительными были те, в которых он вскрыл идеалистическую сущность теории «действия на расстоянии» (отрицающей материальность пропессов, совершающихся в пространстве, окружающем заряженное тело). Так, из поколения в поколение развивались в трудах петербургских—ленинградских электриков материалистические традиции Ленца.

Ученики Ф. Ф. Петрушевского и И. И. Боргмана успешно разрабатывали также разнообразные вопросы теории электромагнитных явлений. Так, в работах А. И. Садовского было теоретически предсказано существование особого вида механического действия света (вращения пластинки под действием поляризовачного света). Работы гениального русского изобретателя и физика А. С. Попова над изучением электромагнитных волн привели его к разрешению проблемы беспроволочного телеграфирования к изобретению радио. Теорию электрического разряда в газах продолжали разрабатывать Н. П. Слугинов и особенно В. Ф. Миткевич. Электрохимические исследования Ленца продолжили Н. П. Слугинов и Р. Э. Лени. Большую роль в развитии практической электротехники и электрофизики сыграли работы учеников Ф. Ф. Петрушевского — проф. Н. Г. Егорова, В. К. Лебединского и М. А. Шателена. Свыше 40 лет в высших учебных заведеннях России и СССР был широко распространен курс физики, написанный одним из питомцев Петербургского университета О. Д. Хвольсоном.

Петербургские физики помнили и ценили выдающиеся заслуги Ленца. В 1895 г. с большой статьей о трудах Ленца выступил известный русский электрик В. К. Лебединский. 10 февраля 1904 г. Русское физико-химическое общество посвятило специальное заседание столетию со дня рождения Ленца. С речами выступили Б. Б. Голицын, В. К. Лебединский, В. В. Лермантов. Преемник Ленца по университету Ф. Ф. Петрушевский был в это время тяжело болен и просил устно передать свои воспоминания. На этом заседании по инициативе И. И. Боргмана было принято решение об издании трудов Ленца, но решение это не было осуществлено, вероятно из-за финансовых трудностей. В 1915 г. Русским физико-химическим обществом было отмечено 50-легие со дня смерти Ленца. Значение Ленца в развитии русской физики понимали не только петербургские физики. В статье, посвященной памяти главы московской школы физиков А. Г. Столетова,

его ученик, профессор Кневского университета Н. Н. Шиллер, касаясь возмутившего всю русскую общественность скандала со снятием кандидатуры А. Г. Столетова в Академию наук, писал: «Все русские физики твердо верили, что вместе со Столетовым в среду этой новой обстановки (Академии наук — авт.) возвратятся с новым блеском старые предаиня времен Якоби и Ленца».

Имя Ленца — одного из основоположинков учения об электрических явлениях, участника установления закона сохранения энергии, выдающегося геофизика — хорошо известно советским людям. Оно упоминается в каждом учебнике физики, в руководствах по физике моря. В нашей печати опубликовано немало статей, посвященных оценке научных заслуг Ленца.

Для нас, советских людей, в творчестве Ленца особенно ценно то, что он при ограниченных возможностях развития русской физики выбрал именно ту область ее, которая обеспечила возникновение новой техники, имеющей решающее значение в социалистической экономике.

Подводя итог большой и яркой жизни, надо особенно педчеркнуть значение неустанных трудов Эмилия Христиановича Ленца в области подготовки высококвалифицированных физиков, твердо стоявших на материалистических позициях и продолжавших традиции русской науки. Многочисленные и разносторонние успехи русской и советской физики и электротехники, несомненно, многим обязаны горячей любви к науке и глубокому патриотизму ученого, чье имя, по авторитетной оценке покойного президента Академии наук СССР С. И. Вавилова, навсегда вписано в историю наряду с именами других великих физиков прошлого века.

ИСТОЧНИКИ И ЛИТЕРАТУРА, УПОМИНАЕМЫЕ В ТЕКСТЕ

Подробную библиографию трудов Э. Х. Ленца см. в Приложении к Л. 3: Библиографический указатель печатных трудов Э. Х. Ленца и материалов о его жизни и деятельности.

1. Архив Академии наук СССР, разряд V, опись а., дело № 18. 2. Биографический словарь профессоров Харьковского универ-

3. Э. Х. Лени, Избранные труды, Изд. Академин наук СССР,

M., 1950:

а) Физические наблюдения, произведенные во время кругосветного путешествия под командованием капитана Отто фон-Копебу в 1823, 1824, 1825 и 1826 гг.

б) Об определении направления гальванических токов, возбуждаемых электродинамической индукцией.

в) О влиянии скорости вращения на индукционный ток, производимый магнитоэлектрическими машинами.

г) О законах электромагнитов (Э. Ленц и Б. Якоби). д) О притяжении электромагнитов (Б. Якоби и Э. Ленц). е) О законах выделения тепла гальваническим током.

ж) К. К. Баумгарт, Э. Х. Ленц, Краткий биографический

з) Л. С. Берг, Заслуги Э. Х. Ленца в области физической географии.

и) Т. П. Кравец, О работах Э. Х. Ленца в области электромагнетизма.

4. Ю. М. Шокальский, Океанография, Птгрд, 1917.

 С. О. Макаров, "Витязь" и Тихий океан, СПБ, 1894. 6. Э. Х. Ленц. Письмо г. Ленца, натуралиста на корабле "Открытие", из Бразилии, "Сын Отечества", ч. 94, 1824, стр. 17—24.

7. О. Е. Коцебу, Путешествия вокруг света, Географиздат, М., 1948. Вступительная статья Г. Яникова "О. Е. Консбу и его плавания."

8. Д. Б. Гогоберидзе, Замечательный русский физик Э. Х. Лени, "Вестник Ленинградского университета, 1950, № 2.

9. Записки, издаваемые Государственным адмиралтейским департаментом, относящиеся к мореплаванию, наукам и словесности. ч. ХІ, СПБ, 1826. Донесения от ученых, бывших в путешествии на шлюле "Предприятие", поданные 2 августа 1826. Донесение физика Ленпа (о физических и химических исследованиях, проведенных им во время плавания на шлюпе "Предприятие"). стр. 406---409.

10. Мнение проф. Н. П. Щеглова о Донессиии [Л. 9], Там же,

ч. XII. 1827, стр. XXIX—XXXI.

11. Центральный государственный исторический архив в Ле- " нинграде (ЦГИАЛ), фонд 733, опись 12, дело 360.

12. И. Б. Голицив, Жизнеописание генерала от кавалерии Емануеля, СПБ, 1851.

13. М. А. Рыкачев, Исторический очерк Главной физиче-

ской обсерватории. СПБ, 1899.

14. А. Г. Хргиан, Очерки развития метеорологии. Гидромет-

издат. М., 1948.

15. Lenz. Rapport sur un voyage à Bakou.-Recueil des actes des séances publiques de l'Acad, des Sciences de St. Pbg., tenue le

décembre, 1830, St.-Pbg., p. 65-96.

16. Lenz, Barometrische Höhenmessungen im Kankasus, angestellt von C. Meyer und E. Lenz, berechnet von E. Lenz, Bapoметрические измерения высоты на Кавказе, произведенные К. Мейсром и Э. Ленцем, вычисленные Ленцем. — Bulletin Scientifique de l'Acad, des Scinces de St.-Pbg. 1836, t. I. № 1.

17. Lenz. Ueber die Veränderungen der Höhe, welche die Oberfläche des Kaspischen Meeres bis zum April des Jahres 1830 erlitten hat. Об изменениях высоты уровня Каспийского моря до апреля 1830 г.- Mém. de l'Acad. des Sciences -de St.-Pbg., VI Série, Sc. math., phys. et nat. 1833. t. 11, p. 67—102 nan Ann. der Phys. u. Chem., Leipzig, 1832. Bd. XXVI, S. 353-394.

18. Lenz, Vorschlag zum Konstruktion eines Thermometers. welcher sich die Kurve seines täglichen Steigens und Fallens selbst aufzeichnet.-Mem. de l'Acad. des Sciences de St.-Pbg., VI Série. Sc. math., phys. et nat., 1833, t. II. Bulletin Scientilique, № 3, p. VIII—X. Предложение о конструкции термометра, отмечающего свои ежедневные подъемы и опускания.

19. Parrot et Lenz, Experiences de forte compression sur divers corps. - Mém. de l'Acad. des Sciences de St.-Pbg., VI Série.

Sc. math., phys. et nat., 1833. t. H. p. 595-630.

20. Архив Академии наук СССР, Протоколы, 1831. § 281.

21. Lenz. Ueber die Bewegungen des Balkens einer Drehwaage, wenn demselben andere Körper von verschiedener Temperatur genähert werden (О движении коромысла крутильных весов при приближении к ним тел различной температуры). Ann. d. Phys. ц. Chem., Leipzig, 1832, Bd. XXV, S. 241-265.

22. Lenz, Ueber die Leitung des galvanischen Stromes durch Flüssigkeiten, wenn der Querschnitt derselben verschieden ist von der Fläche der in sie getauchten Elektroden (О прохождении гальванического тока через жидкости, когда их поперечное сечение отлично от поверхности погруженных в них электродов, ч. 1).

Bulletin de la classe phys.-math. de l'Acad. des Sciences de St. Pbg., v. I, 1852, col. 129-142, или Mélanges phys. et chim..

1849—1854, t. I, p. 301—318.

Реф. Ученые записки Акад. наук по 1-му и 3-му отд., СПБ. 1853. т. I. отчет за 1851 г., стр. 13—14.

23. Lenz. Ueber die Gesetze, nach welchen der Magnet auf eine Spirale einwickt, wenn er ihr plötzlich genähert oder von ihr entiernt wird, und über die vortheilhafteste Konstruktion der Spiralen zu magneto-elektrischem Behufe (О законах действия магнита на спираль при внезапном его приближении или удалении и о нанвыгоднейцием устройстве синрали для магинтоэлектрических целей).

Mém, de l'Acad. des Sciences de St.-Pbg., VI Série, Sc. math., phys. et nat., 1833, t. H. p. 427-457, или Ann. d. Phys. u. Chem., Leipzig, 1835, Bd. XXXIV, S. 385-417, nan Scientific memoirs

R. Taylor), London, 1837, v. I. p. 608-630.

24. М. Фарадей, Экспериментальные исследования по электри-

честву, т. 1. Изд. Академин наук СССР, 1947.

25. Lenz, Ueber die Leitungsfähigkeit des Goldes, Blei's und Zinnes für die Elektrizität bei verschiedenen Temperaturen. (Als Zusatz zu der Abhandlung über die Leitungsfähigkeit 5 anderer Metalle) (Об электропроводности золота, свинца и олова при различных температурах).

Mém. de l'Acad. des Sciences de St.-Pbg., VI Série, 1-re partie Sc. math., phys., 1838. t. I (III), p. 439-455, или Ann. d. Phys.

u. Chem., Leipzig, 1838, Bd. XLV. S. 105-121.

26. Lenz, Ueber die Leitungsfähigkeit der Metalle für die Elektrizität bei verschiedenen Temperaturen (ОЗ электропроводности металлов при различных температурах).

Mém. de l'Acad. des Sciences de St.-Pbg., VI Sétie, Sc. math., phys. et nat., 1833, t. II, p. 631-658, ann Ann. d. Phys. u. Chem.,

Leipzig. 1835, Bd. XXXIV, S. 418-437.

27. М. В. Ломоносов, Избранные философские сочинения, Госполитиздат, 1950.

28. К. Маркс и Ф. Энгельс, Собр. соч., т. XIV, М., 1931,

29. Lenz. Ueber einige Versuche im Gebiete des Galvanismus. Ueber Kälteerzengung durch den galvanischen Strom. 2. Ueber die Leitungsfähigkeit des Wismuths. Antimons and Quecksilbers. 3. Ueber die Beziehung zwischen electromagnatischen und magnetoelectrischen Ströme. (О некоторых опытах из области гальванизма).

Bulletin scientifique de l'Acad, des Sciences de St.-Pbg., 1838, t. III, № 21.. col. 321-326. или Апп. d. Phys. a. Chem., Leipzig, 1838, Bd. XLIV, S. 342-349, или отд. оттиск. St.-Pbg., 1838, 8 стр., или Bibl. universelle de Genève, nouvelle série, 1838, t. XVII, р. 387—391, или Annals of electricity, magnetism and chemistry, 1838, v. HI. p. 380-385.

Ped. Ann. de chim. et de phys., Paris, 1840, t. LXXV, p. 442-444,

подп. A. de la Rive.

30. М. Г. Павлов, Основания физики ч. 1, 1833.

31. К. С. Веселовский, Русский философ Д. М. Велланский, "Русская старина", 1901, январь, т. 105.

32. Е. Lenz, Рецензии на кинги:

1. Основания физики Михапла Повлова, ч. І. М., 1833.

2. Руководство к опытной физике Перевощикова, М., 1833.

Dorpater Jahrbücher für Literatur Statistik und Kunst besonders Russland, Riga und Dorpat, Band H. Heft, 2, 1834, S. 144-154.

33. Э. Х. Ленц, Теория электричества, Лекции, 1862, Литогра-

фированные записки.

34. Э. Х. Ленц. О теплоте в отнощении климатологическом. Карманная книжка для любителей землеведения, издаваемая от Русского географического общества, СПБ, 1848.

35. Центральный государственный исторический архив Военно-

морского флота, фонд 432, 1835 г., д. 5788, л. д. 14-16.

36. Тай же, 1837 г., д. 6096, д. д. не нумерован.

37. А. В. Васильев. Русская наука. Математика, вып. 1,

1725—1826—1863, Петроград, 1921.

- 38. Д. С. Чижов, Записки о приложении начал механики к исчислению действия некоторых из машин, наиболге употребительных, СПБ, 1823.
- 39. П. Плетнев, Первое двадиатипятилетис С. Петербургского университета. СПБ, 1844.

- 40. В. В. Григорьев, С. Петербургский университет в течение первого пятидесятилетнего существования, СПБ, 1870.
- 41. Н. П. Щеглов, Основания общей физики, СПБ, 1824. 42. Н. П. Щетлов, Основания частной физики, ки. 1. О теплотворных явлениях, СПБ, 1823.

43. Указатель открытий по физике, химии, естественной исто-

рии и технологии.

44. Центральный государственный исторический архив в Ленинграде (ЦГИАЛ), ф. 734, д. 20342, л. д. 1, 7, 9, 11, 13, 18, 22, 28, 29, 31, 36, 49, 54.

45. Я. И. Давидович, Дело Санкт-Петербургского университета в 1821 году, "Вестник Ленинградского университета",

№ 3, 1947. 46. Н. Т. Щеглов, Начальные основания физики, СБП, 1834. 47. ЦГИАЛ, ф. 732, on. 2, д. 12436 (Дело уничтожено в 1874 г.

Содержание его изложено в Описи уничтоженных дел).

48. Государственный исторический архив Ленинградской области (ГИАЛО), ф. 14, С. Петербургский университет, связка 1072, д. 15260, л. 3.

49. ГИАЛО, ф. 14, св. 1072, д. 15260, д. д. 54. 50. ГИАЛО, ф. 14, св. 1072, д. 15260, л. д. 38.

51. ГИАЛО, ф. 14, св. 1072, д. 15260, л. д. 13 "Донесение орд. проф. Э. Лениа о состоянии Университетского физического кабинета, в каком он его нашел при вступлении в профессорскую должность по кафелре физики*.

52. ГИАЛО, ф. 14, св. 1008, д. 13908, д. д. 3, 4, 5.

53. Краткий отчет о состоянии СПБ Университета за минувший 1837-38 акад. год. СПБ, 1838.

54. ГИАЛО, ф. 14, св. 1072, д. 15260, л. д. 34.

55. Слова и речи, произнесенные на торжественном акте С. Петербургского Университета 25 марта 1840 г. Орд. проф. Шульгин, Краткий отчет о состоянии СПБ Университета... с 1836 по 1840 г.

56. Lenz, Ueber die practischen Anwendungen des Galvanismus,

St. Petersbourg, 1839.

57. Б. Н. Ржонсницкий, Электромагнетическая машина Вл. Кайданова, "Электричество", № 1, 1949.

58. В. Кайданов, Рассуждения о взаимных отношениях

гальванических токов и магнитов. Спб., 1840.

59. Объявление о публичном преподавании наук в С. Петербургском Университете на 1844-1845 акад. год. СПБ, 1844.

60. Начальные основания физики, изданные Главным управле-

нием училищ для гимназии Российской империи.

- 61. Ленц, Руководство к физике, составленное для русских гимназий, СПБ, 1839. То же, СПБ, 1842; То же, СПБ, 1846; То же, Киев, 1851; То же, СПБ, 1852; То же. СПБ, 1855; То же, СПБ, 1856; То же, СПБ, 1859; То же, СПБ, 1864; То же, ч. 1, М., 1865; То же, СПБ, 1867; То же, ч. 1, М., 1867; То же, М., 1870.
- 62. Редензия анонямная, "Отечественные записки", 1853, т. 89, отд. 5, стр. 117-121.
- 63. С. И. Кукушкин, История учебника физики в России с момента его возникновения до середины XIX столетия, Москва, кандидатская диссертация.
 - 64. Архив Академии наук, СССР, разряд IV, опись 1, № 651.

65. К. Чехович, Электродинамический прибор Э. Ленца,

66. Ленц, Гальванизм, Энциклопедический лексикон, т. XIII,

CBII. 1838.

67. Архив Академии наук, СССР, Протоколы, 1841, § 487.

68. L'Institut, Journal général des Sociétés et travaux scienti-

figues, 1834, v. II, p. 394-395.

- Русский перевод см. "Электродвигатель в его историческом развитии". Документы и материалы составили Ефремов Д. В. и Радовский М. И., изд. АН СССР, 1936 г., стр. 110-113, "Электромагнитная машина Якоби,"
- 69. M. H. Jacobi, docteur des sciences et professeur à l'université de Borpat. Mémoire sur l'application de l'électromagnetisme au

mouvement des machines. Potsdam, 1835.

Русский перевод см. "Электродвигатель...", стр. 149—180. 70. Архив Академии наук СССР, ф. 187, оп. 1, № 52, л.д. 24.

71. Extrait d'une lettre de M. le prof. Jacobi à Dorpat à M. Lenz (Versuch über die galvanische Kette). Lu 1e 3 Février 1837, avec I pl. gr. Bulletin scientifique de l'Acad. des Sciences de St.-Pbg., 1837, t. II, № 4, p. 60-64.

72. ЦГИАЛ. ф. 73, оп. 1, д. 713 и 714.

73. Архив Академии наук СССР, ф. 187, оп. 1, д. 74, 75.

74. А. Г. Столетов. Соб. соч., т. 1, М., 1939.

75. Э. Х. Лени, К теории магнитных машин. В книге "Электродвигатель в его историческом развитии*, сост. Д. В. Ефремов и М. И. Радовский, изд. АН СССР, 1936.

76. Архив Академин наук СССР, Протоколы, 1845. § 227.

77. Динамомашина в ее историческом развитии. Сост. Д. В. Еф-

ремов и М. И. Радовский, изд. Ак. наук, 1934.

78. О. А. Лежнева, Научная деятельность Э. Х. Ленца в области физики. .Труды инст. Ист. Естествознания АН СССР*, т. IV, 1952, стр. 104-139.

79. Электрический опыт г-на академика Ленца. Замораживание воды посредством гальванической струн. Библиотека для чтения,

1838, т. 28, № 54. Отд. оттиск.

80. Техническая энциклопедия, т. ХХ.

81. Lenz. Ueber galvanische Polarisation und elektromotorische Kraft in Hydroketten (совместно с А. Савельевым). (О гальванической поляризации и электродвижущей силе в гидроцепях).

Bulletin de la classe phys-math, de l'Acad, Impériale des Scien-

ces de St.-Pbg., t. V, 1847, p. 1-28.

82. Lenz, Ueber die Stärke der Ströme in einem Systeme neben einander verbundener galvanischer Kette (Note) (О силе токов в системе параллельно соединенных гальванических цепей). Bulletin de la classe phys. math. de l'Acad. des Sciences de St. Phg., 1845, t. III, col. 67-74. То же, отдельный оттиск, СПБ., 1844, 6 стр.

83. ЦГИАЛ, фонд 735, on. 1, д. 654.

84. П. П. Семенов, История полувековой деятельности Русского географического общества, 1845-1895, Спб. 1896, ч. 1.

- 85. О работе Э. Х. Ленца по изучению аномални в распределении магнитного склонения. См. Отчеты Академии наук за 1895 г., СПБ., 1860, стр. 17---18.
- 86. А. Ульский, Замечания на статью г. Дикова о магнитных наблюдениях в Черном море, "Морской сборник", 1861, № 5. смесь, стр. 15-22.

87. Э. Х. Ленц, Физическая география. С приложением особенного атласа. СПБ., 1851; То же, СПБ., 1853; То же, перев. на илед. язык, Киоріо, 1851; То же, СПБ, 1858; То же, СПБ., 1859; То же СПБ., 1865.

88. Л. С. Берг. Основы климатологии, Л., 1927.

- 89 "Отечественные записки", 1851, т. XXVIII, ота. 6, стр. 11. 90. "Современняк", 1852, т ХХХІ, отд. 4, стр. 11.
- 91. В. В. Лермантов, Воспоминания об Э. Х. Ленце. "Журнал Русского физико-химического общества", СПБ., 1915, фиг. отд., т. XVII, вып. 3, протокол 330 заседания 10 февраля 1915 г., стр. 158-160.

92. П. П. Семенов Тянь-Шанский, Мемуары, т. 1,

1917. стр. 171, 174, 177.

93. Сборник статей по физике. Памяти Ф. Ф. Петрушевского, СПБ., 1904, етр. VIII.

94. ГИАЛО, ф. 14, св. 1047, д. 14723, л. д. 1-2.

95. ГИАЛО, ф. 14, св. 61, д. 4678. Совет СПБ Университета.

96. ГИАЛО, ф. 14, св. 61. д. 4678. д. д. 161.

97. Н. А. Гезехус, Роберт Эмильевич Ленц' (некролог), "Журная Русского физико-химического общества, часть физическая", 1903, т. 35, вып. 7, стр. 569—574.

98. А. Г. Столетов, Михаил Петрович Авенариус. Некролог, "Журная Русского физико-химического общества, часть физиче-

ская" 1895, вып. 8, стр. 221-238.

99. В. В. Лермантов, Воспоминания о Петре Петровиче Фон дер Флите, "Журнал Русского физико-химического общества, часть физическая", 1904, т. 36, вып. 7, отд. 1.

И. Я. Точидловский, Памяти Федора Никифоровича Швсдова, "Вестник опытной физики и элементарной математики," 1906,

№ 411, 413.

100. Опыт объяснения некоторых внутренних явлений в гидроэлектрической цепи, СПБ., 1872.

101. Олыт объяснения внешних действий электрического тока

СПБ., 1877.

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

Эмилий Христианович Лени, "Журнал Русского физико-химического общества, часть физическая", 1904, вып. 3. стр. 57-64.

- 103. Б. Н. Ржоненицкий, Дмитрий Александрович Лачинов, Госэнергоиздат, 1949.
- 104. Н. А. Капцов, проф., Теоретическая и экспериментальная электрофизика во второй половине XIX столетия в книге Очерки по истории физики в России, Учиедлиз, 1949.
 - 105. "Кронштадтский вестник", 1865, 7 февраля. № 17, стр. 68.
- 106. Исторический очерк образования и развития Артиллерийского училища, 1820-1870 гг., Сост. А. Платов и Л. Кирпичев, СПБ., 1870.
- 107. К. А. Тимирязев, Развитие естествознания в России в эпоху 60-х годов. Собр. соч., т. VIII, стр. 137-177.
 - 108. Отзыв Э. Х. Ленца о двух системах громоотволов.

Bulletin de la classe phys.-math. de l'Acad. des Sciences de St. Phg., 1856, t. XIV, Séance du 28 mars 1856, Col. 319.

Интерес, вызванный работами Ленца по громоотводам у ученых других областей науки может быть подтвержден хотя бы, указа-

других областей науки может быть подтвержден хотя бы, указанием на следующую работу:
В. Я. Буняковский, акад., Геометрические соображения о наивыгоднейшем размещении громоотводов, "Зап. Акад. наук", 1863, т. 4, кн. 2, приложение 3.

109. Ленц. О вентиляции в нашем климате, СПБ., 1863. "Зап. Акад. наук, * 1863, т. 11, кн. 1, приложение. Реф. Зап. Акад. наук, 1863, т. 11, стр. 163—166.

110. Ленц, Оновом анемометре, "Зап. Акад. наук", 1863, т. III,

стр. 249-257.

111. О. В. Струве, Отрывок из письма о смерти Э. Х. Ленца. "Журнал Министерства народного просвещения", 1865, ч. 125, март, отд. II, стр. 614—615.

март, отд. 11, стр. 614—615.
112. Архив Акад. наук СССР, ф. 4, оп. 4, д. 335, л. д. 74 а. 113. В. Я. Буняковский, Памяти Э. Х. Ленца. Речь на соединенном заседании физ.-мат. и Ист.-филолого отд. 9 февраля 1865 г. "Зап. Акад. наук", 1865, т. VII, протоколы стр. 72—74.
114. И. И. Срезневский, Памяти Э. Х. Ленца. Речь на одичном акте. СПБ Увиверситета, 1865.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	5
Глава первая. Детские годы. Дерптский Университет. Круго- светное плавание на шлюпе "Предприятие". Результаты наблюдений и оценка их выдающимися океанографами. Избрание адъюнктом Академии наук. Экспедиция на Кавказ, в Николаев и на побережье Каспийского моря.	7
Глава вторая. Первые исследования электромагнитных явлений (1831—1836). Баллистический метод изучения индукционных явлений. Изучение температурной зависимости сопротивления металлов. Закон Ленца. Открытие принципа обратимости. Материалистичность физических воззрений Ленца.	31
Глава третья. Педвгогическая деятельность Ленца в 1835— 1847 гг. Избрание академиком. Начало педагогической деятельности. Физико-математический факультет Петербургского Университета и роль Ленца в его реорганизация. Ленц — декан факультета. Первые ученики Ленца. Учебники по физике для гимназий. Популяризация физики в русской литературе.	55
Глава четвертая. Исследования по физике и электротехнике в 1837—1857 гг. Э. Х. Лени и Б. С. Якоби. Участие в "Комиссии для приложения электромагнетизма к движению по способу профессора Якоби". Исследование законов намагничивания железа током и расчеты электромагнитов. Изучение генераторов электрического тока. Законы теплового действия тока. Электрохимические исследования. Формулы разветвления токов	79
Глава пятая. Ленц и географическая наука	
Глава шестая. Педагогическая работа Ленца с 1848 по 1865 гг. Ленц — ректор университета. Педагогическая деятельность Ленца в других учебных заведениях. Чтение публичных лекций. Отзывы о научных работах. Участие в различных компесиях. Болезнь и смерть	124
Глава седьмая. Научная школа Э. Х. Ленца— его ученики и ученики его учеников. Мировое значения дейот	140
Э. Х. Ленца. Источники и литература, упоминаемые в тексте	174 184

госэнергоиздат

Москва, Шлюзовая набережная, дом 10

ДЕЯТЕЛИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

- **М. И. РАДОВСКИЙ,** Борис Семенович Якоби, 1949 г., 136 стр., ц. 4 р. 75 к.
- л. д. БЕЛЬКИНД, Александр Ильнч Шпаковский, 1949 г., 110 стр., ц. 3 р. 50 к.
- **А. А. ЕЛИСЕЕВ**, Василий Владимирович Петров, 1949 г., 180 стр., ц. 5 р. 50 к.
- **А. И. БЕРГ** и **М. И. РАДОВСКИЙ**. Изобретатель радио А. С. ПОПОВ. Изд. 3-е, 1950 г., 188 стр., и. 5 р. 75 к.
- **И. Я. КОНФЕДЕРАТОВ,** Владимир Григорьевич Шухов, 1950 г., 116 стр., ц. 3 р. 50 к.
- Выпуск Х. **Б. Н. РЖОНСНИЦКИЙ**, Федор Апполонович Пироцкий. 1951 г., 112 стр., д. 1 р. 30 к.
- Выпуск XI. **А.** В. **ХРАМОЙ**, Константин Иванович Константинов. 1951 г., 116 стр., ц. 3 р. 85 к.
- Выпуск XII. **Я. А. ШНЕЙБЕРГ**, Миханл Матвеевич Боресков, 1951 г., 148 стр., ц. 3 р. 15 к.
- Выпуск XIII. **И. Я. КОНФЕДЕРАТОВ,** Иван Иванович Ползунов, 1951 г., 295 стр., п. 11 р. 20 к:
- Выпуск XIV **А. С. ОГИЕВЕЦКИЙ** п **Л. Д. РАДУН- СКИЙ**, Николай Николаевич Бенардос, 1952 г., 206 стр., ц. 6 р. 50 к.

ПРОДАЖА ВО ВСЕХ КНИЖНЫХ МАГАЗИНАХ КНИГОТОРГА

ОПЕЧАТКИ

Crpa-	Строка	Напечатано	Должно быть
17	1 сверху	мокрой	морской
17		На фиг. 2	На фиг. 3
	8 .	на фиг. 3	на фиг. 2
22	20 ,	обнаруживал	обнаруживало
39	14 сверху	покрытий	покрытой
	і снизу	идеями.	идеями Шиллинга
	17 сверху	понедромоторное	пондеромоторное
	13	ក្រ. 1091	[Л. 108]
	9-10 .	(Л. 110, 111)	[Л. 109, 110]
171	9 ,	[Л. 112]	[Л. [11]
171	13	(Ji. 113)	[JI, 112]
172	13 снизу	[JI, 114]	[Л. 113]
173	6 ,	[Л. 115]	[Л. 114]

О. А. Лежнева. Б. Н. Ржененициий. "Эмилий Христианович Лени".