

Вклад Э.Х. Ленца в развитие измерительной техники

Я.А. Шнейберг, кандидат технических наук



Э.Х. Ленц

“Ленц навсегда вписал своё имя в историю электромагнетизма наряду с Эрстедом, Ампером и Фарадеем”.

Президент Академии наук СССР
С.И. Вавилов.

Среди выдающихся отечественных учёных, принеших нашей Родине мировую славу, почетное место занимает Эмилий Христианович Ленц, который по праву считается одним из основателей учения об электрических и магнитных явлениях. Будучи блестящим физиком-экспериментатором, Ленц создал ряд оригинальных приборов и разработал новые методы измерений, позволившие ему установить фундаментальные законы о направлении индукционных электрических токов и тепловом действии тока, которые впоследствии были названы его именем. Закон Ленца о токах сыграл важную роль в создании основ для открытия важнейшего закона природы – закона сохранения и превращения энергии. За успехи в области исследования электромагнитных явлений Ленц в 1834 г. был удостоен почётного звания ординарного академика Петербургской академии наук.

Заслуживает внимание указание Ленца на роль измерительных приборов в процессе исследований: “Я считаю, что мы, физики, не должны отклоняться от метода астрономов, которые всегда начинают с всестороннего исследования применяемых измерительных инструментов”.

Э.Х. Ленц является одним из основателей отечественной школы электрофизиков. Он в течение 30 лет преподавал физику в Петербургском университете, 20 лет был деканом физико-математического факультета, а в 1868 г. был избран ректором этого университета.

ПЕРВЫЕ УСПЕХИ В ОБЛАСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Около полувека назад в некоторых статьях, где упоминалось имя Ленца, указывалось, что он будто бы немецкий ученый, приехавший в Россию. Нет ничего более ошибочного, чем подобное утверждение.

Эмилий Христианович Ленц родился 12 (24) февраля 1804 г. в семье обер-секретаря магистрата г. Тарту (Эстония). Этот город в 1030 г. был основан русским князем Ярославом Мудрым и назывался Юрьевом. После захвата прибалтийских земель немецкими крестоносцами город был переименован в Дерпт. Так он назывался почти до конца XIX в. (хотя и был возвращён России), потом был переименован в г. Тарту (на этом месте было древнее поселение эстов Тарпату).

Эмилий рано лишился отца, и его воспитанием занималась мать, стремившаяся дать ему хорошее образование. В 1820 г. юноша с отличием закончил гимназию, где серьёзно увлекся естественными науками и математикой, и поступил на естественный факультет Дерптского университета – одного из старейших и известнейших научных центров России.

Первым ректором университета был один из видных физиков профессор Г.Ф. Паррот. Он привлёк способного юношу к работе в хорошо оборудованном физическом кабинете – это в значительной мере определило будущую успешную деятельность Ленца.

Первые научные исследования, связанные с измерениями, Ленц начал ещё будучи студентом. Благодаря счастливой случайности он был направлен Парротом для участия в кругосветной экспедиции, которую по заданию Адмиралтейства организовывал контр-адмирал Крузенштерн в 1823 г. Экспедиции нужен был физик для наблюдений в области “физики, геологии и астрономии”, измерения глубин и температуры морской воды, определения влажности воздуха, наблюдения за атмосферными явлениями.

Ленц, студент второго курса, которому едва исполнилось 19 лет, с огромным энтузиазмом занялся подготовкой к путешествию. При поддержке Паррота он сконструировал два измерительных прибора – *батометр* и *глубомер* для “взятия проб воды и температур” на разных глубинах. Батометр представлял собой сосуд с тепловой изоляцией стенок, состоящий из 17 слоев теплоизолирующих материалов. Особая система клапанов надёжно закрывала сосуд на определенной глубине. Внутри сосуда был укреплен специальный термометр из толстого стекла. Батометр мог погружаться на глубину до 6000 м.

О достоинствах батометра можно судить по отзыву выдающегося русского адмирала С.О. Макарова, который в 1894 г.(!) писал: из всех “способов доставления воды с больших глубин я признаю *самым лучшим* тот способ, который употреблял Ленц в 1824–1826 гг.”. Далеко не каждое изобретение (особенно сделанное молодым человеком) удостоивается такого отзыва спустя 70 лет (к сожалению, Ленца к этому времени уже не было в живых). Экспедиция продолжалась три года, и почти все измерения Ленц производил лично и вручную.

В 1826 г. после возвращения экспедиции Ленц начал подготовку отчета о проведённых наблюдениях, который был представлен в Академию наук и получил высочайшую оценку специалистов, отметивших его незаурядные способности физика-экспериментатора. За свои научные заслуги 24-летний Ленц был избран адъюнктом Академии наук по физике, причём в постановлении отмечалось, что он, будучи “российским уроженцем” во всех отношениях “заслужил такого избрания”.

В 1829 г. Ленц принял участие в научной экспедиции Академии наук на Эльбрус, и ему было поручены наблюдения магнитной и гравитационной обстановки. Для этих целей он сконструировал весьма точный измерительный прибор – *магнитный теодолит*. Не дойдя всего 600 футов до вершины, Ленц с помощью барометра определил высоту Эльбруса.

Спустя год Ленц проводил научные наблюдения на побережье Каспийского моря, и снова его эксперименты были отмечены Академией наук, и он, еще за 2 месяца до возвращения экспедиции, в 1830 г. заочно был избран экстраординарным академиком. Напомним, что ему было всего 26 лет!

И хотя вскоре Ленц начал увлекаться исследованиями электромагнитных явлений, свою “первую любовь” – физическую географию, метеорологию и океанологию – он не оставлял без внимания и в 1851 г. выпустил учебник по физической географии, выдержавший несколько изданий и переведенный на шведский язык. Этот учебник был первым в России трудом в этой области. Курс физической географии Ленц в течение 30 лет читал в Петербургском университете и, по отзывам специалистов, Ленц “как физик-географ немного уступал Ленцу-физику”.

РАЗРАБОТКА БАЛЛИСТИЧЕСКОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЙ

Чтобы по достоинству оценить заслуги Ленца в области изучения электромагнетизма, нужно представить себе состояние этой важнейшей области физики в начале 30-х гг. XIX в., точнее, в 1832 г., когда Ленц начал свои классические эксперименты.

В течение первой трети XIX в. научные исследования электромагнитных явлений носили в основном *описательный* характер: учёные ограничивались лишь качественным анализом своих опытов. Никаких точных приборов для измерения фундаментальных электротехнических величин – электродвижущей силы, сопротивления, силы тока – не существовало. Единственным прибором для измерения магнитных величин были весы Кулона, требовавшие немалого мастерства от экспериментатора, и даже закон Ома ещё не получил всеобщего признания физиков. Не было также общепринятых эталонов и единиц измерения. На-

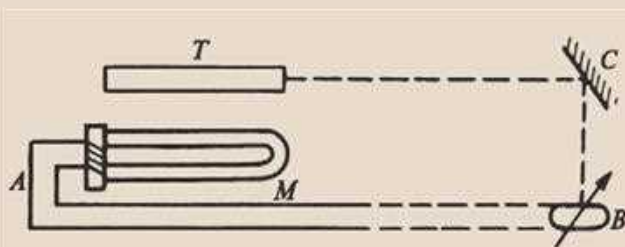


Рис. 1
Схема баллистической установки Ленца

помним, что благодаря поддержке таких крупных учёных, как академики Ленц и Якоби, подтвердивших в 1832 г. справедливость закона Ома, его начали признавать физики разных стран.

Среди физиков не утихали споры о единстве природы и свойств электрических (гальванических) токов “различного происхождения”, но после открытия Фарадеем в 1831 г. явления электромагнитной индукции эти споры ещё более усилились. Обладает ли индукционный ток теми же свойствами, которые были известны ранее?

Было установлено, что индукционные кратковременные или переменные токи не вызывали постоянного отклонения магнитной стрелки, а также явления электролиза “в чистом виде”. Приложимы ли законы для токов от гальванических элементов к токам, полученным путем фарадеевской индукции?

Огромная заслуга Ленца перед мировой наукой заключается в том, что, несмотря на споры и сомнения физиков, он на основе превосходно поставленных экспериментов пришёл к правильному выводу о *единой природе* электрического тока, что к индукционному току также применим закон Ома. Ленц доказал, что электродвижущая сила индукции пропорциональна числу витков контура и не зависит от поперечного сечения и вещества проводника. Выводы Ленца настолько противоречили распространённому воззрению, что в известном тогда журнале Поггендорфа “Анналы” не решились их опубликовать.

Как установить количественные законы электромагнитной индукции? В результате множества экспериментов Ленц пришёл к выводу, что “сила мгновенного тока индукции” действует подобно удару (отсюда название “баллистический”), причем силу этого удара можно измерить по скорости, сообщаемой стрелке мультипликатора – единственного в то время индикатора электрического тока*.

Метод баллистического измерения, изобретённый Ленцем, заключался в следующем (рис. 1). При отрывании

якоря *A* от укрепленного на столе подковообразного магнита *M* Ленц через оптическую трубу *T* наблюдал показания мультипликатора *B* в зеркале *C*. Мультипликатор состоял из 74 витков медной проволоки и астатической пары магнитных стрелок (чтобы избежать влияния магнитного поля Земли). Строго говоря, Ленц измерял не силу тока, а количество электричества, но эта неточность не имела существенного значения, т.к. количество электричества может служить мерой средней силы тока.

Важно, что разработанный Ленцем метод измерения позволил ему исследовать многие явления и открыть ряд новых важнейших закономерностей, иначе, как писали его биографы, всё бы “затянулось на много лет, если бы он дождался изобретения первого точного прибора для измерения переменных токов – электродинамометра Вебера” (1846 г.).

Баллистический гальванометр получил широчайшее применение для измерения малых количеств электричества при кратковременных импульсах тока, а также для измерения магнитных величин. В современной электроизмерительной технике широко используется *осциллограф*. Но далеко не всем известно, что задолго до изобретения этого прибора Ленц сконструировал специальный *коммутатор*, с помощью которого впервые получил *фазовые кривые тока намагничивания*, изображенные им в виде синусоиды.

ЗАКОН ЛЕНЦА

Выдающейся заслугой Ленца перед мировой наукой является *открытие закона о направлении индуцированного тока*. После открытия М. Фарадеем явления электромагнитной индукции он сам и ряд других учёных предложили мнемонические и довольно сложные “правила”, позволяющие в частных случаях определять направление индуцированного тока. В частности, Фарадей предлагал изготовить для этих целей специальный “приборчик”, однако пользоваться им было бы весьма неудобно.

Внимательно изучив все работы в этой области, Ленц в 1832 г. поставил ряд оригинальных опытов, а в ноябре 1833 г. выступил в Академии наук с докладом “Об определении направления гальванических токов, возбуждаемых электродинамической индукцией”. Поскольку в литературе нередко неточно, а иногда просто ошибочно формулируется закон Ленца, приводим первоначальный текст из его доклада: “Если металлический проводник движется вблизи гальванического 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*” (рис. 2).

Заслуга Ленца заключается не только в том, что он сформулировал общий закон о направлении индукционно-

* Мультипликатор, предложенный в 1820 г. немецким физиком Швейггером, представлял собой рамку, внутри которой помещалась на подставке магнитная стрелка, отклонявшаяся при прохождении по рамке тока.

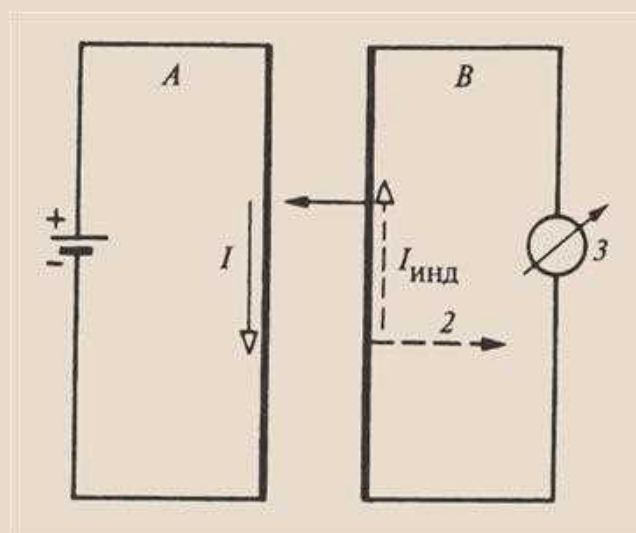


Рис. 2
Схема, поясняющая направление тока $I_{\text{инд}}$ при приближении контура В к проводнику с током (контур А); стрелка 2 – направление перемещения проводника с током $I_{\text{инд}}$; 3 – гальванометр

го тока, но и – что не менее важно – убедительно доказал справедливость закона сохранения и превращения энергии при взаимных превращениях механической и электромагнитной энергии. Термин “энергия” впервые ввёл в 1853 г. английский ученый Ренкин.

Действительно, если перемещать под действием внешней силы магнит или проводник с током вблизи замкнутого проводника, то в последнем возникает ток. Следовательно, *механическая энергия перемещения магнита или проводника с током превращается в электромагнитную энергию тока индукции.*

И главное: по закону Ленца направление индукционного тока таково, что вызываемая им сила *препятствует* движению, которым ток был вызван, т.е. в присутствии магнита или проводника с током требуется *большая затрата* энергии, чем в их отсутствие. И эта часть механической энергии переходит в электромагнитную энергию индукционного тока.

Закон Ленца был установлен за восемь лет до опубликования первой работы немецкого ученого Р. Майера, который считается одним из основоположников закона сохранения и превращения энергии. Поэтому именно Ленцу принадлежит заслуга в изучении этого фундаментального закона природы.

Открытия, сделанные Ленцем в области явлений электромагнитной индукции, позволили ему внести важнейший вклад в теорию и практику электрических машин. Вместе с академиком Б.С. Якоби они получили законы намагничивания и предложили методы расчёта магнитных цепей.

УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАКОНА ТЕПЛОВОГО ДЕЙСТВИЯ ТОКА

Огромное значение для науки имели исследования Ленца в области теплового действия тока. Закон теплового действия тока был установлен Ленцем независимо от английского физика Д.П. Джоуля. Уже при первых экспериментах с источниками электрического тока и металлическими проводниками ряд учёных в первой четверти XIX в. обратили внимание на изменение проводимости проводников при их нагревании. Но из-за отсутствия точных приборов для измерения силы тока и сопротивления цепи количественную зависимость между током и теплотой установить не удавалось.

Исследованием этой проблемы занялся Ленц в 1832–1833 гг. Для этих целей он использовал уже существовавшие измерительные приборы, обратив особое внимание на методику измерений и обработку результатов. По утверждению биографов Ленца, “его схема была собрана по последнему слову техники того времени”.

Для измерения тока он использовал один из наиболее точных приборов гельсингфорского профессора И. Нервандера, добавив к нему специальный успокоитель, а сопротивление измерял агометром Якоби, усовершенствованным по совету Ленца в 1842 г. Источником тока служили гальванические батареи Даниэля, отличавшиеся отсутствием поляризации. Ленцем был сконструирован прибор-сосуд (рис. 3) для измерения количества выделяемого в проволоке тепла.

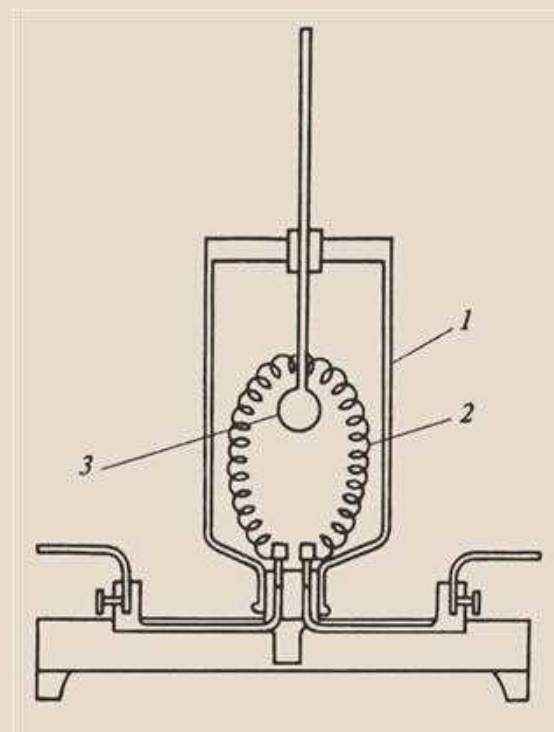


Рис. 3
Прибор для измерения теплового действия тока:
1 – сосуд; 2 – платиновая проволока; 3 – термометр



**СВОИМИ ТРУДАМИ
В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ
И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ИЗМЕРЕНИЙ
Э.Х. ЛЕНЦ НАВСЕГДА
ПРОСЛАВИЛ
СВОЕ ИМЯ КАК ОДИН
ИЗ КОРИФЕЕВ НАУКИ
XIX В.**

Платиновая проволока, подключённая к батарее, заливалась 86%-ным спиртом, обладавшим значительно меньшей электропроводностью, чем вода, которую использовал в своих опытах Джоуль. Ленц измерял время, необходимое для нагревания жидкости на 1°C . Проявив блестящее мастерство экспериментатора и проведя множество измерений, Ленц в 1843 г. опубликовал закон теплового действия тока: «Нагревание проволоки гальваническим током пропорционально квадрату примененного для нагревания тока».

Этот закон известен в физике под названием «Закон Джоуля–Ленца», т.к. оба учёных независимо друг от друга в одно и то же время пришли к одинаковым выводам. По утверждению биографов, Ленц начал свои эксперименты задолго до появления статьи Джоуля и сделал это с «гораздо большей точностью и убедительностью». В статье Ленца, помещённой в уже упоминавшемся журнале «Анналы», приводятся две таблицы результатов «16 рядов» проведённых им измерений, где сопоставляются время нагревания «спиральки» на 1° – наблюдаемое и вычисленное. Кстати, кроме утверждения о том, что нагревание провода пропорционально квадрату силы тока, Ленц указал, что нагревание также пропорционально сопротивлению провода. Как писал один из биографов (в 1949 г.), опыты Ленца «представляют собой пример классического исследования, образцового по стилю, тщательности эксперимента и обработки результатов. Здесь есть чему поучиться, несмотря на столетнюю давность этого исследования».

**ОДИН ИЗ ОСНОВАТЕЛЕЙ
ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ШКОЛЫ
ЭЛЕКТРОФИЗИКОВ**

Почти 30 лет жизни Ленц посвятил работе в Петербургском университете, где благодаря его усилиям зародилась и получила мировое признание Петербургская физико-математическая школа.

В 1856–1859 гг. он замещал должность ректора университета, а с 1863 г. стал первым избранным ректором. Ему принадлежит заслуга коренной реорганизации препода-

вания физико-математических дисциплин, приведшая к их подлинному расцвету.

По отзывам его многочисленных учеников, ставших крупными учёными и педагогами, лекции Ленца отличались высочайшим научным уровнем, чёткостью формулировок и доступностью изложения сложных физических явлений.

Как вспоминал один из учеников Ленца, «любимой его специальностью было чтение курса об электричестве, магнетизме и гальванизме по собственным запискам, сопровождавшееся опытами, которые всегда были удачны». Физический кабинет, которым заведовал Ленц, всегда был открыт для студентов, он даже разрешал брать некоторые приборы для занятий дома и «вообще никому, кто действительно хотел работать, не отказывал ни в советах, ни в средствах». В те же годы ни в одном европейском университете не практиковались лабораторные занятия студентов. Под руководством Ленца их стали проводить его ученики. Многие годы Ленц преподавал физику в Михайловском артиллерийском училище и Главном педагогическом институте. Далеко не всем известно, что в пединституте среди его учеников был гениальный учёный Д.И. Менделеев, на формирование мировоззрения которого Ленц оказал заметное влияние.

Выдающиеся заслуги Ленца получили высокую оценку в России и за рубежом. Уже в 1840 г. Гельсингфорский университет присвоил Ленцу учёную степень доктора философии, он был избран членом-корреспондентом Академии наук в Турине и Берлинской академии наук, почётным членом ряда научных обществ в странах Европы.

Наиболее известные ученики Ленца сыграли важную роль в распространении и дальнейшем развитии учения Фарадея – Ленца – Максвелла, в утверждении представлений о *неразрывном единстве электрических и магнитных полей*.

Своими трудами в области физики и электрических измерений Э.Х. Ленц навсегда прославил свое имя как один из корифеев науки XIX в.

В 1864 г. Ленц выехал в Рим для лечения глаз. Казалось, ничто не предвещало беды, но 29 января 1865 г. он скоропостижно скончался «от мгновенного апоплексического удара». Похоронили Эмилия Христиановича на одном из римских кладбищ.

Литература

1. Ленц Э.Х. Избранные труды. – М.: Изд-во АН СССР, 1950.
2. Лежнева О.А., Ржонский Б.Н. Эмилий Христианович Ленц. – М.-Л.: Энергоиздат, 1952.
3. Очерки по истории физики в России / Под ред. проф. А.К. Тимирязева. – М.: Учпедгиз, 1949.