

# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ издаваемый VI Отдѣломъ

Императорскаго Русскаго Техническаго Общества.

Э. Х. ЛЕНЦЪ,

какъ одинъ изъ основателей науки объ  
электромагнетизмѣ.

Законы Ленца.—Упрощенное представленіе индуктированнаго тока; электрические законы: баллистическій гальванометръ.—Свойства индуктированнаго тока.—Измѣреніе сопротивленій.—Законы электромагнита.—Возбужденіе генераторовъ электрическаго тока.—Самондукція якоря; сдвигъ цетокъ; графическое изображеніе.

Шестидесять лѣтъ тому назадъ между физиками возбудился живѣйшій интересъ къ электромагнитнымъ явленіямъ. Начало движенію положили Фарадей (1832 г.) своимъ открытіемъ; Амперъ и Веберъ пытались основать теорію этихъ явленій; но первое мѣсто въ дѣлѣ детального изъ разбора и расширенія новыхъ горизонтовъ, занялъ Э. Ленцъ. Мысль физиковъ и до настоящаго времени и еще въ болѣе степени направлена все къ тѣмъ же явленіямъ, и не мало сдѣлано за эти полвѣка научной работы; изъ науки родилась большая, совершенно новая область техники съ чисто практическимъ направленіемъ, отдѣлившись отъ теоріи вопроса, а эта послѣдняя, поднимаясь все выше по пути обобщеній, сваталась собою все явленіе свѣта и пытается проникнуть въ механику явленій въ эфирѣ.

Работы Ленца, произведенныя задолго еще до этого раздѣленія, носятъ въ себѣ зародыши обоихъ направленій и интересны какъ въ томъ, такъ и въ другомъ отношеніяхъ.

## I.

Свой рассказъ о работахъ нашего знаменитаго соотечественника мы начнемъ съ 1833 года, когда онъ, 29 ноября, доложилъ предъ Пестербургской Академіей Наукъ «правило, по которому происходитъ сведеніе магнитоэлектрическихъ явленій на электромагнитныя», т. е. то, что по общепринятой нынѣ терминологіи называется закономъ Ленца \*).

Ленцъ искалъ законъ, связывающій направленія движенія проводника тока, тока и линій магнитнаго поля, какъ мы бы теперь выразились, — недовольствуясь правилами, предложенными Фарадеемъ

которые не давали разрѣшенія, напр., случаю двухъ взаимно перпендикулярныхъ проводниковъ, и съ другой стороны были слишкомъ многословны, такъ какъ Фарадей не пользовался представленіемъ амперовыхъ токовъ, замѣняющихъ магниты. Законъ Ленца не имѣетъ ни одного изъ этихъ недостатковъ, но имѣетъ еще одно большое достоинство, на которое опредѣленно нигдѣ не указываетъ самъ Э. Ленцъ, но весьма вѣроятно, что оно лежало въ основѣ его разсужденій; на такую мысль наводитъ сама форма его закона. Ленцъ устанавливаетъ, какъ видно изъ цитированнаго выше опредѣленія его, что каждому электромагнитному явленію соответствуетъ магнитоэлектрическое, наприм., взаимодействію между двумя параллельными проводниками, по которымъ течетъ токъ, соответствуетъ появленіе тока въ одномъ изъ нихъ, если его приближаютъ къ другому. Намъ кажется, что лишь крайне неудачная терминологія тогдашняго времени закрываетъ истинный смыслъ положенія: электромагнитнымъ явленіемъ, конечно, и для Ленца, было то, когда производится электрическими силами внѣшняя работа, а тратится она въ явленіи магнитоэлектрическомъ. И тогда законъ Ленца имѣетъ глубокое достоинство; онъ представляетъ изъ себя положеніе о сохраненіи энергіи: приближая проводникъ во второмъ случаѣ, мы получаемъ токъ; эта кинетическая энергія производится на счетъ нашей работы, а слѣдовательно токъ долженъ имѣть такое направленіе, чтобы проводники отталкивались, иначе не было бы вовсе произведено работы на образованіе тока; т. е. электромагнитное явленіе должно быть поглащающимъ работу.

Согласно принятому имъ выраженію: «сведеніе», Ленцъ показываетъ вѣрность своего закона просто на нѣсколькихъ типическихъ примѣрахъ \*) и говоритъ, что «нужно лишь движеніе, возбуждаемое электромагнитнымъ путемъ, произвести какимъ нибудь другимъ образомъ, и тогда получимъ въ подвижномъ проводникѣ токъ обрат-

\* Poggendorfs Annalen, 1834, V. XXXI. Ленцъ писалъ вѣ большей части на нѣмецкомъ языкѣ; но онъ былъ членомъ изъ тѣхъ членовъ Спб. Академіи, которые требовали (1863 г.) изданія трудовъ Академіи по-русски.

\*) Нѣсколько позже, въ 1838 г., Ленцъ предложилъ такой примѣръ: если въ якорь машины Пиксіи пустить токъ отъ батарей (черезъ коммутаторъ), то якорь завращается подѣ дѣйствіемъ этого тока; если, наоборотъ, вращать якорь въ этомъ же направленіи, то въ немъ возбудится токъ обратный первому, и слѣдовательно мѣшающій вращенію.

ный тому, который имѣлъ мѣсто въ электромагнитномъ процессѣ».

Не лишенъ интереса тотъ фактъ, что въ слѣдующемъ 1834 г., немного раньше, чѣмъ Ленцъ опубликовалъ свою работу, В. Ричи вывелъ изъ своихъ опытовъ съ большимъ электромагнитомъ королевскаго Общества законъ, обратный истинному; настолько трудно было разобраться въ этомъ вопросѣ, хотя онъ и кажется съ перваго взгляда совершенно яснымъ. Поггендорфъ въ примѣчаніи своемъ, выражая сомнѣнія въ законѣ Ричи, добавляетъ, однако, что онъ не рѣшается опредѣленно высказаться относительно этого закона. Статья Ленца, написанная такимъ опредѣленнымъ языкомъ, какимъ всегда выражался Э. Ленцъ, побѣдила всѣ сомнѣнія, и тотъ же Поггендорфъ въ примѣчаніи къ ней уже безъ колебанія признаетъ положеніе Ричи противоположнымъ истиннѣ.

## II.

Черезъ четырнадцать лѣтъ законъ Ленца былъ выведенъ Гельмгольцемъ изъ положенія о сохраненіи энергіи; истинный, совершенный по формѣ онъ подошелъ подъ новые взгляды, и безъ всякаго измѣненія служить и понынѣ основаніемъ электродинамическихъ явленій. Но не то время представляли изъ себя тридцатые года; къ этимъ явленіямъ только что приступали, и пониманіе ихъ было крайне внѣшнее. Изъ закона Ленца далеко еще не были выведены всѣ его слѣдствія.

Воспроизвести отжившія представленія трудно, особенно, если приходится собирать ихъ между строками, какъ въ работахъ Ленца, гдѣ очень мало общихъ мѣстъ; поэтому мы приведемъ цитату изъ работы Ф. Неймана (1845 — 1847 гг.), представляющей слѣдствіе опытовъ Ленца, но въ то же время обрисовывающей взгляды тогдашнихъ физиковъ вообще. Если проводникъ  $S$ , обтекаемый токомъ равнымъ единицѣ, приближается къ проводнику  $s$ , то, говоритъ Нейманъ, въ каждомъ элементѣ  $ds$  отъ дѣйствія на него элемента  $ds$  возбуждается электродвижущая сила (направленная по закону Ленца), имѣющая выраженіе:

$$(1) \dots \dots Eds = - \epsilon v \gamma ds d\sigma,$$

гдѣ  $v$  зависитъ отъ скорости приближенія элемента  $ds$ , а  $\epsilon$  величина, быстро уменьшающаяся со временемъ, такъ что все явленіе тока можно считать мгновеннымъ;  $\gamma$  — зависитъ отъ закона взаимодействія токовъ.

Если это выраженіе проинтегрируемъ по  $s$  и помножимъ на  $dt$ , то получимъ дифференціалъ «полнаго индуктированнаго тока»:

$$D = - \epsilon \lambda dtv \sum_s \sum_s \gamma ds d\sigma,$$

гдѣ  $\lambda$  — проводимость цѣпи.

Проинтегрировавъ по времени, мы получаемъ пол-

$$\text{ный токъ} \quad J = \int_{t_0}^{t_1} D dt.$$

Формула (1) есть «естественное предположеніе», и, слѣдовательно, вышеозначенный характеръ величины  $\epsilon$  вытекаетъ изъ представленія автора, а слѣдовательно, мы должны себѣ представить, что, предполагалось, хотя индуктированный токъ и зависитъ отъ пути, совершеннаго проводникомъ  $s$ , но все же явленіе индукціи занимаетъ лишь исчезающе малый промежутокъ времени. Изъ той же формулы видно, какъ смутны были понятія: токъ и количество электричества.

Итакъ, *въ моментъ*, напр., отрыванія якоря отъ магнита, въ обмоткѣ перваго индуктируется токъ (ein einziger momentaner Strom. Lenz, Pogg. Ann. 48, p. 390); отъ чего (кромѣ, конечно, силы магнита) можетъ зависѣть его величина? Ленцъ предположилъ четыре причины, могущія вліять на величину индуктированнаго тока: 1) числ. оборотовъ обмотки; 2) радиусъ оборотовъ; 3) сѣченіе проводника и 4) вещество для проводника. Тогдашнія представленія объ электромагнитныхъ явленіяхъ не могли дать никакихъ основаній для теоретическаго разбора этихъ вопросовъ, и Ленцъ, обратился къ прямому опыту. Это были первые количественные опыты съ индуктированными токами.

Постановка опытовъ отличалась особенною простотою: отъ постоянного магнита отрывался якорь; индуктируемый токъ наблюдался по отклоненію, производимому имъ въ мультипликаторѣ Нобили. Мультипликаторъ былъ установленъ вблизи, внѣ вліянія магнита, наблюдатель же находился около послѣдняго; поэтому отклоненія наблюдались издали съ помощью зеркала, наклоненнаго на  $45^\circ$  къ циферблату гальванометра, всегда дѣлалось четыре отсчета во избѣжаніе ошибокъ эксцентриситета и стрѣлки неправильной ориентировки катушекъ мультипликатора.

Законы устанавливались эмпирически слѣдующимъ путемъ: производилась серія наблюденій, напримѣръ, силы тока, при измѣненіи той причины, дѣйствіе которой разыскивалось, напримѣръ, числа оборотовъ. Пользуясь предполагаемою зависимостью, всѣ наблюденія сводили къ какому нибудь одному случаю, напримѣръ, одного оборота, дѣля токъ, полученный для пяти оборотовъ на 5 и т. д. Такимъ образомъ, для этого случая получалось столько данныхъ, сколько было сдѣлано наблюденій. По способу наименьшихъ квадратовъ изъ нихъ вычислялась вѣроятнѣйшая величина, исходя изъ которой, опять на основаніи предполагаемаго закона, вычисляли вѣроятнѣйшія показанія для всѣхъ случаевъ и сравнивали ихъ съ наблюдаемыми. Если разницы были больше ошибки наблюденія и колебались въ одну сторону, то предполагаемый законъ считался истиннымъ. Этотъ методъ Ленцъ примѣнялъ во всѣхъ своихъ работахъ.

Въ то время къ закону Ома только что начинали выкалываться, и нерѣдко были случаи плохого пониманія величинъ, опредѣляющихъ силу тока. Тамъ больше заслуга Ленца, который опредѣленно сказывалъ, что при отрываніи якоря въ его

моткѣ возбуждается электродвижущая сила, а что сила тока зависитъ отъ сопротивленія цѣпи. Для упрощенія вычисленій при рѣшеніи перваго вопроса, Ленцъ бралъ проволоку вѣдущую относительно гальванометра всегда одной и той же длины, т. е. полное сопротивление спирали и соединительныхъ проводовъ, а слѣд. полное сопротивление цѣпи было всегда одно и тоже. Въ такомъ случаѣ токъ былъ просто пропорціоналенъ электродвижущей силѣ. Это ясное пониманіе основанія явленія избавило его отъ ошибки Нобили и Апинори при рѣшеніи четвертаго вопроса. Названные авторы думали доказать, что индуктированный токъ сильнѣе въ мѣди, чѣмъ въ желѣзѣ. Ихъ заблужденіе произошло отъ большей проводимости мѣди, чѣмъ желѣза. Ленцъ разрѣшилъ этотъ вопросъ, уравнивъ сопротивление цѣпей во всѣхъ случаяхъ; тогда оказалось, что и токи индуктируются равные.

Вторымъ важнымъ обстоятельствомъ этой работы было измѣреніе мгновенныхъ токовъ. Ленцъ составилъ обычно повторяемую и теперь, теорію такъ называемаго баллистическаго гальванометра, т. е. такого, стрѣлка котораго отклоняется подъ вліяніемъ толчка. Представленіе о мгновенномъ токѣ сдѣлало разсужденіе не совсѣмъ вѣрнымъ; но Ленцу токъ этотъ измѣряется синусомъ половины угла отклоненія. Мы увидимъ ниже, что первичное, пониманіе индукціи, которое мы старались выяснитъ, послужило немалую службу; теперь же замѣтимъ, что ошибочное пониманіе баллистическаго гальванометра исправляетъ невѣрное представленіе индукціи. Ленцъ, думая о законахъ индуктированной электродвижущей силы, измѣряетъ на дѣлѣ индуктированное количество электричества; относительно этого количества всѣ его результаты безусловно истинны; но они не имѣютъ опредѣленнаго примѣненія къ электродвижущей силѣ (или току), такъ какъ она — величина переменная и зависитъ въ каждый моментъ отъ скорости, съ которою отрывался якорь, и характера поля, пересѣкаемаго его обмоткою, т. е. величинъ, которыя не были регулированы въ описываемыхъ опытахъ.

Результаты, къ которымъ пришелъ Ленцъ, были слѣдующіе: 1) индуктированная электродвижущая сила пропорціональна числу оборотовъ обмотки; 2) она не зависитъ ни отъ радіуса обмотки, 3) ни отъ діаметра проволоки, 4) ни отъ вещества ея.

Относительно втораго пункта добавимъ, что при этой серіи опытовъ методъ наблюденій былъ нѣсколько измѣненъ: два стержневыхъ магнита были приложены разноименными концами къ общему якорю, окруженному катушками разныхъ діаметровъ; два ассистента Ленца быстро раздвигали магниты, и въ катушкѣ индуктировался токъ.

Эти результаты Ленца не носятъ теперь названія законовъ; они всѣ вытекаютъ изъ нашего представленія о магнитномъ полѣ. Но въ свое время, они были первымъ шагомъ въ разборѣ чудеснаго

явленія индукціи. Первый теоретикъ Ф. Нейманъ положилъ ихъ въ основу своихъ формулъ, и на основаніи 3-го и 4-го пунктовъ взялъ коэффициентъ  $\gamma$  въ своей формулѣ (1), независимымъ ни отъ вещества, ни отъ размѣровъ проводника.

Послѣ перваго пункта особенно важно положеніе четвертое; оно заключаетъ въ себѣ ту истину, что индукція есть результатъ какаго-то явленія вѣдущаго проводника, въ средѣ, окружающей его, а не въ самомъ веществѣ его. Независимо отъ Ленца, почти въ одно съ нимъ время, это важное обстоятельство было указано и Фарадеємъ.

Мы опускаемъ подробности этихъ образцовыхъ опытовъ; замѣтимъ лишь, что точность отсчета на мультипликаторѣ была около 30'; не можемъ еще обойти молчаніемъ, что во всѣхъ опытахъ Ленцъ замѣчалъ отклоненія отъ предложенныхъ имъ законовъ, болѣе ошибки наблюденія, и всегда въ одну опредѣленную сторону\*); дѣйствительная сложность явленія не ускользала отъ его необыкновенной способности наблюдать, по отступленія эти нисколько не спутывали яснаго представленія основаній индукціи, которое онъ себѣ составилъ, и доказательство котораго онъ увидѣлъ въ своихъ опытахъ.

Эти важные опыты были исполнены Ленцомъ въ 1832 году. Но Поггендорфъ не торопился напечатать ихъ въ своемъ журналѣ; они были помѣщены лишь въ 1835 г. (Pogg. Ann. XXXIV, № 3), т. е. послѣ работы, изложенной нами въ началѣ. Мы упоминали, какое значеніе имѣли они въ наукѣ. Для самого Ленца эти опыты были исходною точкою для цѣлаго ряда работъ въ трехъ различныхъ направленіяхъ: во-первыхъ, Ленцъ воспользовался выработанными здѣсь методами для выясненія свойствъ (постояннаго) индуктированнаго тока; во-вторыхъ, онъ пользовался индуктированнымъ токомъ для измѣреній сопротивленія различныхъ веществъ; и въ третьихъ, Ленцъ разработалъ теорію электромагнита.

### III.

Для современнаго электрика выраженіе: «Свойства индуктированнаго тока» — нелогичная фраза, потому что индуктированный токъ ничѣмъ не можетъ отличаться отъ всякаго другого. Но большинство физиковъ временъ Ленца готово было думать, что различные источники производятъ электрическій токъ съ различными свойствами, «какъ разные источники тепла испускаютъ неодинаковыя тепловыя лучи». Въ этомъ сказывалось впечатлѣніе отъ новыхъ тогда опытовъ Меллони.

Одни токи больше отклоняютъ стрѣлку, другіе особенно сильно нагрѣваютъ; совершенно забытая теперь Беккерелева батарея\*\*) считалась

\*) Казалось, что индукція растетъ скорѣе числа оборотовъ. Дѣло заключалось, вѣроятно, въ томъ, что съ увеличеніемъ числа оборотовъ успокоеніе стрѣлки было слабѣе.

\*\*) Соляная кислота, калий и платина.

обладающе преимущественно химическою дѣятельностью. Это направленіе удобно для легкаго подтвержденія разныхъ несобоснованныхъ теорій, но оно «крайне вредно для науки и можетъ колебать все знаніе объ электрическомъ токъ». Такъ, на примѣръ, Рись, наблюдая вторичный токъ прибора, подобнаго Румкорфовой спирали, пришелъ къ убѣжденію, что этотъ токъ не можетъ отклонять магнитной стрѣлки и разлагать воду, но только нагревать. Рись не зналъ, что имѣетъ дѣло съ двумя токами противоположнаго направленія. Источникъ многихъ подобныхъ заблужденій — непониманіе закона Ома. Ленцъ въ особомъ мемуарѣ (1839 г. \*) обрушивается безпощадною критикою на результаты работъ де-ла-Рива объ особенныхъ свойствахъ индукціонныхъ токовъ. Онъ произвелъ рядъ опытовъ, соотвѣтствующихъ опытамъ де-ла-Рива, и доказалъ ошибки послѣдняго. Насъ могутъ интересовать три пункта.

Де-ла-Ривъ замѣтилъ, что введеніе сопротивленія въ цѣпь индуктированнаго тока, оказываетъ болѣе значенія на силу тока, чѣмъ въ случаѣ гидроэлектрической цѣпи. Ленцъ доказалъ, что это зависитъ отъ меньшаго внутренняго сопротивленія спирали, возбуждающей токъ, чѣмъ батареи элементовъ.

Далѣе, женевскій физикъ замѣтилъ, что при индуктированномъ токъ, жидкій проводникъ, введенный параллельно съ гальваноскопомъ не всегда, уменьшаетъ токъ въ послѣднемъ. Ленцъ показалъ, что всегда проводникъ, введенный въ отвѣтвленіе, жидкій или твердый, одинаково подчиняется закону Ома. Однако, онъ замѣчаетъ, что при большемъ сопротивленіи спирали, отклоненіе на гальванометрѣ нѣсколько превосходитъ то, которое было предвычислено. Ленцъ не даетъ объясненія этому факту, который, вѣроятно, происходитъ отъ разряженія поляризаціи жидкаго проводника чрезъ гальванометръ, что увеличиваетъ количество электричества, протекающаго черезъ него.

Наконецъ, де-ла-Ривъ замѣчаетъ явленія, дающія право думать, что токи, стекающіеся въ мѣстѣ сращенія параллельныхъ проводовъ, могутъ интерферировать. Онъ производилъ свои опыты съ токами переменными отъ электромагнитнаго генератора безъ коммутатора. Опыты Ленца производились все по тому же методу, что и въ 1832 г., онъ всегда предполагалъ, что имѣетъ дѣло съ единичнымъ мгновеннымъ токомъ, и результаты убѣдили его, что такой индуктированный не имѣетъ ни одного изъ названныхъ свойствъ. «Будущія изслѣдованія покажутъ, измѣняетъ ли явленія, происходящія отъ дѣйствія проводниковъ, быстрая послѣдовательность въ перемежку противоположныхъ токовъ; во всякомъ случаѣ причина этого лежитъ не въ природѣ токовъ, но въ характерѣ ихъ слѣдованія одного за другимъ» (loc. c., p. 423).

Такое ясное пониманіе дѣла не всегда встрѣчается и въ современныхъ сочиненіяхъ; говорятъ, на примѣръ, что переменный токъ не слѣдуетъ закону Ома, между тѣмъ, какъ всѣ формулы выводятся на основаніи предположенія, что каждый мгновенный токъ развѣтвляется по формуламъ Ома. Законъ Ома перестаетъ дѣйствовать только тогда, если цѣпь незамкнута, въ строгомъ смыслѣ этого слова, или если сопротивленіе проводника зависитъ отъ силы тока (кроме тепловаго эффекта).

#### IV.

Для измѣренія сопротивленій Ленцъ предпочиталъ примѣненіе индуктированнаго тока, основываясь на слѣдующихъ соображеніяхъ: наблюденія на баллистическомъ гальванометрѣ производятся быстро, токъ проходитъ мгновенно, не успѣвая нагрѣть проводника, и можетъ быть пропущенъ въ желаемый моментъ, на примѣръ, при нѣкоторой опредѣленной температурѣ въ цѣпи; внутреннее сопротивленіе и электродвижущая сила (въ смыслѣ Ленца) не подвержены такимъ измѣненіямъ, какія имѣютъ мѣсто въ элементѣ. Правда, здѣсь опять измѣнялось количество электричества; но оно также равно нѣкоторой постоянной величинѣ (полному силовому потоку въ якорѣ), дѣланной на сопротивленіе цѣпи, какъ и тотъ мгновенный токъ, который имѣлся въ виду Ленцомъ, и, слѣдовательно, всѣ его выводы относительно сопротивленія остаются вѣрными, такъ какъ отношеніе  $\sin^2 \theta$  половинѣ угла въ давало величину отношенія проводимостей.

Если вспомнить, что первый гальванометръ (Нернандера) былъ только что изобрѣтенъ (въ 1833 г.), что не существовало никакихъ эталоновъ сопротивленія, никакихъ нулевыхъ методовъ измѣренія, то слѣдуетъ признать, что методъ Ленца былъ необыкновенно удаченъ и далъ наибольшую точность, достижимую въ то время. Между тѣмъ, какъ можно сомнѣваться, чтобы Ленцъ обратился къ этому методу, если бы смотрѣлъ на индуктированный токъ, какъ на переменный.

Ленцъ измѣрялъ по способамъ отвѣтвленія и сравненія. Онъ измѣрялъ сопротивленія различныхъ металловъ и жидкостей; температурные коэффициенты; сопротивленіе перехода въ жидкость, а именно, въ концентрированный растворъ мѣднаго купороса (1838 г.).

Простейшія измѣренія производились Ленцомъ по способу редуцированной длины (понятіе, введенное Омомъ); т. е. всѣ проводники приводились къ сѣченію обмотки мультипликатора, и сопротивленіе цѣпи выражалось въ единицахъ длины. При параллельномъ способѣ включенія сопротивленія проводниковъ выражалось въ сопротивленіи мультипликатора, принятомъ за единицу, въ одной работѣ \*) сопротивленіе выражалось

\*) Pogg. Ann., XLVIII, № 11, 385.

\*) Pogg. Ann., 47, p. 589.

въ сопротивленіи 1 д. мѣдной проволоки въ 0,75 линіи діам. (температура не обозначена). Но уже въ 1838 г. онъ ясно представлялъ настоятельную потребность какого либо опредѣленнаго эталона и установилъ за единицу сопротивленіе 1 фута мѣдной проволоки сѣченіемъ 0,0008856 кв. дюйм. (англ.) при температурѣ 15° R. Это былъ первый эталонъ сопротивленія въ томъ видѣ, какъ мы его понимаемъ; послѣ него появились эталоны Витстона, Вебера, Якоби и т. д. до интернаціональнаго Ома 1893 года. Эталонъ Ленца равенъ приблизительно 0,417 ома.

Электрическія измѣренія — цѣлая наука. Интересно бываетъ прослѣдить, въ чьихъ работахъ впервые промелькнуло направленіе, изъ котораго впоследствии выросла наука. Но измѣренія Ленца имѣли особый характеръ: можемъ быть, и изъ нашего бѣглаго очерка видно, что этотъ ученый далъ примѣры электрическихъ измѣреній во всѣхъ деталяхъ, начиная со способа отчета мультипликатора и кончая выработываніемъ удобнаго эталона. Послѣ этого дѣло быстро пошло впередъ, и самъ Ленцъ въ 1871 г. писалъ о вліяніи температуры на сопротивленіе сименсовскихъ эталоновъ\*), опредѣляя ошибку, допустимую въ измѣреніяхъ, не превосходящую 0,05% и даже 0,01%.

## V.

Магнитная индукція была открываема нѣскольکو разъ: наблюденіе Эрстеда, соленоидъ Ампера, электромагнитъ Стерджена, опыты Фарадея — все это говоритъ объ одномъ и томъ же участіи среды; но въ первоначальномъ представленіи физиковъ это были все различныя явленія

Электромагниты представляли особый интересъ своею большою мощностью сравнительно съ постоянными магнитами; ихъ старались примѣнить къ движенію машинъ. На увеличеніе ихъ мощности, которая казалась безпредѣльною, и было направлено вниманіе изобрѣтателей, и иногда, ощупью, достигали большого успѣха въ этомъ отношеніи. Такъ, Генри отъ батареи въ 4<sup>7</sup>/<sub>9</sub> кв. фут. поверхности электрода получилъ электромагнитъ, поднимающій 2.000 фунт. Это было своего рода искусство, за которое брались люди, совершенно не свѣдушіе въ наукѣ. Давенпортъ, деревенскій кузнецъ и конструкторъ магнитоэлектрическихъ машинъ, увѣрялъ, что «съ двумя электромагнитами можно привести въ движеніе самыя большія машины и дешевле, чѣмъ паромъ». Другой американецъ, Калланъ, общалъ съ однимъ квадратнымъ футомъ цинка (электрода) *произвести работу* одной лошади» (Pogg. Ann., XLVII), пользуясь электромагнитами.

Ленцъ вмѣстѣ съ С. Я. Якоби (профессоръ въ Дерптѣ, нынѣ Юрьевѣ, а затѣмъ академикъ) предпринялъ опыты съ цѣлью выяснитъ условія мощности электромагнита\*\*). Схема опытовъ въ

главныхъ чертахъ носитъ вполне характеръ Ленцовской и во многомъ напоминаетъ опыты этого ученаго о силѣ индуктированнаго тока.

Авторы задались вопросами, какъ вліяетъ на намагничиваніе сила тока, число оборотовъ, радиусъ оборота, сѣченіе проводника. Они пользовались токомъ отъ 24 элементовъ Вульстена (576 кв. д. поверхности) и измѣряли его силу съ помощью вѣсовъ Беккереля, причѣмъ этотъ приборъ былъ существенно усовершенствованъ Ленцомъ. Приборъ этотъ имѣетъ большое историческое значеніе, но въ первоначальномъ своемъ видѣ онъ вводилъ постоянную погрѣшность при измѣреніи тока (способомъ взвѣшиванія), какъ это замѣтилъ Ленцъ. Дѣло заключалось въ томъ, что магниты, которые втягивались катушками, подъ дѣйствіемъ катушекъ сами измѣнялись, и потому постоянная прибора зависѣла отъ силы измѣряемаго тока\*). Во всѣхъ опытахъ, гдѣ это было возможно, Ленцъ употреблялъ постоянные токи, и вѣсы служили простымъ гальваноскопомъ. Въ наше время Л. Кельвинъ замѣнилъ въ этихъ вѣсахъ магниты парой катушекъ. Конструированный имъ приборъ принадлежитъ къ совершеннѣйшимъ по чувствительности.

Особый интересъ этихъ опытовъ представляетъ способъ измѣрять степень намагниченія: поверхъ или снизу намагничивающей спирали была навита на стержень вторая спираль, замыкаемая на мультипликаторъ. Послѣ установленія желаемаго намагничивающаго тока, его цѣпь размыкали, и тогда въ этой второй спирали индуктировался токъ. Авторы сдѣлали предположеніе, что «этотъ индуктированный токъ (читай: это количество электричества), происходящій вслѣдствіе исчезанія магнетизма въ желѣзномъ сердечникѣ, пропорціоналенъ магнетизму» (читай: магнитному потоку). Это безусловно вѣрное утвержденіе относительно длиннаго сердечника и катушки, находящейся не у его краевъ (что авторы и оговариваютъ), кажется намъ первою попыткою соединить явленіе Стерджена съ фарадеевскою индукціею\*\*).

Результаты опытовъ — пропорціональность намагничиванія току и числу оборотовъ, независимость отъ остальныхъ поименованныхъ выше причинъ — убѣдили авторовъ въ полной аналогіи явленій намагниченія стержня и индукціи въ якорной обмоткѣ, а потому они, даже не подвергая опытному изслѣдованію, и, конечно, съ полнымъ правомъ, сочли, что намагниченіе не зависитъ отъ вещества проволоки. На основаніи этихъ результатовъ, уже чисто математическимъ

\*) Это измѣненіе поддавалось вычисленію; рассмотрѣніе этого вопроса навело Ленца на мысль, что притяженіе якоря пропорціонально квадрату намагниченія (или силы тока). Фехнеръ и Негро утверждали пропорціональность току.

\*\*) Фанъ-Рисъ доказывалъ впоследствии, что сила индуктированнаго тока служитъ мѣрою магнитнаго момента. Съ этимъ соглашался и проф. Савельевъ См. *О трудахъ акад. Ленца*. Спб., 1854.

\*) Bullet. de l'Acad. Imp. d. sciences de St.-Petersb. 1877.

\*\*) Pogg. Ann. 1839 г., XLVII.

путемъ, авторы рѣшили такой вопросъ: при данной поверхности цинка для элементовъ и данномъ желѣзномъ сердечникѣ выбрать обмотку, дающую максимальное намагниченіе. Оказалось, что рѣшеній этого вопроса безконечно много, что при всякомъ рѣшеніи должно существовать известное соотношеніе между сопротивленіемъ батареи и намагничивающей спирали, и что всегда трата цинка будетъ одна и та же. Этимъ навсегда разрушались разныя туманныя иллюзіи, примѣръ которыхъ мы привели выше.

Впослѣдствіи Ленцъ и Якоби употребляя короткую спираль, въ которой индуктировался токъ, и помѣщая ее въ разныхъ точкахъ электромагнита, могли наблюдать распределеніе магнетизма въ стержнѣ. Этимъ, вполне современнымъ и полнымъ способомъ воспользовался въ 1847 г. Ризъ\*).

Безупречная индукціонная часть опытовъ не избавила авторовъ отъ неточнаго заключенія о пропорциональности намагниченія силѣ тока; въ эту ошибку авторы были введены недостаточною чувствительностью Беккерелевскихъ вѣсовъ и тѣми небольшими предѣлами, въ которыхъ они измѣняли силу тока. Ошибка была указана Джоулемъ, который ввелъ понятіе о магнитномъ насыщеніи желѣза. Замѣтимъ еще, что при описываемыхъ опытахъ Ленцъ впервые обращаетъ вниманіе на такъ называемую Вольта-индукцію — непосредственное дѣйствіе между проводниками, въ которыхъ мѣняется токъ. Изслѣдованіе ея было произведено гораздо позднѣе Феличи (1852 г.). Ленцъ полагалъ опредѣлить дѣйствіе вольта-индукціи, оставивъ катушки на ихъ мѣстахъ и удаливъ сердечникъ; это показываетъ, какъ въ то время совершенно упускали изъ виду дѣйствіе воздушной среды; удаленіе стержня не уничтожало ни одного свойства электромагнита, но дѣлало его лишь гораздо болѣе слабымъ.

Результаты работъ Ленца и Якоби начали научное освѣщеніе явленія намагниченія. Это явленіе позднѣе стало играть еще болѣшую роль съ введеніемъ въ практику динамомашинъ, и долгое время теоретики электротехники основывали свои разсужденія на формулахъ Ленца и Якоби; такъ поступалъ, на примѣръ, Фрелихъ въ 1878 году, когда онъ не установилъ еще своей формулы намагниченія, замѣняющей нынѣ представленія нашихъ академикомъ.

## VI.

Самъ уже Ленцъ считалъ вышеописанные опыты съ электромагнитами столь же интересными для теоретика, какъ и необходимыми для практика. Но, какъ видно изъ его послѣдующихъ работъ, онъ считалъ еще болѣе важнымъ для практика изслѣдованіе магнитныхъ машинъ, какъ *производителей тока*\*\*). Ихъ дѣйствіе вообще то же самое, какъ и гальванической батареи, и

Ленцъ задался вопросомъ, каково наивыгоднѣйшее устройство ихъ для той или другой цѣли, подобно тому, какъ можетъ быть батарея, болѣе удобная для одной цѣли, чѣмъ другой. Привыкшій уже къ представленіямъ причинъ, отъ которыхъ зависитъ сила тока, индуктированного въ якорѣ, глубоко понимающій законъ Ома, Ленцъ разрѣшилъ этотъ вопросъ вполне опредѣленно: для каждаго рода внѣшней цѣпи (т. е. для каждой величины внѣшняго сопротивленія) должна быть особая обмотка якоря для наивыгоднѣйшаго дѣйствія\*). Такъ, на примѣръ, для Кларковой машины того образца, который принадлежалъ Ленцу, онъ вычислилъ изъ своихъ формулъ, что для накаливанія платины слѣдуетъ взять обмотку діаметромъ въ  $d = 0,58$  линій, для разложенія воды  $d = 0,16$ , для медицинскихъ цѣлей  $d = 0,039$ , причемъ изолировка принималась толщиной въ 0,05 линій. При описаніи этихъ опытовъ Ленцъ останавливаетъ вниманіе читателя на томъ, что въ катушкѣ якоря возбуждается *переменный токъ*, наиболѣе сильный въ тотъ моментъ, когда *измѣненіе* намагниченія въ якорѣ наибольшее, и равный нулю, когда оно наименьшее, что совпадаетъ съ положеніемъ наибольшаго намагниченія якоря. Начиная съ этой работы Ленца, мы не встрѣчамъ уже больше у него понятія объ единичномъ мгновенномъ индуктированномъ токѣ и баллистическаго способа измѣренія. Чтобы провѣрить, что максимальный токъ идетъ по катушкѣ въ моментъ ея нейтральнаго положенія, Ленцъ измѣряетъ этотъ переменный токъ по частямъ, пользуясь мультипликаторомъ Нобилии. Единичною сопротивленія служило Ленцу сопротивленіе кубической линіи мѣди, это напоминаетъ намъ о современномъ понятіи удѣльнаго сопротивленія.

Послѣ 7 лѣтъ работы въ этомъ новомъ направленіи, Ленцъ опубликовалъ большое изслѣдованіе *О значеніи скорости вращенія на индукціонный токъ, возбужденный магнито-электрической машиной*\*\*). Самое заглавіе показываетъ, что авторъ задумалъ разобрать тотъ самый элементъ индукціоннаго тока, который до сего времени исключался имъ изъ рассмотрѣнія. Работа эта весьма замѣчательна. До Ленца тѣмъ же вопросомъ занимался Веберъ; этотъ ученый пришелъ къ заключенію, что существуетъ нѣкоторая скорость, при которой сила тока наибольшая; онъ объяснялъ это явленіе запаздываніемъ намагниченія въ сердечникѣ якоря.

Переходя къ работѣ Ленца, замѣтимъ, что онъ пользовался машиной Штерера, якорь которой имѣетъ шесть катушекъ; это представляло то удобство, что можно было измѣнить сопротивленіе обмотки, не перематывая ея, а лишь различнымъ образомъ соединяя катушки; токъ

\*) Ленцъ упоминаетъ, что механики оцупью дошли до этого правила раньше его.

\*\*\*) Pogg. Ann., 60. 1849 г. Bulletin de la classe phys.-math. de l'Acad. de St.-Petersb., XII, 1854 г. и XVII, 1858 г.

\*) P. Rees. Pogg. Ann., 70.

\*\*) Pogg. Ann., LVII, 1842.

выпрямлялся и былъ, слѣдовательно, не переменнымъ, но пульсирующимъ.

Сначала Ленцъ измѣрялъ силу тока вольтметромъ; оказалось, что выдѣленіе газа было наибольшее при извѣстныхъ скоростяхъ, зависящихъ отъ сопротивленія якоря. Это непостоянство критической скорости разрушаетъ, по Ленцу, гипотезу Вебера, такъ какъ запаздываніе намагничиванія шло бы одинаково во всѣхъ случаяхъ. Конечно, и слѣдовало отбросить эту гипотезу: она говоритъ объ отставаніи намагничиванія, которое не входитъ въ измѣряемыя величины.

Чувствуя сложность явленія въ цѣпи, Ленцъ прибѣгнулъ къ исключенію возможныхъ причинъ: переменная электродвижущая сила поляризаціи въ вольтметрѣ могла оказывать свое вліяніе на все явленіе; поэтому Ленцъ сталъ измѣрять силу тока гальванометромъ, причемъ изъ двухъ гальванометровъ (Нервандера и Швейггера) онъ выбралъ тотъ, который отличался особой чувствительностью; поэтому онъ могъ ввести въ цѣпь огромное сопротивленіе въ видѣ восьми агометровъ, въ 200 разъ превосходящее наибольшее сопротивленіе якоря. Такимъ расположеніемъ Ленцъ достигъ того, что показанія гальванометра были пропорціональны электродвижущей силѣ якоря при всякихъ соединеніяхъ его катушекъ. Это былъ употребляемый и теперь способъ Фехнера сравненія электродвижущихъ силъ; только Ленцъ примѣнилъ его не къ батареѣ, а къ магнитоэлектрической машинѣ

Должно сказать, что наблюденіе измѣненій электродвижущей силы со скоростью представляетъ изъ себя совершенно правильный ходъ изслѣдованія генератора. Современной техникой это считается первымъ шагомъ въ опредѣленіи динамомашинъ, и результаты такого изслѣдованія называются ся характеристикой.

Результаты Ленца выражаются параболической формулой вида:

$$E = av - bv^2,$$

гдѣ  $E$  обозначаетъ электродвижущую силу якоря и  $v$  скорость его вращенія.

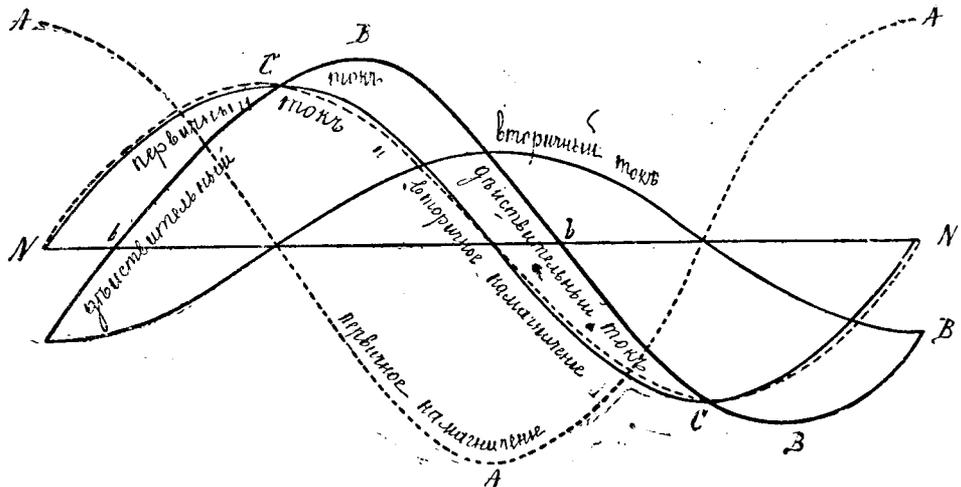
Отсюда слѣдуетъ, что электродвижущая сила растетъ со скоростью, но медленнѣе ея; это послѣднее, очевидно, противорѣчило ожиданіямъ Ленца и требовало объясненія. И дѣйствительно наше современное пониманіе индукціи учить насъ, что электродвижущая сила якоря строго пропорціональна скорости его вращенія, такъ

какъ запаздываніе намагниченія, если оно и есть, слишкомъ ничтожно. Ленцъ нашелъ объясненіе этой параболической зависимости, понявъ тотъ сложный внутренній процессъ въ обмоткѣ якоря, съ которымъ близко знакома современная техника; мы говоримъ о реакціи якоря. Та же счастливая мысль объяснила Ленцу и существованіе критической скорости при опытахъ съ вольтметромъ.

### VII.

Ленцу пришло на мысль, что въ его опытахъ съ вольтметромъ, когда оказывалась максимальная сила тока, кромѣ поляризаціи въ цѣпи была еще та особенность, что токи проходили въ 400 разъ болѣе сильныя. Онъ задумалъ испробовать, не эта ли послѣдняя причина и измѣняетъ все явленіе; для рѣшенія вопроса, онъ выключилъ агометры и, вмѣсто мультимпликатора Швейггера, включилъ гальванометръ Нервандера, въ 450 разъ менѣе чувствительный; наблюденія снова показали существованіе максимальнаго тока, наступающее при тѣмъ большей скорости, а слѣдовательно, при тѣмъ большей электродвижущей силѣ, чѣмъ болѣе сопротивление включалось въ цѣпь; такимъ образомъ выходило, что максимальной токъ всегда одинъ и тотъ же по своей величинѣ.

Все это вмѣстѣ убѣдило нашего ученаго, что самъ токъ, протекающій по цѣпи, а слѣдовательно и по обмоткѣ якоря, служитъ причиной существованія предѣльнаго тока, и если такового не



Фиг. 1.

оказалось въ опытахъ съ гальванометромъ Швейггера, то это потому, что токъ въ цѣпи былъ слишкомъ слабъ; но дѣйствіе якорнаго тока высказалась и въ этихъ опытахъ, причинивъ параболическую зависимость.

Единственное дѣйствіе, какое можетъ оказать токъ на сердечникъ якоря, это — намагничиваніе его («вторичное»), пропорціональное въ каждый моментъ силѣ этого тока; мы видѣли уже, что

сила индуктированного тока наибольшая въ тотъ моментъ, когда первичное намагниченіе равно нулю; и если кривая AAA (фиг. 1)\*) изображаетъ своимъ ординатами различныя фазы намагниченія сердечника во время его пути мимо полюсовъ N, S, N и т. д., то первичный индуктированный токъ изображается кривой NCSCN. Эта послѣдняя кривая можетъ быть взята за графическое изображеніе вторичнаго намагниченія, потому что оно въ каждый моментъ пропорціонально току. Тогда кривая BDB будетъ изображать второй токъ, индуктированный въ обмоткѣ якоря вслѣдствіе измѣненія вторичнаго намагниченія. Оба тока (NCSCN и BDB) сложатся въ одинъ дѣйствительный (wirklich stattfindender) BBbB, котораго минимумы будутъ уже не въ точкахъ N, S, N, но въ точкахъ *b*, *b*, отстоящихъ отъ прежнихъ на постоянную величину  $Nb = Sb$ ; на ту же величину запоздають и максимумы.

Ленцъ полагалъ, что второй индуктированный токъ не измѣняетъ тока по величинѣ, но лишь сдвигаетъ его; что чѣмъ больше скорость, тѣмъ больше это сдвигеніе, такъ какъ токъ BDB увеличивается, и точка *b* приближается къ вершинѣ кривой NCS (Pogg. Ann. LXXVI p. 517); здѣсь упускается изъ виду, что въ той же мѣрѣ возрастають ординаты NCS.

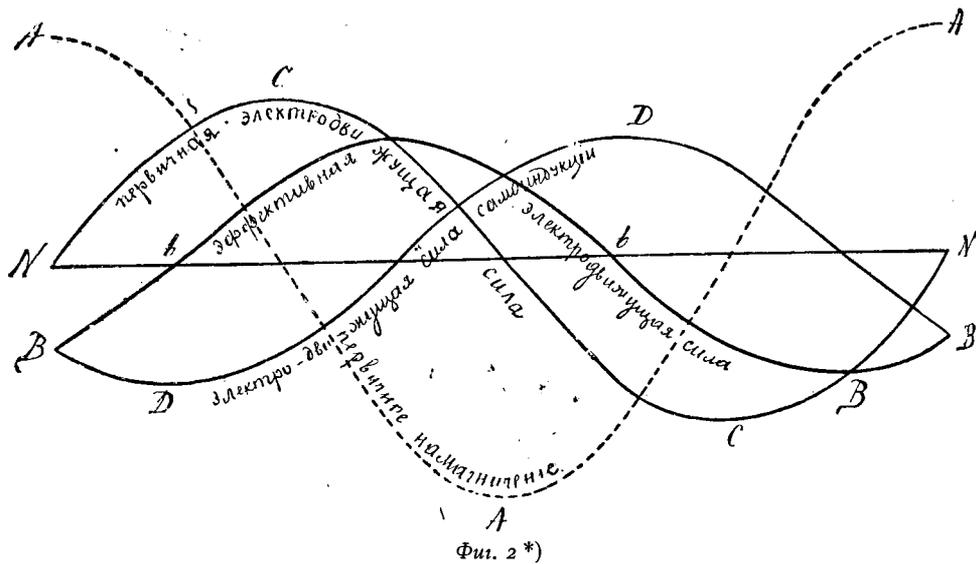
До работы Ленца полагали, что щетки слѣдуетъ укрѣплять на коллекторы въ мѣстахъ, обозначенныхъ на фигурѣ буквами N и S. Разсужденіе Ленца показываетъ, что такимъ образомъ индуктированный токъ коммутруется не въ тотъ моментъ, когда онъ дѣйствительно мѣняетъ свое направленіе, но раньше, а слѣдовательно нѣкоторою своею частью въ цѣпи пойдетъ токъ обратнаго направленія и ослабитъ дѣйствіе главной части тока, а такъ какъ участки эти Nb и т. п. тѣмъ больше, чѣмъ больше скорость, то и ясно, что это ослабленіе увеличивается со скоростью, и, наконецъ, случится, что увеличеніе тока вслѣдствіе возрастанія электродвижущей силы будетъ меньше ослабленія его вслѣдствіе неправильной коммутации; въ этотъ моментъ начнется уменьшеніе тока съ увеличеніемъ скорости вращенія якоря. Это явленіе оказываетъ свое вліяніе даже на нагрѣваніе цѣпи, такъ какъ при неправильной коммутации цѣпи

прерывается не въ тотъ моментъ, когда токъ очень слабъ, и значительная часть его теряется.

Изъ этого разсужденія Ленцъ заключаетъ, что каждой скорости соотвѣтствуетъ особое положеніе щетокъ коммутатора. Онъ замѣтилъ, что неправильное положеніе ихъ вызываетъ искробразованіе; онъ объяснилъ, что неудача попытокъ Якоби и Евреншова примѣнять магнитноэлектрическія машины къ гальванопластикѣ происходила, именно, отъ тѣхъ обратныхъ токовъ, которые имѣли мѣсто при неправильной коммутации и разрыхляли осадокъ.

Въ наше время къ этому разсужденію прибавляется еще слѣдующее: такъ какъ наибольшій токъ, а слѣдовательно и наибольшее намагниченіе сердечника якоря, сдвигается къ ведущему (предстоящему) полюсу магнита, то ослабленіе этого полюса якоремъ будетъ больше усиленія полюса, остающагося позади, и такимъ образомъ, сдвигъ щетокъ коммутатора ослабитъ поле. Самоиндукція якоря и ослабленіе поля вмѣстѣ и составляютъ реакцію якоря.

Реакція якоря была столь неожиданнымъ явленіемъ, что первое время пытались даже оспаривать ея существованіе; но факты были слишкомъ обильны и краснорѣчивы, чтобы мысль Ленца не была вскорѣ же раздѣлена всѣми.



Теперь эти явленія настолько общеизвѣстны, что всякій, хотя немного знакомый съ теоріей переменнаго тока, легко исправитъ и то, что было не совсѣмъ вѣрнаго въ представленіи Ленца. Мы не скажемъ, что вторичное намагниченіе производится несуществующимъ токомъ NCS; оно производится тѣмъ, который соотвѣтствуетъ окончательной (эффективной) э. д. силѣ, (фиг. 2) и поэтому возбуждаемая имъ э. д. сила самоиндукціи BDBB отстаетъ отъ эффективной на  $\frac{1}{4}$  періода. Эффективная э. д. сила меньше первоначальной (NCCN). Отставаніе Nb возрастаетъ со скоростью, потому что съ увеличеніемъ скорости э. д. с. самоиндукціи, во I-хъ, все больше от-

\*) На обоихъ чертежахъ (фиг. 1 и 2) на линіи NN посрединѣ слѣдуетъ поставить букву S.

стаетъ отъ первоначальной и, во 2-хъ, сама становится все больше.

Такова была первая работа, измѣряющая дѣйствіе самоиндукціи. Самоиндукція и раньше вліяла на результаты наблюденій Ленца съ его агометрами и гальванометрами, но въ опытахъ съ машинною Штерера ея дѣйствіе рѣзко измѣняло самый ходъ явленія и потому обратило на себя вниманіе глубокаго экспериментатора.

На своемъ остроумномъ чертежѣ (фиг. 1), Ленцъ представлялъ переменныя величины намагниченія и токовъ синусоидами. Въ послѣдствіи онъ задумалъ опредѣлить на опытѣ дѣйствительный видъ этихъ кривыхъ. Особый, придуманный имъ, коллекторъ, прототипъ подобныхъ приборовъ Маттеучи и друг., позволялъ пропускать чрезъ гальванометръ небольшой участокъ тока (Stromstück) любой фазы. Коллекторъ не выпрямлялъ тока, и потому Ленцъ употреблялъ при этихъ опытахъ электродинамометръ, только что изобрѣтенный В. Веберомъ. Оказалось, что токъ въ каждой катушкѣ, по пути ея между двумя сосѣдними полюсами, имѣетъ два максимума съ минимумомъ между ними. Опыты были много разъ видоизмѣняемы; примѣнялся и гальванометръ, для чего былъ конструированъ новый коллекторъ. Изъ кривой тока, представляющей также ходъ измѣненія намагниченія, Ленцъ построилъ кривую намагниченія, изъ которой онъ вывелъ заключеніе, что намагничиваніе якорнаго сердечника происходитъ медленнѣе размагничиванія.

Таковы работы Э. Х. Ленца въ области электромагнетизма. Мы видимъ, что этимъ образцовымъ наблюдателемъ и глубокимъ мыслителемъ послѣ основного закона появленія индуктивныхъ токовъ были даны основныя положенія о ихъ силѣ, показаны первыя примѣненія ихъ преимуществъ и, въ главныхъ чертахъ, придуманы способы измѣренія. Упрощенное пониманіе индуктивныхъ токовъ, какъ мгновенныхъ, было основою первыхъ его опытовъ. Умъ человѣческій не можетъ сразу объять всю сложность явленія. Но съ дальнѣйшею работою Ленцъ вводитъ въ свои разсужденія элементъ времени и самоиндукцію и этимъ переходитъ къ болѣе сложнымъ явленіямъ, прямо примѣнимымъ на практикѣ.

Работы Ленца не случайныя, безсвязныя опыты. Онъ раскрываютъ одно за другимъ цѣль понятій, начиная съ простѣйшихъ; авторъ какъ будто знаетъ, къ какому результату приведетъ эта цѣль, хотя и не высказываетъ этого. Напрашивается невольное сравненіе съ безсмертнымъ Фарадеемъ. Опыты этихъ двухъ физиковъ, раскрыли явленіе индукціи, и въ то время, какъ теоріи Ампера и Вебера замѣняются новыми, истинное опытовъ Фарадея и Ленца останется навсегда.

Много замѣчательныхъ мелочей изъ работъ Ленца опущено нами. Мы старались напомнить лишь о тѣхъ основаніяхъ науки, которыя положилъ Ленцъ. Какъ громадно его дѣло — намъ трудно

себѣ представить. Намъ не приходится строить по частямъ общихъ воззрѣній на сложныя явленія, методы измѣреній уже придуманы, и намъ остается лишь включать между соотвѣтственными зажимами эталоны, приготовленные на электрическихъ заводахъ. Цѣль настоящей статьи достигнута, если читатель согласится, что Э. Х. Ленцъ вмѣстѣ съ Фарадеемъ положили начало современному широкому пользованію электродинамическими явленіями.

В. Лебединскій.

## Электрическая теорія атмосферныхъ возмущеній профессора Зенгера.

Многія наблюденія, сдѣланныя какъ прежде, такъ и за послѣднее время, показываютъ, что въ смерчахъ и ураганахъ электрическія явленія, можно сказать, доминируютъ надъ всѣми прочими; мало того, страшная быстрота вращенія воздушныхъ частей въ смерчахъ, ужасающая и внезапно повышающаяся до громадной величины скорость вѣтра въ ураганахъ, наконецъ явная непараллельность струй вѣтра въ послѣднихъ, — не могутъ быть объяснены чисто механическими соображеніями по мнѣнію, какъ теоретиковъ, такъ и самихъ наблюдателей.

Наблюдавшій весьма близко воздушный смерчъ — Бернаръ [помощникъ управляющаго сахарнымъ заводомъ въ Модрицѣ (Богемія)] — писалъ профессору Зенгеру между прочимъ слѣдующее: „большія облака еще не успѣли сдвинуться съ мѣста, какъ они (образовавшіяся подъ большими маленькія облака) начали вращаться и двигаться съ головокружительной быстротой и страшнымъ трескомъ по направленію къ намъ, походя на волнующуюся спираль“... „они несли съ собою громадныя массы воды. Изъ этихъ массъ воды безпрерывно вылетали цѣлыя снопы некръ въ формѣ стрѣлъ, діаметромъ 2—4 см. и длиной 30—50 см. На поверхности смерча видны были кольца электрическаго свѣта, изъ которыхъ исходили какъ бы виты свѣта, но менѣе сильнаго, чѣмъ свѣтъ некръ. Мы испытывали по всему тѣлу какъ бы уколы раскаленными докрасна проводками, хотя на кожѣ потомъ не оказалось ни малѣйшихъ знаковъ...“

Вице-адмиралъ Клюэ въ своей работѣ „L'Ouragan de Juin 1885“. *Annales Hydrographiques* 1 sept. 1886“ говоритъ: „Три механическія причины — 1) неравная скорость движенія облачныхъ массъ въ направленіи муссона С.-В., 2) встрѣча двухъ воздушныхъ токовъ, но особенно быстрыхъ, надо замѣтить, 3) наконецъ, различіе скоростей вѣдѣствіе вращенія земли: всѣ эти причины, я говорю, *мнѣ кажутся недостаточными* для объясненія необыкновенной скорости вращенія и въ особенности совершенно исключительной скорости вѣтра въ ураганѣ. Все въ ураганѣ необыкновенно — *электрическое состояніе*, сильнѣйшее волненіе, невъяснимый ужасающій вѣтеръ“... „Указываемыя всѣми капитанами пиквалы столь измѣнчивы, что струи воздуха оказываются не только не параллельными между собой, но, подобно струйкамъ воды въ водоворотѣ, онѣ вращаются одна относительно другой“.

Профессоръ Зенгеръ сопоставляетъ подобныя отчеты наблюдателей смерчей, урагановъ и бурь съ тѣмъ фактомъ, что эти атмосферныя возмущенія склонны повторяться періодически, причѣмъ періоды ихъ совпадаютъ съ такъ называемыми солнечными періодами и съ періодами встрѣчи земли съ рядами небольшихъ космическихъ тѣлъ, циркулирующихъ вокругъ солнца по растянутымъ эллипсамъ.

1-го июня 1885 г. былъ страшный ураганъ, описанный капитаномъ пѣмецкаго судна Доуаръ и, соотвѣтственно этому, 1-е июня — день солнечнаго періода Зенгера, а 31 мая день встрѣчи земли съ грушиною болидовъ.