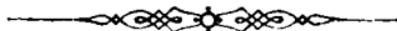


# ИСТОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА.

---

Очерки Ив. Святскаго.

Съ 35 рисунками.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ  
Типографія П. П. Сойкина, Стремянная ул., № 12  
1897

## ПРЕДИСЛОВІЕ.

Въ настоящее время теоретическая и практическая электротехника разрослась до громадных размѣровъ и, вмѣстѣ съ тѣмъ, привлекаетъ къ себѣ вниманіе всего образованнаго общества. О новыхъ примѣненіяхъ электричества приходится читать чуть-ли не ежедневно даже въ общей прессѣ, не говоря уже о специальныхъ журналахъ, едва успѣвающихъ отмѣчать всѣ новинки. Ни одна область физики не представляетъ такого всеобщаго интереса и не приобрѣла такой популярности, какъ отдѣлъ объ электричествахъ.

Полагаемъ, поэтому, что теперь будетъ своевременнымъ и небезынтереснымъ бросить ретроспективный взглядъ на весь путь, пройденный человѣческой мыслью при изслѣдованіи этой области физики, начиная съ простаго явленія притяженія легкихъ тѣлъ натертымъ янтаремъ и кончая телеграфами, телефонами, динамомашинами рентгеновскими лучами...

Янтарь, притягивающій пухъ, и телефонъ! Какой исполинскій шагъ сдѣлало ученіе объ электричествахъ за то время, какое отдѣляетъ первый пустой, казалось, служившій простою забавою опытъ съ янтаремъ и кончая телефономъ и массою другихъ новѣйшихъ изобрѣтеній электротехники! Какъ былъ пройденъ этотъ путь, кто были борцы, состязавшіеся на немъ въ погоню за истиной,—вотъ вопросъ, на которой мы, по мѣрѣ силъ, старались здѣсь отвѣтить.

При настоящемъ положеніи электротехники изложить въ небольшой книжкѣ исторію электричества едва-ли возможно. Дѣйствительно, за послѣднія десятилѣтія сдѣлано такъ много открытій и изобрѣтеній въ области электротехники, что если бы собрать ихъ исторію вмѣстѣ съ исторіей открытій основныхъ законовъ ученія объ электричествахъ, то получилось-бы весьма внушительное по объему сочиненіе. Намъ пришлось, поэтому, держаться въ извѣстныхъ рамкахъ, обращающая главное вниманіе на исторію открытій зако-

новъ электрическихъ явленій въ ихъ хронологическомъ порядкѣ, чтобы читатель могъ составить себѣ понятіе о послѣдовательности, съ которою изъ отдѣльныхъ, подчасъ разрозненныхъ наблюденій, опытовъ и лабораторныхъ экспериментовъ выводились обобщенія, постепенно усовершенствовавшіяся и достигшія, наконецъ, формулировку нынѣ принятыхъ законовъ. Словомъ, главное вниманіе наше было обращено на изслѣдованія и открытія, служившія, такъ сказать, поворотными пунктами на томъ пути, на которомъ складывались воззрѣнія на электрическія явленія. Что касается изобрѣтеній, то мы останавливались обстоятельно только на исторіи примѣненія тѣхъ законовъ, на которыхъ они основаны, не вдаваясь въ большія подробности о ходѣ ихъ дальнѣйшаго, чисто техническаго усовершенствованія. Наша книжка, какъ сочиненіе популярное, не претендуетъ, да и не могла бы претендовать на полноту и ее вѣрнѣе было бы озаглавить: «*очерки изъ исторіи электричества*», при чемъ, однако, въ наши очерки вошло все наибольшее существенное и интересное.

Считаемъ нужнымъ заявить, что предполагаемъ у читателей знаніе основныхъ законовъ статическаго и динамическаго электричества, хотя-бы въ самомъ небольшомъ объемѣ. Будучи стѣснены съ одной стороны необходимостью, насколько возможно, придерживаться хронологической послѣдовательности въ изложеніи и съ другой—объемомъ книжки, мы не имѣли возможности излагать одновременно съ исторіею электричества и курсъ его, хотя-бы и краткій.

Главными источниками при составленіи настоящей книги послужили: 1) *Очеркъ исторіи физики*, Ф. Розенбергера. Пер. подъ ред. Н. М. Сьченова. 2) *Netoliczka. Illustr. Geschichte d. Electricität von d. ä'testen Zeiten bis auf unsere Tage*. 3) *Louis Figuier. Les merveilles de la Science*. 4) *Desbeaux. Physique populaire*. 5) *The Story of electricity*. I. Munro.

Ив. Святскій.

## ГЛАВА I.

### Электричество отъ тренія.

Кто изъ насъ въ дѣтствѣ не забавлялся тѣмъ, что, потеревъ кусокъ сургуча о рукавъ своего платья, подносилъ его къ маленькимъ кусочкамъ бумаги, съ интересомъ наблюдая, какъ они пристають къ сургучу? Это—самый простой опытъ съ электричествомъ. Трениемъ сургуча о сукно мы наэлектризовали сургучъ, т. е. сообщили ему свойство притягивать къ себѣ кусочки бумаги и другія легкія тѣла. Электричество, подобно огню, было открыто, вѣроятно, какимъ-нибудь дикаремъ. По словамъ Гумбольдта, индѣйцы на Ориноко часто забавляются опытами, похожими на вышеописанный, только вмѣсто сургуча они употребляютъ сѣмена нѣкоторыхъ стручковыхъ растений. Что-же касается древности свѣдѣній объ электриствѣ, то уже древніе греки знали свойство янтаря притягивать послѣ тренія легкіе предметы. Фалесъ Милетскій, знаменитѣйшій изъ семи мудрецовъ и отецъ греческой философіи, жившій за 600 лѣтъ до Р. Хр., объяснялъ это интересное явленіе присутствіемъ „духа“ въ янтарѣ; этотъ духъ „притягивалъ къ себѣ легкія тѣла точно дуновеніемъ“. Не больше зналъ объ электриствѣ натуралистъ древности, Плиній, жившій 600 лѣтъ послѣ Фалеса. „Послѣ того какъ треніе придадо янтарию *теплоту жизни*, онъ притягиваетъ соломинки и легкіе древесные листья“—вотъ что говоритъ Плиній. Для древнихъ электричество такъ и осталось неразгаданнымъ. Только съ конца

XVI вѣка, вмѣстѣ съ водвореніемъ въ науки опытнаго метода, возникаютъ первыя понятія объ электричествѣ.

Джилбертъ, врачъ королевы Елизаветы, изслѣдовалъ это явленіе и нашель, что, кромѣ янтара такими же свойствами обладаютъ многія другія тѣла: стекло, сѣра, смола, алмазь, сафиръ, рубинъ, опаль, аметистъ. Джилбертъ нашель, что эти тѣла отъ тренія пріобрѣтаютъ свойства притягивать стрѣлку посаженную на остріе (подобную компасной). Эти тѣла опъ назвалъ *электриками*, производя это названіе отъ греческаго слова *ἤλεκτρον*, что значитъ янтарь. Открытіе Джилберта положило начало современному ученію объ электричествѣ. Слабая и таинственная сила съ этихъ поръ перестала быть только предметомъ пустой забавы и простодушнаго удивленія, но никто еще и не предполагалъ, что эта сила преобразуетъ весь міръ.

Отто фонъ Герике, Магдебургскій бургомистръ и изобрѣтатель воздушнаго насоса, первый построилъ машину для возбужденія электрической силы въ большихъ количествахъ. Его машина состояла просто изъ шара, сдѣланнаго изъ сѣры, быстро вращающагося посредствомъ рукоятки и натираемаго кускомъ сукна, который прижимали къ шару рукою.

Дѣлая опыты со своею машиною, Отто фонъ Герике замѣтилъ, что во время тренія изъ сѣрнаго шара можно извлекать искры. Далѣе онъ нашель, что легкія тѣла, притягиваемыя шаромъ, отталкивались какъ только приходили въ соприкосновеніе съ его поверхностью; послѣ этого они больше не притягивались шаромъ до тѣхъ поръ, пока ихъ не приводили въ соприкосновеніе съ ненаэлектризованнымъ тѣломъ. Всѣ эти открытія послужили основаніемъ для будущей науки объ электричествѣ.

Въ 1709 г. англійскій физикъ Гоуксбе замѣнилъ сѣрный шаръ машины Герике стекляннымъ цилиндромъ, который при помощи механическаго приспособленія приводили во вращеніе около его оси и въ то же время его (цилиндръ) натирали рукою. Машина Гоуксбе развивала больше электричества, чѣмъ Гериковская и давала болѣе сильныя искры.

Впослѣдствіе Гуксбе видоизмѣнилъ свою машину, замѣнивъ стеклянный цилиндръ такимъ же шаромъ. Машина эта, къ сожалѣнію, не вошла въ употребленіе и въ теченіе 30 лѣтъ была предана забвенію, пока германскіе физики возобновили съ нею опыты.

Въ серединѣ XVIII столѣтія французскій аббатъ Нолле устроилъ и ввелъ въ употребленіе электрическую машину, состоящую изъ стекляннаго шара, приводимаго во вращеніе помощью ремня отъ колеса съ рукояткою. Стеклянный шаръ наэлектризовывался прикосновеніемъ рукъ во время его вращенія. Накопившееся на шарѣ электричество собиралось на металлическомъ кондукторѣ, подвѣшенномъ къ потолку на шелковыхъ шнурахъ.

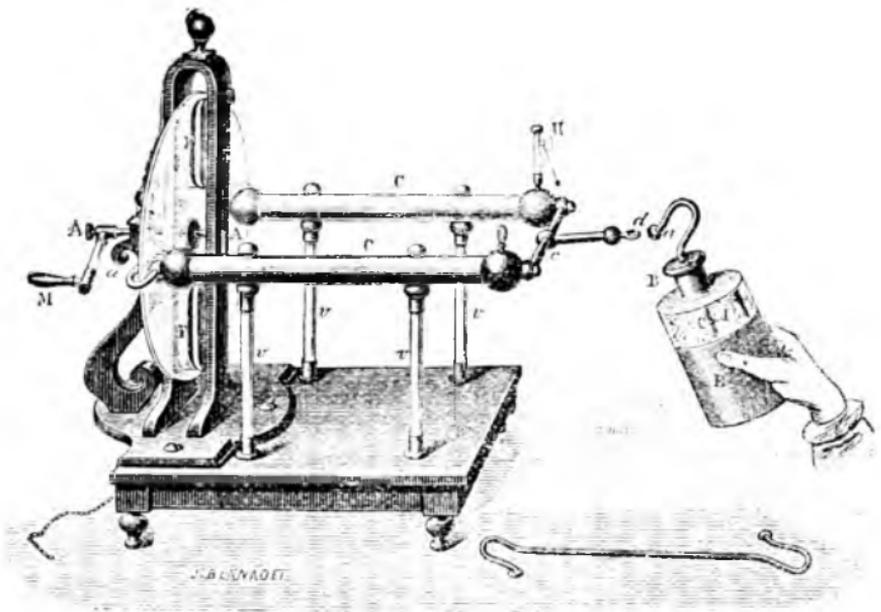


Рис. 1.

Англійскій ученый Рамсденъ (въ 1768 г.) видоизмѣнилъ машину Нолле и придалъ ей видъ машины современнаго типа. (См. рис. 1).

Онъ замѣнилъ стеклянный шаръ такимъ же кругомъ (дискомъ) большого діаметра, вращающимся между четырьмя кожанными подушками; электричество, образующееся на

стеклянномъ дискѣ, отводится посредствомъ металлическихъ щетокъ въ металлическіе же проводники (кондукторы), покоящіеся на стеклянныхъ столбикахъ.

Всѣ современныя электрическія машины представляютъ только усовершенствованія машины Рамсдена.

Всякій знасть въ настоящее время, съ какою громадною скоростью электричество передается отъ одного мѣста въ другое; электрическій телеграфъ служитъ тому общеизвѣстнымъ доказательствомъ. Но не всѣмъ извѣстно, что это замѣчательное свойство электричества было открыто въ прошломъ столѣтіи, благодаря простой случайности. Англійскіе химики Грей и Велеръ сдѣлали открытіе, которое повело къ раздѣленію тѣлъ на проводниковъ и непроводниковъ. Этіенинъ Грей производилъ опыты съ стеклянною трубкою, которую онъ натиралъ сукномъ. Онъ нашелъ, что сила, съ которою наэлектризованная трубка притягивала къ себѣ легкіе предметы, была одна и та же, затыкала-ли онъ концы трубки пробками, или же трубка оставалась открытою. Пухъ, случайно паходившійся вблизи наэлектризованной трубки, закрытой пробками, притянулся одною изъ пробокъ и потомъ оттолкнулся отъ нея: пробка, значить, дѣйствовала точно такъ же, какъ и сама трубка. Такимъ образомъ, оказалось, что электричество передалось отъ стекла къ прикасавшейся къ ней пробкѣ. Грейю стало очевиднымъ, что электричество, подобно теплотѣ, передается отъ одного тѣла другому чрезъ прикосновеніе. Дальнѣйшіе опыты привели къ заключенію, что электричество отъ наэлектризованной трубки передается не только пробкѣ, но еще многимъ тѣламъ.

Грей продолжалъ работать въ этомъ направленіи совместно съ Велеромъ. Въ 1729 году названные ученые сдѣлали слѣдующій знаменитый опытъ. Въ длинной галереѣ, гдѣ они работали, между каменными стѣнами на нѣкоторомъ разстояніи другъ отъ друга были протянуты шелковые шнуры (поперекъ галереи) и на эти шнуры была положена нешковая бечева, такъ чтобы она не касалась пола галереи. Одинъ копецъ бечевы былъ соединенъ съ стеклянною

трубкою. другой—окачивался маленькимъ шарикомъ изъ слоновой кости. Когда Грей сталъ натирать стеклянную трубку, то Велеръ, находившійся около шарика, сталъ подносить къ послѣднему перышки, тонкіе листки металла и проч.: всѣ эти легкія тѣла притягивались къ шарикѹ. Такимъ образомъ электричество передавалось отъ одного конца бечевы къ другому.

Многочисленные опыты привели Грейя и Велера къ раздѣленію всѣхъ тѣлъ на проводники и непроводники электричества. Они убѣдились, что стекло, смола, сѣра, алмазь, масла, окислы металловъ и проч. не проводятъ электричество, тогда какъ металлы, растворы кислотъ и щелочей, вода, тѣло животныхъ и проч. легко проводятъ его. Грей и Велеръ нашли, что тѣла, которыя при натираниі электризуются—плохіе проводники и наоборотъ тѣла, которыя при натираниі не электризуются—хорошіе проводники; въ послѣднемъ случаѣ электричество, возбуждаемое треніемъ, проходитъ по электризуемому тѣлу, какъ по хорошему проводнику, и оттуда чрезъ человѣческій организмъ уходитъ въ землю.

Французскій натуралистъ и физикъ, членъ Парижской академіи наукъ Дюфей первый привелъ въ систему разрозненные до того научные факты, добытые изслѣдованіями его предшественниковъ. Дюфей прежде всего показалъ, что всѣ тѣла электризуются отъ тренія, но чтобы наэлектризовать хорошій проводникъ, напр., мѣдный стержень, его надо только держать на рукоятѣ изъ стекла или смолы, т. е. его надо изолировать отъ руки. Далѣе Дюфей показалъ, что проводимость органическихъ веществъ зависитъ отъ содержащейся въ нихъ воды. Бечева въ опытѣ Грея и Велера проводитъ электричество по длинной галереѣ, благодаря заключающейся въ ней влажности; когда Дюфей намочилъ бечеву, то проводимость ея усилилась: она могла передавать электричество на разстояніе 1,200 футовъ.

Заслуга Дюфейя главнымъ образомъ заключается въ томъ, что, обобщивъ результаты полученные его предше-

ствеппиками и своими собственными опытами, онъ открылъ два важные закона. Всякое электризованное тѣло притягиваетъ къ себѣ всѣ ненаэлектризованныя тѣла; но какъ только ненаэлектризованное тѣло прикоснется къ наэлектризованному, послѣднее отталкиваетъ первое.

Дюфей училъ, что существуетъ два рода электричества: *стеклянное* и *смоляное*. Стеклоанное электричество возбуждается при треніи въ стеклѣ, горномъ хрусталѣ, драгоценныхъ камняхъ, шерсти животныхъ и проч.; смоляное — возбуждается въ смолѣ, янтарѣ шелкѣ, бумагѣ и проч. Тѣло, наэлектризованное стекляннымъ электричествомъ, отталкиваетъ отъ себя всякое другое тѣло, наэлектризованное тѣмъ же электричествомъ и, наоборотъ, притягиваетъ тѣла, наэлектризованныя смолянымъ электричествомъ. Такимъ же образомъ смоляное электричество отталкиваетъ смоляное же и притягиваетъ стеклянное. Стеклоанное электричество Георгъ Лихтенбергъ назвалъ *положительнымъ*, смоляное — *отрицательнымъ*.

При своихъ опытахъ Дюфей подвѣшивалъ на шелковой ниткѣ бузинный шарикъ; потеревъ стеклянную палочку о шелковый платокъ, онъ приближалъ ее къ бузинному шарику; послѣдній притягивался къ стеклу, но, прикоснувшись къ нему, отталкивался; это показываетъ, что шарикъ отъ прикосновенія наэлектризовывался стекляннымъ электричествомъ, а потому и отталкивался отъ одноименнаго электричества стеклянной палочки.

Когда Дюфей наэлектризовывалъ одинъ бузинный шарикъ стекляннымъ электричествомъ, а другой — смолянымъ, то шарики взаимно притягивались. Наоборотъ, когда оба шарика были заряжены положительно или оба отрицательно, то они взаимно отталкивались.

Изъ подобныхъ опытовъ и на основаніи результатовъ добытыхъ своими предшественниками, Дюфей и установилъ свои два закона.

Второй законъ Дюфейя имѣетъ не только теоретическое, но и практическое значеніе. Въ самомъ дѣлѣ, если имѣется наэлектризованное тѣло и требуется узнать заряжено-ли

оно положительно или отрицательно, то нужно только приблизить къ испытываемому тѣлу шелковинку, наэлектризованную смолянымъ электричествомъ. Если она притягивается тѣломъ, то послѣднее заряжено положительно, если же—отталкивается, то—отрицательно.

Но большую популярность среди современниковъ Дюфей приобрѣлъ съ того момента, какъ открылъ, что изъ человѣческаго тѣла можно извлекать электрическія искры.

Дюфей произвелъ слѣдующій опытъ. Онъ подвѣсилъ къ потолку на шелковыхъ шнурахъ маленькую деревянную платформу, на которую и ложился; затѣмъ его электризовали большою натертою шелкомъ стеклянною трубкою, послѣ чего тѣло его притягивало къ себѣ легкіе предметы. Когда аббатъ Ноле, помогавшій Дюфейю въ его опытахъ, приблизилъ свой палецъ къ ногѣ изолированнаго Дюфейя, то получилась яркая искра. Въ одномъ изъ своихъ сочиненій Ноле говоритъ, что онъ былъ необычайно пораженъ, когда въ первый разъ увидѣлъ искру, извлекаемую изъ человѣческаго тѣла.

Дальнѣйшіе опыты показали, что если потереть стеклянную палочку шелкомъ, то она электризуется положительно, если же замѣнить шелкъ кошачьимъ мѣхомъ, то стекло электризуется отрицательно, а мѣхъ положительно. Наоборотъ, если потереть сургучъ шелковымъ платкомъ, то онъ электризуется отрицательно, а шелкъ—положительно. Подобные опыты дали возможность составить слѣдующій списокъ тѣлъ, въ которомъ каждое выше стоящее тѣло при натираниіи его любымъ изъ ниже стоящихъ электризуется положительно, а нижестоящее отрицательно.

Положительно. (+)

Кошачій мѣхъ;

полированное стекло;

шерсть;

пробка, при обыкновенной температурѣ;

шероховатая темная бумага;

нагрѣтая пробка;

бѣлый шелкъ;  
черный шелкъ;  
шеллакъ;  
неполированное стекло.

Отрицательно. (—)

Этотъ списокъ показываетъ, какого рода электричество возбуждается при треніи другъ о друга различныхъ тѣлъ. Такъ, полированное стекло при треніи о шелкъ электризуется положительно, а неполированное — отрицательно. Пробка при обыкновенной температурѣ при треніи съ нагрѣтой пробкой электризуется положительно. Черный шелкъ электризуется отрицательно при треніи о бѣлый, и проч.

Знаменитый физикъ Фарадэй нашелъ, ~~что~~ электричество наэлектризованнаго тѣла сосредоточивается только на его наружной поверхности. Фарадэй бралъ сѣтку для ловли бабочекъ (см. рис. 2), установленную на стеклянной подставкѣ, съ прикрѣпленною къ концу сѣтки ниткою. Зарядивъ сѣтку электричествомъ, онъ обнаруживалъ его присутствіе только на вѣшной ея поверхности; быстро вывернувъ сѣтку, держа ее за нитку онъ на бывшей наружной — а теперь внутренней — поверхности

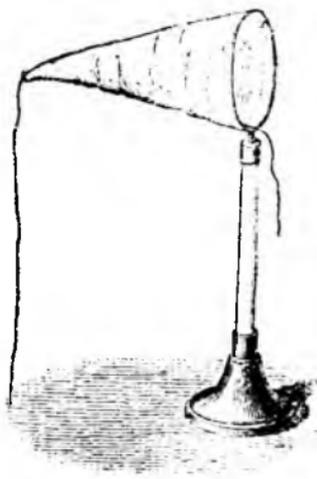


Рис. 2.

ея электричества не обнаружилъ, но вѣшняя поверхность показывала присутствіе электричества.

Далѣе, Фарадэй производилъ слѣдующій опытъ. Онъ бралъ проволочную корзинку и ставилъ ее на опрокинутую рамку. На наружной и на внутренней поверхности корзинки онъ вѣшалъ на шелковинкахъ по парѣ бузиновыхъ шариковъ и затѣмъ соединялъ проволоку корзинки съ сильною электрическою машиною. Тогда оказывалось, что наружные шарики отталкивались отъ проволочнаго корпуса

корзинки, при чемъ нити ихъ отклонялись на нѣкоторый уголъ; бузинные же шарики внутри корзины оставались въ покоѣ и нити ихъ пребывали въ вертикальномъ положеніи.

Эти опыты привели къ заключенію, что электричество сосредоточивается единственно только на наружной поверхности проводниковъ; при этомъ безразлично—нолое ли тѣло проводникъ или сплошное. Замѣчено было также, что равномерное распредѣленіе электричества по поверхности имѣеть мѣсто только въ тѣхъ случаяхъ, когда проводникъ имѣеть шарообразную форму; если-же тѣло снабжено остріями, то большая часть электричества скопляется на послѣднихъ.

Какъ мы видѣли выше, Дюфей нашель, что каждый предметъ можетъ быть заряженъ электричествомъ посредствомъ прикосновенія съ другимъ наэлектризованнымъ тѣломъ. Въ 1753 г. Кантонъ показалъ, что кромѣ прикосновенія, тѣло можетъ быть заряжено еще, такъ называемымъ, дѣйствіемъ черезъ вліяніе, т. е. находясь отъ наэлектризованнаго тѣла на нѣкоторомъ разстояніи.

Когда Кантонъ наэлектризовалъ стеклянную палочку положительно и приблизилъ ее къ ненаэлектризованному мѣдному шару, изолированному стеклянной подножкой, то увидѣлъ, что часть шара, ближайшая къ стеклу, заряжена отрицательно, а наиболѣе отдаленная отъ него—положительно. Когда онъ удалялъ палочку, то шаръ опять приходилъ въ безразличное, ненаэлектризованное состояніе, показывая этимъ, что онъ былъ заряженъ электричествомъ временно, благодаря присутствію наэлектризованной палочки.

Изъ этихъ опытовъ заключали, что наэлектризованное тѣло имѣеть свойство „разлагать естественное электричество проводника, притягивая противоположно электричество и отталкивая одноименное“.

Фарадѣй нашель, что сила дѣйствія чрезъ вліяніе зависитъ отъ среды, раздѣляющей электризующее тѣло отъ электризуемаго. Такъ, дѣйствіе чрезъ вліяніе чрезъ слой сѣры происходитъ легче, чѣмъ чрезъ такой же слой воздуха.

Однимъ изъ самыхъ простыхъ приборовъ, основанныхъ на дѣйствии чрезъ вліяніе является электрофоръ Вольты. Вильке съ своей стороны изобрѣлъ подобный же аппаратъ около 1762 года. Приборъ Вольты, (см. рис. 3.) состоитъ изъ покрытаго листомъ олова деревяннаго диска *B*, снабженнаго изолированною стеклянною ручкою *H* и деревяннаго блюда *R*, залитаго смолою. Если смоляной кругъ положить на столъ и быстро ударить его нѣсколько разъ кошачьимъ мѣхомъ, то онъ зарядится отрицательно. Послѣ того берутъ за ручку дискъ *B* и

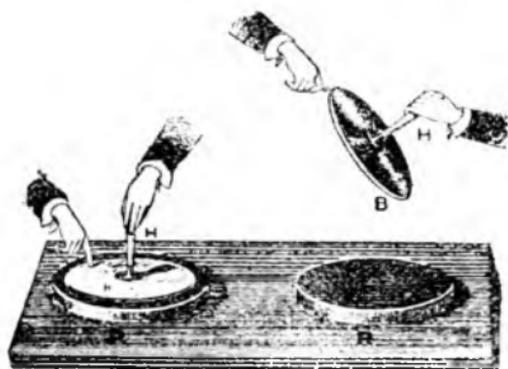


Рис. 3.

кладутъ его на кругъ. Дискъ касается на-электризованной поверхности въ немногихъ точкахъ и получаетъ въ нихъ электрическій зарядъ. Остальное количество электричества изолировано отъ смолы воздухомъ. Отрицательное электричество смолы возбуждаетъ черезъ вліяніе положительное электричество на нижней поверхности диска и отрицательное на верхней его поверхности. Касаясь верхней поверхности диска пальцемъ,—какъ показано на рис. 3.—мы отводимъ черезъ наше тѣло отрицательное электричество въ землю; положительное же остается на дискѣ. Поднявъ дискъ и коснувшись края его пальцемъ, можно получить искру. Этотъ процессъ можно повторять до тѣхъ поръ, пока на смолѣ имѣется еще занасъ отрицательнаго электричества.

Разъ смоляной кругъ заряденъ, электрофоръ можетъ дѣйствовать въ теченіе нѣсколькихъ недѣль и даже мѣсяцевъ, если положить на него дискъ и поставить приборъ въ сухое мѣсто. Во все это время можно извлекать изъ диска искры, не прибѣгая къ кошачьему мѣху. На этомъ основаніи Вольта

назвалъ свой аппаратъ „вѣчнодѣйствующимъ электрофоромъ“.

Мнѣнія физиковъ прошлаго столѣтія о томъ, слѣдуетъ-ли приписать открытіе Лейденской банки Мушенбреку, расходятся. Одни приписываютъ его Кунеусу, богатому буржуа города Лейдена и любителю наукъ, другіе — Алламану, физику того же города, третьи — Клейсту; наконецъ, утверждали, будто старикъ Мушенбрекъ, бывший врачомъ въ Амстердамѣ, первый сдѣлалъ опытъ, но приписывалъ открытіе своему сыну — лейденскому профессору. Пристлей, современникъ этихъ ученыхъ, написавшій исторію электричества, доказываетъ въ своемъ сочиненіи неосновательность этихъ разногласій. Изъ его разсказа слѣдуетъ, что, когда Мушенбрекъ совершенно случайно сдѣлалъ свое открытіе, онъ былъ окруженъ лицами, присутствовавшими при его опытахъ. Между ними находились, безъ сомнѣнія, Кунеусъ и Алламаны, которые, такимъ образомъ, являются простыми зрителями, но никакъ не авторами опыта.

Какъ-бы то ни было, вотъ какія обстоятельства повели къ открытію лейденской банки. Замѣтивъ, что наэлектризованное тѣло, оставленное на воздухѣ, быстро теряетъ свое электричество, вслѣдствіе проводимости воздуха, Мушенбреку пришла мысль, что если наэлектризованное тѣло окружить со всѣхъ сторонъ непроводниками, то оно будетъ въ состояніи долго сохранять значительный электрическій зарядъ. Такъ какъ стекло — непроводникъ и вода самое подходящее тѣло для этой цѣли, то Мушенбрекъ и его друзья пытались наэлектризовать воду, заключенную въ стеклянную бутылку. Сначала не было замѣчено ничего особеннаго; когда рѣшили, что вода достаточно наэлектризована, то хотѣли убрать бутылку, въ воду которой была опущена цѣпочка отъ кондуктора электрической машины (для электризаціи воды). Но въ тотъ моментъ, когда помощникъ профессора, держа въ одной рукѣ бутылку, прикоснулся другою къ цѣпочкѣ, желая ее разъединить отъ машины, его поразилъ сильный ударъ въ грудь и въ обѣ руки.

Мушенбрекъ, повторившій опытъ, писалъ потомъ, что сила удара была такова, что онъ счелъ себя пораженнымъ на смерть; онъ объявилъ, что не согласенъ подвергнуться тому же удару, если бы даже ему въ награду обѣщали корону Франціи \*)

Послѣ того, какъ аббатъ Нолле повторилъ опытъ Мушенбрека, весь Парижъ заинтересовался лейденскою банкою и масса любопытныхъ осаждала аббата: всѣ желали испытать ударъ. Тогда Нолле въ подходящемъ номѣщеніи составилъ изъ желающихъ цѣпь, такъ что всѣ одновременно испытали ударъ. Этотъ опытъ Нолле повторилъ въ Версалѣ предъ королемъ и дворомъ. Двѣсти сорокъ солдатъ держась за руки, образовали цѣпь, на одномъ концѣ которой находился Нолле, на другомъ—солдатъ, державшій въ рукѣ бутылку, наполненную наэлектризованною водою. Какъ только аббатъ прикасался свободною рукою къ цѣпочкѣ, опущенной въ воду бутылки и соединенной съ машиной, всѣ гвардейцы вздрагивали и подпрыгивали.

Черезъ нѣсколько дней Нолле повторилъ тотъ же опытъ надъ монахами монастыря Шартре. Впослѣдствіи Нолле убѣдился, что форма сосуда не имѣетъ вліянія на результатъ опыта, а англійскій физикъ Ветсонъ доказалъ, что чѣмъ тоньше стекло банки, тѣмъ ударъ бываетъ сильнѣе. Бевисъ, въ Англии, замѣнилъ воду оловянными опилками, а на внѣшней поверхности банки наклеилъ оловянный листъ. Такимъ образомъ Лейденская банка получила наконецъ то устройство, какое она имѣетъ въ настоящее время. На рис. 1. изображена банка современнаго типа; здѣсь *E* внѣшняя обкладка, состоящая изъ оловяннаго листа, *C*—оканчивающійся шарикомъ *a* изогнутый мѣдный кондукторъ, конецъ котораго опущенъ въ оловянные опилки *J*, наполняющіе банку на  $\frac{2}{3}$  ея высоты. Свободная внѣшняя поверхность банки покрыта

\*) Петръ Ванъ Мушенбрекъ, рожденный въ Лейденѣ (Голландія) въ 1692 г., докторъ философіи, докторъ медицины, учился въ Лондонѣ у Ньютона и принялъ его идеи; онъ былъ профессоромъ философіи и астрономіи въ Утрехтѣ, а впослѣдствіи профессоромъ философіи въ Лейденѣ. Умеръ въ 1761 году.

лакомъ, чтобы воспрепятствовать перескакиванію искръ между опилками и внѣшнюю обкладкою *E*.

Ни Мушенбреку, ни Полле, ни другимъ не удалось, однако, объяснить дѣйствіе лейденской банки. Теорія ея была установлена знаменитымъ Фрапклиномъ, послѣ цѣлой серіи остроумно обставленныхъ опытовъ. За недостаткомъ мѣста мы принуждены ограничиться одною теоріею. Когда кондукторъ банки сообщенъ съ машиною, то внутренняя обкладка ея получаетъ электрическій зарядъ, скажемъ, положительный. Это положительное электричество разлагаетъ естественное электричество внѣшней обкладки; оно притягиваетъ отрицательное электричество и отталкиваетъ положительное, которое чрезъ тѣло экспериментатора, держащаго въ рукѣ банку, и уходитъ въ землю. Положительное электричество внутренней и отрицательное внѣшней обкладки стремятся взаимно соединиться, но этому соединенію препятствуетъ стѣнка (стеклянная) банки. По мѣрѣ накопленія положительнаго электричества во внутренности банки усиливается электрическое напряженіе на внѣшней обкладкѣ—электричество накапливается на послѣдней. Понятно, что если держать одною рукою банку, а другою прикоснуться къ кондуктору, то противоположныя электричества соединяются чрезъ тѣло экспериментатора и послѣдній почувствуетъ ударъ. То же самое происходило и въ опытѣ Мушенбрека, только внутреннюю обкладкою являлась вода, а внѣшнюю—рука физика. Если взять въ руку разрядникъ, состоящій изъ металлической дуги, укрѣпленной на стеклянной рукояткѣ, и прикоснуться однимъ концомъ дуги къ кондуктору, а другимъ—къ внѣшней обкладкѣ банки, то банка разрядится, причемъ экспериментаторъ не почувствуетъ никакого удара.

Теорія лейденской банки, данная Франклиномъ, вполне примѣнима и къ другому прибору, служащему для сгущенія электричества—конденсатору. Конденсаторъ Эпинуса состоитъ изъ двухъ мѣдныхъ пластинокъ и помѣщенного между ними стекляннаго листа. Круги снабжены электрическими маятниками и уединены на стеклянныхъ ножкахъ, которыя

перемѣщаются вдоль поддерживающей ихъ мѣдной линейки и поэтому могутъ быть удалены или сближены по желанію. Для сгущенія обоихъ электричествъ на мѣдныхъ пластинкахъ, эти послѣднія приходятъ въ соприкосновеніе со стеклянною пластинкою; затѣмъ сообщаютъ одну изъ нихъ съ электрическою машиною, посредствомъ цѣпочки, а другую— съ землею. Пластинка, сообщенная съ машиною, собираетъ электричество и дѣйствуя черезъ вліяніе на пластинку, соединенную съ землею, вызываетъ на послѣдней сгущеніе электричества.

Франклинъ же первый устроилъ электрическую батарею, изъ лейденскихъ банокъ. Съ этою цѣлью онъ соединилъ кондукторы всѣхъ банокъ металлическимъ стержнемъ; чтобы соединить между собою и виѣшнія обкладки, онъ на дно ящика, въ которомъ помѣщалась батарея, положилъ оловянный листъ. Сила батареи возрастала съ числомъ составлявшихъ ее лейденскихъ банокъ.

Главнымъ примѣненіемъ статическаго электричества (отъ тренія) является громоотводъ, изобрѣтенный Франклиномъ.

Подобно всѣмъ физикамъ того времени, Франклинь былъ пораженъ сходствомъ электрической искры съ молніей. Въ то время, какъ академія въ Бордо наградила Варбере и Дижони за ихъ мемуары объ электричествѣ, и какъ Ромасъ писалъ свой трактатъ объ ударѣ молніи въ Тампуи, Франклинъ высказывалъ въ своихъ „письмахъ“ размышленія, которыя должны были установить тѣсную связь между молніей и электрическою искрою.

Франклинъ былъ горячій патріотъ и философъ, но не физикъ въ собственномъ смыслѣ слова. Тѣмъ не менѣе ему суждено было обезсмертить свое имя въ физикѣ, хотя не меньшей славы заслуживаютъ его труды, какъ политика и моралиста. Сынъ небогатаго фабриканта мыла, Веніаминъ Франклинъ былъ сначала ученикомъ на свѣчномъ заводѣ, потомъ служилъ въ типографіи, сдѣлался ея управляющимъ и наконецъ былъ избранъ президентомъ въ собраніи Пенсильванскихъ штатовъ. Франклинъ принималъ дѣятельное

участіе въ борьбѣ за освобожденіе Соединенныхъ Штатовъ и много содѣйствовалъ распространенію образованія между своими согражданами путемъ множества популярныя сочиненій для народа. Онъ умеръ въ 1790 году.

Приводимъ существеннѣйшіе пункты гипотезы Франклина, которою онъ старается объяснить сходство, или вѣрнѣе тождественность молніи и электрической искры. Излагая свою гипотезу, Франклинъ вмѣстѣ съ тѣмъ предлагаетъ физикамъ провѣрить всѣ ея пункты на опытѣ. 1) Молнія имѣетъ видъ зигзага, т. е. ломанной линіи; электрическая искра имѣетъ совершенно подобный видъ. 2) Молнія ударяетъ преимущественно въ высокіе и остроконечные предметы: башни, колокольни, высокія горныя вершины и проч.; точно также и всѣ остроконечные проводники болѣе доступны электричеству, чѣмъ ровныя поверхности. 3) Молнія всегда направляется по хорошимъ проводникамъ; электричество при разряженіи, напр., лейденской банки обнаруживаетъ то же свойство. 4) Какъ молнія, такъ и электрическая искра зажигаетъ горючіе вещества, плавить металлы, убиваетъ животныхъ. 5) Молнія лишаетъ естественные магниты ихъ магнетизма и перемѣщаетъ иногда полюсы; то же самое достигается и электричествомъ. Перѣдко разряды лейденской банки намагничивали полоски желѣза.

Но Франклинъ не ограничился тѣмъ, что установилъ тождество дѣйствія молніи и электрической искры. Онъ пошелъ далѣе и высказалъ предположеніе, что остроконечный желѣзный стержень, стоящій на высотѣ и соединенный съ землею, металлическимъ проводникомъ, долженъ притягивать электричество облаковъ и предупреждать такимъ образомъ удары молніи. Но, спрашивается, какимъ путемъ Франклинъ дошелъ до этой гипотезы? Дѣло въ томъ, что Франклинъ прямыми опытами первый показалъ, что остроконечные предметы имѣютъ свойство разсѣвать электричество; онъ открылъ, такъ называемое, *свойство острия*. Благодаря этому свойству, остроконечное тѣло, приближенное къ наэлектризованному предмету, отни-

маеть у послѣдняго его зарядъ. Установивъ свойства остріевъ Франклинъ задался идеею сдѣлать громоотводъ: установить на высокомъ мѣстѣ остроконечный проводникъ, чтобы онъ отводилъ (отнималъ) отъ грозовыхъ тучъ ихъ электричество.

„Письма Франклина къ Пьеру Колленсоу“, въ которыхъ онъ излагаетъ свое ученіе объ электричествѣ, имѣли большой успѣхъ въ Англии и вскорѣ затѣмъ во всей образованной Европѣ. Чтобы повѣрить справедливость идей Франклина, высказанныхъ въ его письмахъ, Бюффонъ поставилъ въ своемъ замкѣ Монбаръ длинный остроконечный желѣзный стержень, изолированный у основанія помощью смолы. Такой же приборъ былъ устроенъ Далибаромъ въ Марли. Какъ-то Далибаръ уѣхалъ изъ Марли и въ его отсутствіе случилась сильная гроза (1752 г.). Молодой человѣкъ Куаффье, которому Далибаръ поручилъ свой громоотводъ, во время грозы приблизилъ къ желѣзному стержню металлическую палочку на стеклянной рукояткѣ; между прутомъ и палочкой показались искры. Куаффье позвалъ своихъ сосѣдей, чтобы они посмотрѣли интересное явленіе. Спустя нѣсколько времени Далибаръ прочелъ Парижской академіи наукъ докладъ объ этомъ открытіи, возбуждившій всеобщій интересъ. Бюффону также удалось извлечь изъ прута, установленнаго имъ въ замкѣ Монбаръ, нѣсколько искръ.

Около того же времени Лемонье въ Парижѣ открылъ присутствіе электричества въ безоблачной атмосферѣ. Опытами надъ атмосфернымъ электричествомъ много занимался профессоръ Рихманъ, членъ Императорской С.-Петербургской академіи наукъ. Къ сожалѣнію, онъ палъ жертвою одного такого опыта. Рихманъ устроилъ надъ своимъ домомъ, громоотводъ, одинъ конецъ котораго, покоившійся на стеклянной трубѣ, оканчивался въ его лабораторіи. Громоотводъ во всѣхъ частяхъ своихъ былъ такъ тщательно изолированъ, что все электричество, притягиваемое позолоченнымъ остріемъ, передавалось проводнику. 6-го августа 1753 года, во время сильной грозы, Рихманъ хотѣлъ измѣрить электро-

метромъ напряженіе электричества на проводникѣ и приблизился къ нему на нѣкоторое разстояніе. Когда въ лабораторію вошелъ его помощникъ, Рихманъ, повернувшись къ входившему, печально еще приблизился къ проводнику и когда онъ былъ отъ него на разстояніи около одного фута, огненный шаръ голубоватаго цвѣта величиною въ кулакъ поразилъ его въ голову.

Запимаясь изслѣдованіями атмосфернаго электричества, Ромасъ, одинъ изъ выдающихся физиковъ своего времени, возымѣлъ идею пустить въ высокіе слои атмосферы бумажный змѣй, снабженный металлическимъ остріемъ и провести электричество на землю при помощи бечевки, на которой пускался змѣй. Ромасъ сообщил о своемъ намѣреніи своимъ друзьямъ, между которыми находились: Монтескье, Секонда отецъ и сынъ, Вивенсъ и братья Дютиль, одинъ изъ которыхъ взялся изготовить бумажный змѣй. 7-го іюня 1753 года Ромасъ во время сильной грозы сдѣлалъ опытъ. Змѣй былъ пущенъ на обмотанной мѣдною проволокою бечевкѣ въ 760 ф. длины, конецъ которой былъ привязанъ шелковымъ шнуромъ къ тяжелому камню, положенному на землю. Къ бечевкѣ, недалеко отъ начала шелка былъ подвѣшенъ металлическій цилиндръ, сообщенный съ мѣдною проволокою; изъ этого цилиндра Ромасъ и извлекалъ искры при помощи металлической трубки, посаженной на деревянную рукоятку. Сначала получались только небольшія искры, но, когда гроза усилилась и Ромасъ принужденъ былъ просить толпу любопытныхъ посторониться, искры становились все больше и сильнѣй, такъ что накопецъ достигали въ длину 12 дюймовъ, причемъ слышался сильный шумъ, напоминавшій свистъ кузнечнаго мѣха; весь проводникъ былъ окруженъ свѣтящимся столбомъ, дюйма въ 4 діаметромъ. Когда Ромасъ прекратилъ извлеченіе искръ, раздался сильный взрывъ, подобный удару грома, который былъ слышенъ далеко и произвелъ отъ разряда проводника въ землю. Впослѣдствіе Ромасу удавалось извлекать искры въ 9 и 10 футовъ длины, причемъ происходилъ взрывъ, подобный выстрѣлу изъ пистолета.

Многіе современники оспаривали у Ромаса самостоятельность его опытовъ, говоря, что онъ заимствовалъ идею ихъ у Франклина. Но въ настоящее время не подлежитъ болѣе сомнѣнію, что идея воспользоваться змѣемъ для изслѣдованія атмосфернаго электричества возникла у Ромаса вполне независимо отъ Франклина, хотя послѣдній и производилъ свои опыты съ шелковымъ змѣемъ раньше Ромаса.

При своихъ опытахъ съ змѣемъ въ окрестностяхъ Филадельфіи, Франклинъ пользовался пеньковою бечевкою, которая, намкнувъ отъ дождя, становилась хорошимъ проводникомъ электричества; бечева была прикрѣплена къ землѣ также шелковымъ шнуркомъ и къ ней былъ подвѣшенъ ключъ, изъ котораго извлекали искры. Франклину удавалось зажигать спиртъ, заряжать лейденскую банку и производить многіе опыты съ электричествомъ.

Первый громоотводъ былъ устроенъ Франклиномъ въ Филадельфіи въ 1760 году на домѣ одного купца. Онъ состоялъ изъ желѣзнаго стержня, имѣвшаго въ длину около 10 футовъ и въ діаметрѣ 5 линій и оканчивался наверху остриемъ. Къ нижнему концу стержня былъ прикрѣпленъ другой, соединенный съ длиннымъ желѣзнымъ проводникомъ, опущеннымъ въ землю. Случилось такъ, что вскорѣ послѣ того, какъ проводникъ былъ установленъ, произошла гроза; молнія ударила въ заостренный стержень и домъ остался цѣлъ и невредимъ.

Въ настоящее время примѣняются громоотводы двухъ системъ: обыкновенной или Франклиновской, и новой—Мельсановской. По первой системѣ на зданіе ставится одинъ высокій и заостренный стержень съ однимъ или нѣсколькими отвѣтвленіями, концы которыхъ снабжаются хорошими земными сообщеніями; проводы примѣняются мѣдные. По системѣ Мельсана, по защищаемому зданію протягивается большое число тонкихъ проволокъ изъ цинкованнаго желѣза, вмѣсто одного высокаго стержня примѣняется большое число низкихъ, снабжаемыхъ пучками остриевъ, и

устройства общія земныя соединенія для нѣсколькихъ проводовъ. Кромѣ этихъ двухъ системъ, въ настоящее время употребляются громоотводы смѣшанной системы.

Другія попытки примѣнить статическое электричество къ повседневной жизни—какъ, наир., телеграфы Чарльса Моррисона (1753 г.), сэра Френсиса Рональда и друг.—не увѣнчались успѣхомъ.

---

## ГЛАВА II.

### Электричество при химическихъ реакціяхъ.

Гальвани принадлежитъ основной опытъ, послужившій къ открытію динамическаго электричества или гальванизма, новой отрасли физики, столь замѣчательной по своимъ многочисленнымъ приложеніямъ.

Разсказываютъ, что съѣдобныя лягушки, предназначавшіяся въ супъ г-жѣ Гальвани, женѣ профессора анатоміи Болонскаго университета, женщины очень слабого здоровья, случайно попали въ лабораторію ея супруга, который замѣтилъ у этихъ лягушекъ сокращеніе мускуловъ каждый разъ, какъ изъ стоявшей вблизи электрической машины извлекали искры \*). По другой версіи, Гальвани (въ 1780 г.) случайно положилъ на деревянную подставку электрической машины, находившейся въ его лабораторіи, лягушку, заднія ноги которой были надрѣзаны ножницами и держались около хребта только двумя мускулами. Когда затѣмъ Гальвани приблизилъ кончикъ анатомическаго ножа къ различнымъ мускуламъ лягушки и вмѣстѣ съ тѣмъ извлекалъ искры изъ электрической машины, то замѣтилъ, что мускулы судорожно сокращались. Шестъ лѣтъ Гальвани производилъ свои опыты надъ дѣйствіемъ электричества

---

\*) См. *John Munro, The story of electricity*, p. 28.

на животный организмъ. Въ 1786 году онъ подвѣсилъ на желѣзномъ стержнѣ свѣже-приготовленную лягушку и продѣлъ мѣдный крючокъ чрезъ поясничные мускулы и нервы позвоночнаго столба. При этомъ онъ замѣтилъ, что каждый разъ, какъ крючокъ прикасался къ желѣзу, мускулы лягушки сокращались. Въ послѣдующихъ своихъ опытахъ Гальвани пользовался металлическою дугою (изъ одного или двухъ металловъ), причемъ однимъ концомъ дуги прикасался къ мускуламъ, другимъ—къ нервамъ; каждый разъ получались сокращенія мускуловъ. При этомъ сокращенія были особенно сильны, когда дуга состояла изъ двухъ металловъ. Гальвани приписалъ эти явленія существованію въ животномъ организмѣ электричества, и полагалъ, что это электричество, названное имъ жизненною жидкостью, проходя по металлической дугѣ отъ нервовъ къ мускуламъ, и производитъ сокращенія мускуловъ.

Съ такимъ объясненіемъ не согласился знаменитый итальянскій физикъ и профессоръ университета въ Павіи, Александръ Вольта. Онъ доказывалъ, что когда металлическая дуга, приводящая въ сообщеніе поясничные мускулы съ нервами, состоитъ изъ одного металла (напр. мѣди), то сокращеніе происходитъ отъ неодинаковыхъ свойствъ жидкостей: нервной и мышечной. Когда же дуга состоитъ изъ двухъ металловъ, то электричество возникаетъ вслѣдствіе прикосновенія этихъ металловъ и затѣмъ уже проходитъ въ члены лягушки и производитъ въ нихъ сокращеніе. Между Гальвани и Вольтой возникъ знаменитый споръ, въ которомъ принимали участіе большинство ученыхъ того времени, при чемъ одни стояли на сторонѣ Гальвани, другіе—на сторонѣ Вольты. Только итальянскій ученый Фабрици не былъ ни гальванистомъ, ни вольтаистомъ: по его мнѣнію сокращенія тѣла лягушки происходятъ вслѣдствіе химическаго дѣйствія жидкостей организма на металлическую дугу. Но во время жаркихъ споровъ на его гипотезу не обратили никакого вниманія, и никто не предполагалъ, что его-то объясненіе и будетъ вслѣдствіи принято наукою.

Въ 1799 году споръ былъ оконченъ: Вольта выступилъ съ своимъ столбомъ, объяснилъ его дѣйствіе и тѣмъ, какъ-бы, доказалъ бесполезность дальнѣйшихъ опроверженій гальванистовъ. Но побѣда эта была только кажущеюся, какъ увидимъ ниже.

Вотъ выдержка изъ письма Вольты къ президенту королевскаго общества въ Лондонѣ, въ которомъ онъ описываетъ устройство своего столба: „...Я взялъ нѣсколько дюжинъ небольшихъ кружковъ изъ мѣди, или лучше, серебра и такого же числа оловянныхъ, или, что еще гораздо лучше,—цинковыхъ кружковъ; кромѣ того, у меня имѣлись кружки изъ картона или кожи, способные впитывать въ себя много влаги или воды. Позаботившись затѣмъ о томъ, чтобы металлическіе кружки были возможно суше, а неметаллическіе возможно болѣе пропитаны простою водою, или что лучше,—соленою, я положилъ на столъ серебряный кружокъ и на него цинковый; на послѣдній—смоченный картонный кружокъ, на него серебряный, на послѣдній цинковый и опять картонный и т. д. Такимъ образомъ, у меня получился столбъ... Когда столбъ состоялъ изъ двадцати *паръ* (парою Вольта называлъ совокупность серебрянаго, цинковаго и картоннаго кружковъ), то онъ дѣйствовалъ уже на электрометръ и когда я прикасался одною рукою нижняго серебрянаго, а другою—верхняго цинковаго кружка, то чувствовалъ одинъ или нѣсколько слабыхъ ударовъ, напоминающихъ удары слабо заряженной Лейденской банки...“

Вольта объяснялъ дѣйствіе своего столба прикосновеніемъ разнородныхъ металловъ, смоченные же картонные кружки, по его мнѣнію, служили только проводникомъ; онъ не допускалъ въ явленіи участія химическаго дѣйствія: кружки картона, смоченные *подкисленною* водою, дѣйствовали, по его объясненію, лучше, вслѣдствіе большей электропроводности такой воды. Словомъ, Вольта упорно отрицалъ значеніе химическаго дѣйствія, которое является настоящимъ источникомъ возбужденія электричества. Удивительно, что Вольта ничего не говоритъ о томъ, что, послѣ нѣкотораго дѣйствія

столба, цинковая пластинка немного растворяется, покрываясь слоем соли (сѣрноокислаго цинка), тогда какъ мѣдная остается безъ измѣненія. Вольта не упоминаетъ также нигдѣ о разложеніи воды, которое производитъ его столбъ; впрочемъ, онъ умалчиваетъ еще о многихъ другихъ явленіяхъ и при томъ—умышленно. Невозможно допустить, чтобы такой искусный наблюдатель могъ *не замѣтить* всѣхъ этихъ явленій; очевидно, онъ умалчивалъ обо всемъ, что не согласалось съ его гипотезою прикосновенія.

Англійскіе ученые: фізіологъ Карлейль и физикъ Никольсонъ первые разложили воду при помощи вольтова столба и, такимъ образомъ, открыли для физики и химіи широкое поле изслѣдованія. Взявъ стеклянную трубку, наполненную водою и закрытую на обоихъ концахъ пробками, Никольсонъ и Карлейль пропустили чрезъ каждую пробку мѣдную проволоку. Поставивъ затѣмъ трубку вертикально, они соединили нижнюю мѣдную проволоку съ серебрянымъ кружкомъ, служившимъ основаніемъ столба, а верхнюю мѣдную проволоку—съ верхнимъ цинковымъ кружкомъ, составлявшимъ вершину столба. Сблизивъ затѣмъ концы мѣдныхъ проволокъ въ водѣ, наблюдатели замѣтили, что у конца нижней проволоки стали отдѣляться небольшіе пузырьки, между тѣмъ какъ конецъ верхней проволоки сталъ тускнѣть, а потомъ окрасился въ оранжевый и наконецъ черный цвѣтъ. Такимъ путемъ Никольсонъ и Карлейль открыли, что электрической токъ, даваемый вольтовымъ столбомъ, разлагаетъ воду на ея составныя части: водородъ, выдѣляющійся въ видѣ пузырьковъ на концѣ нижней проволоки, и кислородъ, соединяющійся съ мѣдью проволоки и дающій съ нею окись мѣди.

Въ настоящее время для разложенія воды употребляютъ приборъ (вольтаметръ), состоящій изъ трехъ сосудовъ: резервуара съ водою и двухъ опрокинутыхъ въ него вертикальныхъ закрытыхъ сверху стеклянныхъ трубокъ, въ нижнихъ концахъ которыхъ оканчиваются платиновые электроды; тогда водородъ собирается въ трубкѣ надъ отрицательнымъ

электродомъ, а кислородъ—въ трубкѣ надъ положительнымъ электродомъ (такъ какъ платина не окисляется).

Опытъ Никольсона и Карлейля послужилъ, такъ сказать, первымъ толчкомъ къ цѣлому ряду изслѣдованій надъ разложеніемъ тѣлъ токомъ. Такъ, Круиксханкъ разложилъ при помощи вольтова столба окислы металловъ, а знаменитый Гумфри Деви — многія сложныя тѣла. Подробно объ этихъ вопросахъ мы поговоримъ въ особой главѣ.

Вертикальный столбъ Вольты имѣетъ важный недостатокъ: отъ давленія вышележащихъ нарѣ въ нижнихъ суконыхъ (или картонныхъ) кружкахъ жидкость вытекаетъ, вслѣдствіе чего ослабѣваетъ химическое дѣйствіе между металломъ и жидкостью, а потому и токъ, даваемый столбомъ, ослабѣваетъ. Вотъ почему физики старались видоизмѣнить вольтовъ столбъ. Для устраненія сказаннаго недостатка Круиксханкъ предложилъ въ 1802 году горизонтальный столбъ слѣдующаго устройства. Въмѣсто кружковъ онъ взялъ прямоугольныя пластинки мѣди и цинка, прикасающіяся другъ къ другу и укрѣпленные на днѣ ящика такимъ образомъ, что образовали желоба, въ которыя наливалась подкисленная вода. Горизонтальный столбъ Круиксханка долгое время употреблялся во всѣхъ лабораторіяхъ и послужилъ для многихъ замѣчательныхъ открытій, пока наконецъ были изобрѣтены гальваническіе элементы, совершенно вытѣспившіе изъ употребленія столбы Вольты, Круиксханка, Волластана.

Первый элементъ былъ построенъ Вольтой и состоитъ изъ цинковой и мѣдной пластинокъ, опущенныхъ въ подкисленную сѣрною кислотою воду; если соединить проводникомъ обѣ пластинки, то въ немъ получается токъ, направленный отъ катода-мѣди къ аноду-цинку.

Замѣтимъ, что Вольта построилъ цѣлую батарею такихъ элементовъ и назвалъ свой аппаратъ: *pile à couppe de tasses*, при чемъ соединеніе устроилъ послѣдовательное: цинкъ одного элемента—съ мѣдью другого. Каждый стаканъ,

содержащій подкисленную воду, пластинку мѣди и пластинку цинка, онъ называлъ *парюю*.

Мѣдная пластинка въ элементѣ Вольты, очевидно, подвержена поляризаціи, вслѣдствіе выдѣляющагося на ней водорода. Весьма большое химическое сродство водорода въ моментъ его выдѣленія и стремленіе его вновь соединиться съ кислородомъ разложенной воды вызываетъ въ элементѣ обратный, или, какъ его называютъ, *поляризаціонный* токъ, ослабляющій основной токъ элемента. Такимъ образомъ поляризація является вреднымъ дѣятелемъ въ элементахъ и всѣ стремленія усовершенствователей гальваническихъ элементовъ были направлены на уничтоженіе поляризаціи. Главнымъ дѣятелемъ поляризаціи является водородъ, поэтому, для уничтоженія ея стремились воспрепятствовать выдѣленію водорода на отрицательномъ электродѣ и заставить этотъ водородъ принимать участіе въ какихъ нибудь побочныхъ химическихъ реакціяхъ.

Послѣ многочисленныхъ попытокъ Даниелю удалось построить элементъ, не дающій поляризаціоннаго тока. Даниель



Рис. 4.

нашелъ, что растворъ сѣрнокислаго цинка даетъ желаемое дѣйствіе, но что для этого его надо разъединить отъ окисленной воды, въ которую былъ погруженъ цинкъ. Поэтому, онъ раздѣлилъ сосудъ, въ которомъ помещалась вольтова пара, при помощи пористой стѣнки на два отдѣленія: въ одно изъ нихъ онъ помѣстилъ электроотрицательный металлъ и кислоту, въ другое — электроположительный металлъ и растворъ сѣрнокислой мѣди.

Устройство и дѣйствіе элемента Даниеля слѣдующія. (См. рис. 4). Въ стеклянный сосудъ вставляется цилиндрическая пластинка мѣди, внутрь ея опускается пористый глиняный горшокъ, въ который вкладывается цинковая палочка. Цинкъ и мѣдь соединяютъ проволокою. Въ горшокъ наливается вода,

подкисленная сѣрною кислотою, а въ сосудъ, между стѣнками его и горшкомъ, наливается растворъ мѣднаго купороса. Отъ дѣйствія цинка на сѣрную кислоту, выдѣляется водородъ, который, проходя черезъ поры горшка къ мѣдной пластинкѣ чрезъ растворъ мѣднаго купороса, выдѣляетъ изъ послѣдняго мѣдь, становясь на ея мѣсто. Поэтому изъ мѣднаго купороса и водорода образуется сѣрная кислота и мѣдь. Получающаяся новая сѣрная кислота пополняетъ ея расходъ въ глиняномъ горшкѣ, а мѣдь осаждается на мѣдной пластинкѣ. Отдѣляющіяся частицы цинка и сѣрнокислаго цинка не попадаютъ на мѣдь, такъ какъ задерживаются въ порахъ глинянаго сосуда.

Пористая перегородка служитъ только для замедленія смѣшенія двухъ раздѣляемыхъ ею жидкостей; цинкъ въ элементѣ Даниеля обыкновенно амальгамируется, т. е. покрывается слоемъ раствора цинка въ ртути—цинковой амальгамой, препятствующей растворенію цинка въ кислотѣ, пока элементъ не замкнутъ.

Въ элементѣ Грове имѣются двѣ кислотныя жидкости. Растворъ сѣрнокислой мѣди замѣненъ здѣсь азотною кислотою. Этотъ элементъ, подвергшійся только несущественному преобразованію, употребляется въ настоящее время подъ названіемъ элемента Бунзена; послѣдній состоитъ изъ пластинки прессованнаго угля (у Грове вмѣсто угля была взята платина) въ растворѣ азотной кислоты, отдѣленной пористой перегородкой отъ цинка въ растворѣ сѣрной кислоты. Здѣсь веществомъ, вступающимъ въ соединеніе съ водородомъ и, слѣдовательно, устраняющимъ поляризацію, служитъ азотная кислота. Водородъ раскисляетъ ее въ низшіе окислы, растворяющіеся въ жидкости, или выдѣляющіеся изъ нея. Неудобство его состоитъ въ выдѣленіи удушливыхъ паровъ кислородныхъ соединеній азота.

Сообщаемъ нѣкоторыя подробности о томъ, какъ Грове изобрѣлъ свой элементъ.

Въ 1839 году англійскій химикъ Грове пытался усовер-

шенствовать элементъ Волластона (Wollaston) \*), желая уничтожить въ немъ поляризацію. Съ этой цѣлью онъ произвелъ весьма любопытный опытъ. Помощью воска Грове приклеилъ ко дну стекляннаго сосуда головку курительной трубки. Во внутренность трубки онъ налилъ немного азотной кислоты, а въ стаканъ—соляной кислоты. Затѣмъ въ соляную кислоту были опущены два листика золота, которые, по прошествіи часа, нисколько не утратили своего металлическаго блеска. Далѣе, золотая проволока была расположена такимъ образомъ, чтобы она прикасалась одновременно и къ азотной кислотѣ и къ концу одного изъ листиковъ золота. Этотъ послѣдній листикъ мгновенно растворился, тогда какъ золотая проволока и другой листикъ не претерпѣли никакого измѣненія; наконецъ, гальванометръ, установленный между двумя листиками, опущенными въ обѣ кислоты, показалъ присутствіе необычайно сильнаго тока, причемъ растворившійся листикъ представлялъ катодъ, а неизмѣнившійся листикъ золота—анодъ. Изъ этого опыта Грове заключилъ, что, вслѣдствіе воздѣйствія двухъ кислотъ другъ на друга, образуется токъ, который разлагаетъ кислоту; вслѣдствіе этого разложенія раскисляется азотная кислота и освобождается хлоръ изъ соляной (хлористоводородной) кислоты и этотъ хлоръ, отдѣляясь на отрицательной пластинкѣ, растворяетъ золото, и проч. Этотъ опытъ и сдѣланныя изъ него выводы и послужили исходною точкою для изобрѣтенія элемента съ двумя кислотами. Впослѣдствіе Грове замѣнилъ положительную золотую пластинку платиновою, а отрицательную—цинкомъ; соляную кислоту онъ замѣнилъ водою, подкисленною сѣрною кислотою.

---

\*) Послѣдній состоитъ изъ мѣднаго листа, согнутаго въ видѣ буквы U, въ который вкладывается цинковая пластинка; чтобы цинкъ не прикасался къ мѣди, между ними вставлены деревянные клинья; такая пара Волластона опускается въ сосудъ съ подкисленною сѣрною кислотою водою. Элементъ Волластона состоитъ изъ послѣдовательнаго соединенія такихъ паръ.

Поггендорфъ предложилъ замѣнить азотную кислоту (имѣющую вышеупомянутое неудобство) въ элементѣ Вуллена хромовою кислотою, или, вслѣдствіе трудности добычя послѣдней, смѣсью двуххромокалиевою солью съ сѣрною кислотою. Здѣсь тѣломъ, устраняющимъ поляризацію, (деполяризаторомъ) является двуххромокалиевая соль, изъ которой водородъ вытѣсняетъ металлъ калий и становится на его мѣсто. Это поддало мысль Грене устроить свой бутылочный элементъ. Въ крышку, закрывающую стеклянный сосудъ *A*, вставляются три мѣдныхъ стержня *к*, *с*, *л*; изъ нихъ средній (*с*) можетъ подниматься и опускаться и къ нему прикрѣпляется цинковая пластинка *и* (см. рис. 5). Къ двумъ же крайнимъ стержнямъ прикрѣпляется по коксовой пластинкѣ. Въ сосудъ наливается жидкость, составленная изъ смѣси двуххромокалиевой соли и сѣрной кислоты. При поднятомъ вверхъ цинкѣ жидкость не доходитъ до него. Опусканіе цинка приводитъ элементъ въ дѣйствіе, подниманіе—прекращаетъ дѣйствіе.

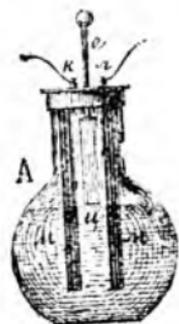


Рис. 5.

Многочисленные недостатки, которыми страдаютъ элементы, въ которыхъ деполяризаторомъ служатъ кислоты, побудили французскаго инженера Лекланше въ 1867 году замѣнить ихъ легко разлагающимися кислородными соединеніями, напр., перекисью марганца. Элементъ Лекланше, пользующійся теперь громадною распространенностью, состоитъ изъ угольной пластинки, погруженной въ глиняный сосудъ и засыпанной въ немъ смѣсью изъ перекиси марганца (пиролюзита) и толченаго ретортнаго угля; этотъ пористый сосудъ погружается рядомъ съ цинковою палочкою въ растворъ нашатыря (см. рис. 6). Выдѣляющійся водородъ раскисляетъ перекись марганца и образуетъ съ освобожденнымъ кислородомъ воду. Деполяризація въ элементѣ Лекланше происходитъ довольно медленно; поэтому, имъ можно пользоваться только въ тѣхъ случаяхъ, когда не требуется непрерывная служба, напримѣръ, для приведенія

въ дѣйствіе звонковъ и телеграфныхъ аппаратовъ. Въ этихъ случаяхъ онъ оказался однимъ изъ лучшихъ элементовъ, какъ по своей дешевизнѣ, такъ и по продолжительности своей службы. Лекланше два раза видоизмѣнялъ свой элементъ: въ первый разъ онъ замѣнилъ пористый сосудъ прессованнымъ цилиндромъ изъ смѣси пиролюзита и кокса, окружавшимъ уголь; потомъ онъ замѣнилъ цилиндръ двумя прессованными брикетами, прижимающимися къ углю резинками.

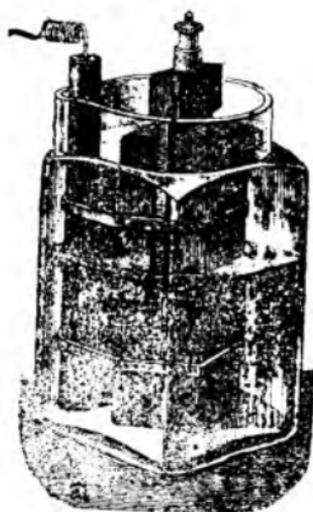


Рис. 6.

Элементъ Лекланше послужилъ основою для изобрѣтенія *сухихъ элементовъ*, т. е. гальваническихъ элементовъ, въ которыхъ дѣйствующая жидкость находится не въ свободномъ видѣ, но пропитываетъ какое нибудь пористое вещество. Такіе элементы, которыхъ въ послѣднее время предложено очень много, представляютъ большія удобства въ тѣхъ случаяхъ, когда необходимо полное отсутствіе надзора за элементами, или когда ихъ приходится часто переносить съ мѣста на мѣсто.

Хотя изобрѣтатели элементовъ и стараются удешевить пользованіе ими, заставляя элементы вырабатывать въ видѣ продуктовъ реакцій, въ нихъ происходящихъ, цѣнные химическія соединенія, но все-таки можно ожидать, что въ будущемъ, съ развитіемъ электротехники, они или вполнѣ будутъ вытѣснены, или будутъ замѣнены въ большинствѣ случаевъ своего примѣненія значительно болѣе удобными аккумуляторами.

Намъ остается еще сдѣлать краткій обзоръ гипотезъ, создававшихся для объясненія дѣйствія элемента Вольты, а, слѣдовательно, и всѣхъ гальваническихъ элементовъ прототипомъ которыхъ онъ является.

Для доказательства своей гипотезы, по которой элек-

тричество въ парѣ возникаетъ вслѣдствіе соприкосновенія двухъ разнородныхъ металловъ (и вообще тѣлъ), Вольтъ производилъ слѣдующій основной опытъ, описываемый въ каждомъ учебникѣ физики. Онъ бралъ металлическую пластинку, состоящую изъ спаянныхъ между собою цинковой и мѣдной пластинокъ, причемъ въ рукѣ держалъ цинковую, а мѣдною прикасался къ снабженному стеклянною ручкою мѣдному диску, положенному на верхній мѣдный дискъ, электроскопа съ золотыми листочками (см. рис. 7). Затѣмъ онъ прикасался пальцемъ другой руки къ пижмѣ мѣдному диску электроскопа, отводя такимъ образомъ его электричество въ землю.

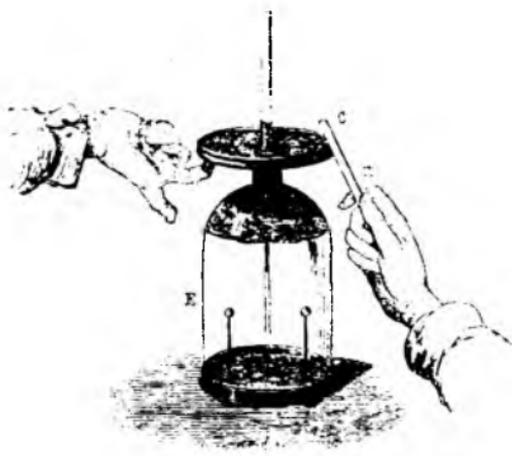


Рис. 7.

Отнимая теперь верхній мѣдный дискъ, взявъ его за стеклянную ручку, онъ замѣтилъ, что листочки электроскопа расходились, вслѣдствіе электричества, перешедшаго на нихъ отъ нижняго мѣднаго диска.

Для объясненія образованія электричества при соприкосновеніи двухъ металловъ, Вольтъ допустилъ существованіе особой *электровозбудительной силы*, подъ дѣйствіемъ которой одно тѣло заряжается положительно, другое—отрицательно. Электровозбудительная сила возникаетъ мгновенно и ея напряженіе зависитъ отъ природы соприкасающихся тѣлъ; слѣдовательно, количество электричества, накапливающееся на какомъ-нибудь металлѣ, зависитъ отъ того, съ какимъ металломъ привести его въ соприкосновеніе.

Гипотеза соприкосновенія вызвала настолько вѣскія возраженія, что не могла устоять. Начать съ того, что допустить существованіе „электровозбудительной“ силы,

возникающей и постоянно возобновляющейся единственно вследствие соприкосновения двухъ тѣлъ, равносильно тому, чтобы допустить вѣчное движеніе. Въ самомъ дѣлѣ, по началу Вольты, одна и та же пара металловъ и одна и та же жидкость безпрестанно порождаютъ постоянный и непрерывный электрическій токъ. Разъ установившись, это явленіе должно существовать безъ всякаго перерыва, такъ какъ всѣ условія явленія не измѣняются: электровозбудительная сила, обладающая постоянною величиною и неизмѣнностью, и проводимость жидкости, которая во все время не измѣняется. Поэтому, пара Вольты, принимая его гипотезу,—ничто иное какъ дѣйствующій вѣчный двигатель.

На самомъ же дѣлѣ отклоненіе листочковъ электроскопа объясняется безъ всякихъ натяжекъ химическимъ дѣйствіемъ, возникающимъ между влажными пальцами экспериментатора и цинкомъ—этимъ легко окисляющимся металломъ. Дѣйствительно, единственный способъ удачно производить основной опытъ Вольты—смочить пальцы; если держать пластинку за конецъ ея изъ мѣди—металла труднѣе окисляющагося,—то электроскопъ не обнаруживаетъ никакого присутствія электричества; или если произвести опытъ въ пустотѣ, или въ атмосферѣ углекислоты, или азота, а не кислорода, то листочки электроскопа также не расходятся.

Во Франціи несостоятельность гипотезы Вольты была доказана Готеро, а въ Англiи—Волластономъ. вмѣстѣ съ тѣмъ появились гипотезы, объяснявшія образованіе тока въ вольтовомъ столбѣ химическимъ дѣйствіемъ. Изъ появившихся химическихъ гипотезъ наибольшею стройностью отличалась гипотеза, предложенная Парротомъ, русскимъ физикомъ, профессоромъ Дерптскаго университета. Паррота слѣдуетъ признать основателемъ этой теоріи. Въ 1801 г. были опубликованы первыя его соображенія по этому предмету; впоследствии онъ развилъ ихъ въ различныхъ мемуарахъ появившихся въ Германіи и позже въ его сочиненіи „Основанія теоретической физики“. Трудно понять, почему его идеи, выведен-

ныя почти всё изъ опытовъ, почти не произвели никакого впечатлѣнія на современныхъ физиковъ и гипотеза его была забыта.

Основателями позже принятой химической теоріи элемента слѣдуетъ признать Огюста де Ла Ривъ и Фарадэя. Фарадэй совершенно отвергалъ гипотезу соприкосновенія металловъ и въ своемъ мемуарѣ: „Причина дѣйствія voltaического элемента“, появившагося въ свѣтъ въ 1841 г., устанавливаетъ слѣдующія положенія: 1) при химическомъ дѣйствіи освобождается электричество; 2) токъ устанавливается въ тотъ моментъ, какъ начинается химическое дѣйствіе и прекращается вмѣстѣ съ послѣднимъ; 3) сила тока уменьшается каждый разъ, когда ослабѣваетъ химическое дѣйствіе; 4) направленіе тока мѣняется вмѣстѣ съ направленіемъ химическаго дѣйствія; 5) при отсутствіи химическаго дѣйствія не бываетъ и тока; 6) одно соприкосновеніе металловъ не можетъ вызвать образованія электричества.

Эти положенія Фарадэй вывелъ изъ цѣлаго ряда опытовъ. Для своихъ опытовъ онъ пользовался совершенно простыми приборами, позволяющими вполне ясно различить дѣйствіе соприкосновенія металловъ отъ дѣйствія, вызваннаго химическими реакціями; отсюда легко было видѣть, чему слѣдуетъ приписать появленіе тока: соприкосновенію или химическому дѣйствію. Опишемъ одинъ изъ опытовъ Фарадэя.

Въ сосудъ *N* (см. рис. 8), содержащій растворъ сѣрно-кислаго калия, онъ помѣщалъ платиновую пластинку *P'* и желѣзную—*F'*; въ другой сосудъ *M*, наполненный тѣмъ же рас-

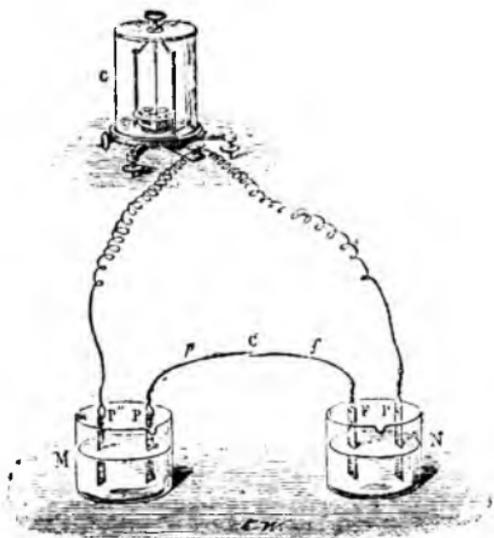


Рис. 8.

творомъ, онъ ставилъ двѣ платиновыя пластинки  $P$  и  $P'$ ; пластинки  $P'$  и  $P''$  онъ соединилъ съ гальванометромъ, а пластинки  $P'$  и  $P$ —между собою двумя проволоками: желѣзною  $f$  и платиновою  $p$ . Въ точкѣ  $C$  происходитъ соприкосновеніе двухъ разнородныхъ металловъ: платины  $p$  и желѣза  $f$  и, вмѣстѣ съ тѣмъ, тѣ же металлы погружены въ жидкость, не оказывающую на нихъ никакого химическаго дѣйствія. Стрѣлка гальванометра остается въ покоѣ; слѣдовательно, тока нѣтъ и соприкосновеніе металловъ не развиваетъ электричества. Если же въ мѣстѣ соприкосновенія помѣстить кусокъ бумаги, смоченный подкисленною сѣрною кислотою водою, то кислота дѣйствуетъ химически на желѣзо и стрѣлка гальванометра отклоняется, показывая, что токъ идетъ отъ желѣза къ платинѣ. Слѣдовательно, химическое дѣйствіе развиваетъ электричество.

Теорія Фарадѣя была подтверждена и разработана Джоулемъ, въ Англіи, и Фавромъ и Зильберманномъ, во Франціи. Эти экспериментаторы измѣрили количество теплоты, развивающееся въ проводникахъ во время прохожденія по нимъ непрерывнаго тока, и опредѣлили механическую работу, эквивалентную этому количеству теплоты. Они нашли при этомъ, что количество освобожденной теплоты какъ разъ равно тому ея количеству, которое развивается непосредственно при химическихъ соединеніяхъ, происходящихъ въ элементѣ, если соединенія эти образуются независимо отъ элемента (не въ немъ).

Изслѣдованія названныхъ и послѣдующихъ физиковъ выяснили ту тѣсную связь, которая существуетъ между электричествомъ, теплотою и химизмомъ, выяснили эквивалентность этихъ формъ энергіи и создали ученіе о единствѣ физическихъ силъ.

Намъ слѣдуетъ еще сказать нѣсколько словъ объ аккумуляторахъ. Аккумуляторы собираютъ доставляемую имъ энергію и отдаютъ ее обратно по желанію въ видѣ токовъ различной силы и напряженія.

Если пропускать токъ отъ элемента чрезъ воду, нали-

тую въ вольтаметрѣ, то вода разлагается на свои составныя части, при чемъ кислородъ собирается на анодѣ, водородъ — на катодѣ. Предположимъ теперь, что послѣ нѣкотораго времени дѣйствія элементъ будетъ выключенъ изъ цѣпи и анодъ съ катодомъ будутъ соединены проволокою; тогда водородъ и кислородъ начнутъ снова соединяться и гальванометръ обнаружитъ въ проводникѣ токъ, обратный первому. Этотъ токъ, открытый французскимъ физикомъ Готтеро, носитъ названіе *вторичнаго* или *поляризаціоннаго*, въ отличіе отъ первичнаго тока элемента, производившаго разложеніе воды. Сила и продолжительность этого тока зависятъ отъ свойствъ того раствора, чрезъ который пропускали токъ (отъ „электролита“), отъ природы веществъ, изъ которыхъ сдѣланы электроды, а также и отъ количества электричества, доставленнаго первичнымъ токомъ и употребленнаго на разложеніе электролита.

Первые аккумуляторы, получившіе практическое примѣненіе, были устроены французскимъ ученымъ Гастономъ Плантѣ, прославившимся многими остроумными изобрѣтеніями и изслѣдованіями. Аккумуляторъ Плантѣ состоитъ изъ стекляннаго сосуда, въ который наливается разведенная сѣрная кислота и погружаются двѣ свинцовыя пластинки, свернутыя въ цилиндрическія трубки. Чрезъ приготовленный такимъ образомъ аккумуляторъ пропускаютъ токъ, который разлагаетъ сѣрную кислоту; продукты разложенія дѣйствуютъ на свинцовыя электроды и, по истеченіи нѣкотораго времени, поверхность электрода, соединеннаго съ положительнымъ полюсомъ батареи покрывается красновато-бурымъ слоемъ перекиси свинца, а поверхность другого электрода—синеваато-сѣрымъ слоемъ соединенія водорода съ свинцомъ. Послѣ пропусканія тока въ теченіе 1,000 часовъ на электродахъ получаются довольно толстые слои соединеній; въ эту пору въ аккумуляторѣ имѣется значительный запасъ энергіи — онъ обладаетъ достаточною „емкостью“. При пропусканіи чрезъ аккумуляторъ тока, т. е. при его заряданіи, въ немъ накапливается нѣкоторое количество энер-

гін, которую затѣмъ можно расходовать по желанію, разряжая аккумуляторъ. Существуетъ еще много видовъ аккумуляторовъ типа Плантэ, напр., аккумуляторы Кабата, Монто, Ренье и друг., которые отличаются только формою и расположеніемъ пластинъ.

Происканіе тока чрезъ аккумуляторъ (для заряданія) требуетъ затраты значительной энергіи и много времени, а потому стоитъ довольно дорого. Чтобы избѣжать этого, Форъ предложилъ прямо налагать на свинцовые электроды слой окисловъ свинца. Съ этою цѣлью изъ свинца (съ прибавкою 6% сурьмы) отливаются рѣшетчатая пластинки, въ которыя впрессовываются окислы свинца. Въ положительныя пластинки впрессовываютъ сурикъ, въ отрицательныя—глетъ. Аккумуляторы Фора не требуютъ продолжительнаго пропусканія чрезъ нихъ тока и потому дешевле аккумуляторовъ типа Плантэ.

Для заряданія аккумуляторовъ въ настоящее время обыкновенно употребляютъ динамомашины и только въ рѣдкихъ случаяхъ батареи. Благодаря ихъ удобству, аккумуляторы получили широкое распространеніе. Примѣняются они и для освѣщенія и для приведенія въ движеніе электрическихъ двигателей и для многихъ другихъ цѣлей, гдѣ электрическая энергія требуется не постоянно, а только въ извѣстные промежутки времени.

---

### ГЛАВА III.

#### Термоэлектричество.

Берлинскій профессоръ Томасъ Зеебекъ (1770—1831 г.) замѣтилъ въ 1821 г., что если свободные концы двухъ спаянныхъ пластинокъ — сурьяной и висмутовой — соединить проволокой и нагрѣть спай на спиртовой лампѣ, то въ проводкѣ обнаруживается токъ, идущій отъ сурьмы къ висмуту. То же явленіе было замѣчено имъ и съ нѣкоторыми другими тѣлами. Двѣ спаянныя разнородныя металлическія

пластинки (какъ, напр., сурьмяная и висмутовая), свободные концы которыхъ соединены проволокою, составляютъ термоэлектрическую пару, которую можно до известной степени уподобить вольтаической парѣ, при чемъ химическое дѣйствіе подкисленной воды у Зеебека замѣнено тепловою энергіею.

Термоэлектрическая пара или термоэлементъ представляетъ примѣръ прямого превращенія тепловой энергіи въ энергію электрическую. Сила термоэлектрическаго тока въ известныхъ предѣлахъ пропорціональна разности температуръ спаевъ и зависитъ отъ природы веществъ, изъ которыхъ сдѣланы спаиваемыя пластинки.

Кромѣ сурьмы и висмута термоэлементы могутъ быть изготовлены изъ слѣдующихъ тѣлъ, спаиваемыхъ попарно:

Кобальтъ.

Калій.

Никкель.

Натрій.

Свинець.

Олово.

Мѣдь.

Платина.

Серебро.

Цинкъ.

Кадмій.

Мышьякъ.

Желѣзо.

Красный фосфоръ.

Теллуръ.

Селень.

При этомъ токъ въ проволокахъ всегда направленъ отъ нижестоящаго тѣла къ вышестоящему; такъ, напр., если сдѣлать термоэлементъ изъ цинка и желѣза, то по проволокахъ токъ пойдетъ отъ желѣза къ цинку, по элементу же—отъ цинка къ желѣзу. Замѣчено, что чѣмъ дальше какая-либо пара тѣлъ отстоитъ другъ отъ друга въ этомъ ряду, тѣмъ

силыѣе даваемый ими термоэлектрическій токъ. Такъ, висмутъ (мѣсто котораго въ ряду — выше кобальта) и селенъ даютъ самый сильный токъ; но селенъ дорогъ и неудобенъ для обращенія съ нимъ, а потому практическаго значенія такой термоэлементъ имѣть не можетъ.

Электровозбудительная сила термоэлементовъ весьма незначительна. Для ея увеличенія, соединяютъ обыкновенно нѣсколько термоэлементовъ послѣдовательно и такая комбинація ихъ носитъ названіе термоэлектрической батареи.

Въ 1823 году Эрстедтъ и Фурье построили первыя термоэлектрическія батареи, состоявшія изъ спаянныхъ вмѣстѣ висмутовыхъ и сурьмяныхъ пластинокъ. Впослѣдствіе Ноэ, Кламонъ, Гюльчеръ и другіе пользовались различными сплавами для составленія своихъ термоэлектрическихъ батарей. Для полученія тока во всѣхъ этихъ приборахъ четные спаи нагрѣваются въ сосудахъ съ кипящею водою, нечетные же спаи охлаждаются, чрезъ погруженіе ихъ въ толченый ледъ.

Наиболѣе употребительна батарея Нобили, пары которой состоятъ изъ спаянныхъ между собою сурьмяныхъ и висмутовыхъ пластинокъ; пара имѣетъ видъ лежачей буквы П. Въ батарее пары располагаются параллельно другъ другу, при чемъ послѣдняя висмутовая пластинка предыдущаго ряда припаивается своимъ загибомъ къ первой сурьмяной пластинкѣ послѣдующаго и т. д. Число паръ обыкновенно бываетъ отъ 25 до 30. Ряды паръ отдѣляются другъ отъ друга лакированной бумагой. Вся батарея включена въ мѣдную оправу, прикрѣпленную къ штативу. Два экрана, опускающихся или поднимающихся, смотря по желанію, позволяютъ падать тепловымъ лучамъ на тотъ или другой фазъ батареи.

Въ лабораторіяхъ термоэлектрическія батареи — весьма цѣнные приборы для опредѣленія ничтожныхъ измѣненій температуры и т. п.; вслѣдствіе своей чувствительности въ батареяхъ этихъ образуется токъ при самыхъ незначительныхъ колебаніяхъ температуры. При этихъ изслѣдованіяхъ

термоэлектрическую батарею соединяютъ, конечно, съ чувствительнымъ гальванометромъ. Были приготовлены настолько чувствительныя термоэлектрическія батареи, что при помощи ихъ можно было обнаружить теплоту отъ зажженной спички на разстояніи нѣсколькихъ ярдовъ \*) и отъ радіаціи звѣздъ.

Термоэлементъ обладаетъ свойствомъ обратимости. Другими словами, если взять двѣ спаянныя пластинки, наир., сурьмяную и висмутовую и пропустить чрезъ нихъ токъ, то мѣсто спая охладится. Это открытіе, впрочемъ, не нашло себѣ никакихъ практическихъ примѣненій.

Термоэлектрическія батареи примѣнялись во Франціи въ телеграфномъ дѣлѣ; кромѣ того, были попытки пользоваться ими для малыхъ установокъ электрическаго освѣщенія и для электродвигателей въ домашнемъ быту. Вообще же термоэлектрическія батареи—приборы будущаго.

Есть еще фотоэлектрическіе источники тока; въ термоэлементѣ теплота превращается въ электричество, въ фотоэлектрическомъ же элементѣ происходитъ превращеніе свѣтовой энергіи въ электрическую.

Фотоэлектрическіе элементы основаны на открытомъ Бекерелемъ въ 1839 году появленіи тока при освѣщеніи одной изъ двухъ погруженныхъ въ подкисленную воду металлическихъ пластинокъ. Явленія эти были затѣмъ ближе изслѣдованы профессоромъ П. Егоровымъ и Минчиномъ, но законы ихъ и до сихъ поръ еще не вполне выяснены. Несмотря на, повидимому, заманчивую возможность непосредственнаго превращенія солнечной энергіи въ энергію тока, этимъ приборамъ вѣроятно не суждено выйти изъ предѣловъ физическихъ лабораторій.

\*) *J. Munro, The story of electricity, p. 46.*

## ГЛАВА IV.

### Магнитизмъ.—Открытие Эрстеда.— Амперъ.—Араго.—Электро-магнитныя машины.

Одно весьма древнее преданіе гласитъ, что пастухъ Магнесъ, отыскивая однажды на горѣ Идѣ потерянную изъ стада овцу, почувствовалъ, что обувь его, подкованная желѣзомъ, и желѣзный наконечникъ палки сильно притягивались къ черноватому камню, на которомъ онъ остановился отдохнуть; камень этотъ былъ, вѣроятно, магнитный желѣзнякъ. Преданіе это свидѣтельствуешь, что магнитный желѣзнякъ былъ извѣстенъ уже въ глубокой древности \*).

Древнимъ грекамъ и римлянамъ магнитный желѣзнякъ былъ уже извѣстенъ и они называли его гераклейскимъ, магнитнымъ камнемъ или просто магнитомъ. Имъ было извѣстно, что магнитъ притягиваетъ желѣзо, но они не знали, что онъ обладаетъ способностью направляться однимъ концомъ своимъ на сѣверъ, и вообще они не извлекали изъ магнита никакой пользы. У Платона въ „Іонѣ“ говорится, что нѣсколько желѣзныхъ колець могутъ быть соединены въ цѣпь при помощи гераклейскаго камня. Лукрецій также описываетъ экспериментъ, въ которомъ желѣзные опилки приходятъ въ движеніе въ мѣдномъ бассейнѣ, подъ которымъ двигаютъ магнитъ.

Китайцы называли магнитный желѣзнякъ „ни-ти-чи“, т. е. камнемъ, притягивающимъ желѣзо. Имъ приписываютъ открытіе свойства магнита устанавливаться въ плоскости магнитнаго меридіана, другими словами, — указывать страны свѣта. Такъ, въ одномъ старинномъ французскомъ описаніи

\*) Слово магнитъ произошло, вѣроятно, отъ имени этого мифическаго пастуха Магнеса; другіе производятъ его отъ города Магнези (въ Малой Азіи), гдѣ еще въ древности были извѣстны мѣсторожденія магнитнаго желѣзняка.

говорится, что около 2635 г. до Р. Хр. великій императоръ Гоангъ III-й, преслѣдуя мятежнаго принца Чисеу, заблудился и ностроилъ колясочку, которая при помощи магнита помогла ему отыскать противника \*). Съ тѣхъ поръ, будто бы, магнитная колясочка всегда предшествовала въ церемоніяхъ китайскимъ императорамъ. Магнитная колясочка, по всей вѣроятности, была снабжена магнитомъ, плававшимъ на водѣ или вращавшимся на шпешкѣ.

Въ VII и VIII вѣкахъ нашей эры китайскіе купцы принимали далекія морскія путешествія. Рассказываютъ, что они употребляли при этомъ магнитную стрѣлку, указывавшую имъ путь чрезъ моря.

Въ Европѣ магнитная стрѣлка, заимствованная съ востока, сдѣлалась извѣстною не раньше двѣнадцатаго столѣтія. Норвежскій историкъ Ари Фроде сообщаетъ, что знаменитый викингъ Флокке Вильдергерсенъ, совершая свое плаваніе, во время котораго была открыта Исландія въ 868 году, пользовался двумя воронами для указыванія дороги, такъ что комната въ то время еще не былъ извѣстенъ сѣвернымъ народамъ Европы. Въ „Библи“, поэмѣ Гюйо-де-Прованса, поэта-трубадура при дворѣ Барбароссы, написанной около 1190 года, впервые упоминается о примѣненіи магнита въ Европѣ. Гюйо-де-Провансъ рассказываетъ, что моряки обладаютъ искусствомъ ориентироваться въ открытомъ морѣ, пользуясь магнитною стрѣлкою; послѣднюю они помѣщали въ сосудъ, наполненный водою, и заставляли плавать при помощи двухъ соломинокъ.

Во Францію плавающая магнитная стрѣлка была привезена крестоносцами, заимствовавшими ее, по всей вѣроятности, отъ арабскихъ путешественниковъ, а тѣ, въ свою очередь, — отъ китайцевъ. Но кому явилась счастливая мысль посадить магнитную стрѣлку на острие, съ достовѣрностью неизвѣстно. Итальянцы приписывали ее неаполитанскому капитану или штурману Флавіо Джіойя, по честь такого

\*) *J. Munro*, 1. с., р. 49.

изобрѣтенія у нихъ оспаривается. Англичане доказываютъ, что въ изобрѣтеніи компаса имъ принадлежитъ раздѣленіе круга, надъ которымъ вращается магнитная стрѣлка, на румбы.

Склоненіе магнитной стрѣлки \*) было открыто въ Европѣ въ XIV столѣтіи; позже Колумбъ наблюдалъ его во время своего знаменитаго путешествія въ 1492 году. Открытіе наклопенія \*\*) приписываютъ лондонскому мастеру компасовъ — Норману (1576 г.).

Важнѣйшее свойство магнитной стрѣлки, по которому она постоянно направляется однимъ концомъ къ сѣверу и снова приходитъ въ это положеніе, если ее отклонить отъ него, было объяснено Джильбертомъ, разсматривавшимъ земной шаръ, какъ громадныхъ размѣровъ естественный магнитъ.

Джильбертъ построилъ особый приборъ — „тереллу“, — представляющій землю въ миниатюрѣ; на этомъ приборѣ онъ ясно демонстрировалъ, какъ стрѣлка устанавливается въ плоскости меридіана, отъ чего происходятъ склоненіе и наклоненіе стрѣлки. При этомъ Джильбертъ, однако, полагалъ, что магнитные полюсы земли совпадаютъ съ географическими, чего въ дѣйствительности, какъ извѣстно, нѣтъ \*\*\*).

Джильбертъ нашелъ также, что однородные магнитные полюсы взаимно отталкиваются, а разнородные — взаимно притягиваются. Производя опыты съ свободно-подвѣшенною на ниткѣ магнитною стрѣлкою, онъ нашелъ, что если къ сѣверному концу стрѣлки приблизить сѣверный полюсъ магнита, то стрѣлка отталкивается и, наоборотъ, если къ тому

---

\*) Уголь, образуемый стрѣлкою, посаженною на вертикальное остріе, съ магнитнымъ меридіаномъ.

\*\*) Уголь, образуемый стрѣлкою, вращающеюся на горизонтальной оси, съ горизонтомъ.

\*\*\*) Сѣверный магнитный полюсъ былъ открытъ сэромъ Джономъ Россомъ, на берегу Boothia ( $70^{\circ}5'$  с. ш.,  $96^{\circ}16'$  в. д.); тамъ магнитная стрѣлка становилась отвѣсно. Южный полюсъ находится въ горной цѣпи Принца Альберта на Землѣ Викторіи и былъ почти достигнутъ сэромъ Джемсомъ Клеркомъ Россомъ. Въ настоящее время доказано, что магнитные полюсы подвержены періодическимъ перемѣщеніямъ.

же концу стрѣлки поднести южный полюсъ магнита, то послѣдній притянетъ стрѣлку. И т. д.

Куломбъ нашелъ, что свойство намагничиваться принадлежитъ не одному желѣзу, но и нѣкоторымъ другимъ тѣламъ, а Фарадэй показалъ въ 1845 году, что всѣ тѣла по отношенію ихъ къ магниту могутъ быть раздѣлены на двѣ группы: первую группу онъ назвалъ тѣлами *парамагнитными*, вторую—*діамагнитными*. Онъ нашелъ, что если свободно подвѣсить пластинку, сдѣланную изъ парамагнитнаго тѣла (напр., желѣза, никкеля) на шнуркѣ и приблизить къ нему магнитъ, то пластинка приметъ *полярное направленіе*, т. е. расположится по продолженію линіи, соединяющей магнитные полюсы; діамагнитное же тѣло приметъ *экваторіальное направленіе*, т. е. расположится по линіи перпендикулярной къ линіи полюсовъ.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ приведены парамагнитныя и діамагнитныя тѣла:

*Парамагнитныя.*

Желѣзо.  
Никкель.  
Кобальтъ.  
Алюминій.  
Марганецъ.  
Хромъ.  
Церій.  
Титанъ.  
Платина.  
Многія руды и соли вышеназванныхъ металловъ.  
Кислородъ.

*Діамагнитныя.*

Висмутъ.  
Фосфоръ.  
Сурьма.  
Цинкъ.  
Ртуть.  
Свинецъ.  
Серебро.  
Мѣдь.  
Золото.  
Вода.  
Алкоголь.  
Теллуръ.  
Селень.  
Сѣра.  
Талій.  
Водородъ.  
Воздухъ.

Свойства магнита притягивать мягкое желѣзо, полярность его и дѣйствіе его на другіе магниты замѣтны на извѣстномъ пространствѣ вокругъ полюсовъ магнита и это пространство, въ которомъ дѣйствуютъ магнитныя силы, называется *магнитнымъ полемъ* даннаго магнита. Строго говоря, магнитное поле магнита простирается безконечно далеко и только, вслѣдствіе быстраго ослабѣванія дѣйствующихъ въ немъ силъ, по мѣрѣ удаленія отъ полюсовъ магнита, нѣтъ возможности замѣтить присутствіе магнитнаго поля на значительномъ разстояніи отъ полюсовъ.

Для объясненія дѣйствія магнита въ прошломъ вѣкѣ была создана гипотеза магнитныхъ жидкостей, подобныхъ жидкостямъ электрическимъ, и теорія магнитныхъ вихрей Бернуллы и Эйлера. Несмотря на противорѣчія этихъ гипотезъ между собою и съ наблюденными фактами, онѣ держались до 1822 года, когда знаменитый физикъ Андре Мари Амперъ уподобилъ магнитъ скопленію мелкихъ частицъ желѣза, непрерывно обѣгаемыхъ электрическимъ токомъ; онъ показалъ, что внѣшнія дѣйствія такой системы молекулярныхъ токовъ совершенно подобны дѣйствію магнитовъ и тѣмъ основалъ гипотезу магнетизма, господствующую и теперь еще, и незнавшую соперниковъ до самаго послѣдняго времени. Однако, какъ гипотеза Ампера, такъ и вытѣсняющая ее теперь гипотеза англійскаго ученаго Юнга, рѣшаютъ лишь вопросъ о внутреннемъ строеніи магнита, не задаваясь вопросомъ о томъ, какимъ же образомъ магнитъ производитъ притягивающее и отталкивающее дѣйствіе на разстояніи.

Современная наука не допускаетъ возможности дѣйствія силъ на разстояніи безъ посредства промежуточной среды; приходится предположить, поэтому, что магнитныя дѣйствія передаются въ нѣкоторой средѣ—вѣроятно въ свѣтовомъ эфирѣ,—путемъ возмущеній въ расположеніяхъ его частицъ. Магнитное поле, установившееся вокругъ полюсовъ магнита, измѣняетъ состояніе этой среды, не вызывая въ то же время движенія частицъ ея; предполагаютъ, что вокругъ полюсовъ

магнита среда испытываетъ известное *натяженіе* и пространство, въ которомъ это натяженіе существуетъ, называется магнитнымъ полемъ. Возможно, что пройдетъ еще много времени, пока представленія наши о механизмѣ дѣйствія магнитныхъ и электрическихъ силъ на разстояніи будутъ объясняться съ тою же простотою, какъ колебанія эфирныхъ частицъ въ свѣтовомъ лучѣ.

Фарадѣй создалъ для облегченія представленія о дѣйствіяхъ магнита цѣлый міръ невидимыхъ направлений, окружающихъ съѣтью всѣ центры дѣйствій на разстояніи, направленія, по которымъ дѣйствуютъ магнитныя силы и которыя онъ назвалъ *линіями силъ*.

Рис. 9. уясняетъ вопросъ, какъ слѣдуетъ себѣ представить линіи силъ въ пространствѣ, окружающемъ магнитъ.

На рисункѣ изображенъ магнитный стержень, вокругъ котораго проведены линіи силъ его, исходящія изъ сѣвернаго полюса, входящія въ магнитъ у южнаго полюса и замыкающіяся въ замкнутыя кривыя сквозь

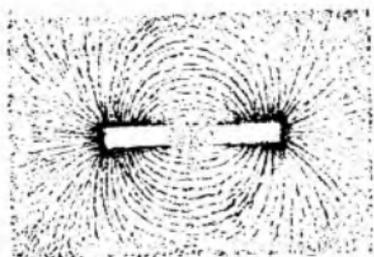


Рис. 9.

массу магнита. Ихъ представляютъ себѣ въ видѣ нематеріальныхъ гибкихъ, упругихъ нитей, соединяющихъ полюсы магнитовъ и обладающихъ слѣдующими основными свойствами, опредѣляющими ихъ положеніе въ пространствѣ.

1) Такъ какъ однополюсныхъ магнитовъ не существуетъ, то линіи силъ обязательно замкнуты, т. е. концы ихъ примыкаютъ къ противоположнымъ полюсамъ магнита.

2) Линіи силъ стремятся сжаться по своей длинѣ, подобно растянутымъ резиновымъ шнуркамъ.

3) Линіи силъ, проходящія въ противоположныхъ направленіяхъ, притягиваютъ другъ друга, направленныя же въ одну и ту же сторону взаимно отталкиваются. Эти два свойства линій силъ вполне объясняютъ всѣ явленія взаимодѣйствія магнитовъ.

4) Чѣмъ сильнѣе магнитъ, тѣмъ большее число линій силъ исходить изъ одного его полюса и примыкаетъ къ другому. Основываясь на этомъ, измѣряютъ силу магнитнаго поля числомъ линій силъ, проходящихъ чрезъ квадратный сантиметръ нѣкоторой плоскости, проведенной перпендикулярно къ линіямъ силъ. *Равномѣрнымъ* называется такое магнитное поле, въ которомъ число линій силъ во всѣхъ частяхъ этой плоскости оказывается одинаковымъ; если же число это не одинаково, то магнитное поле называется *неравномѣрнымъ*.

Если въ магнитное поле, образовавшееся вокругъ магнита, внести брусокъ изъ какого-либо магнитнаго тѣла, напр., желѣза, то распредѣленіе линій силъ въ полѣ измѣнится: большое количество линій силъ, пройдя изъ одного полюса магнита, вступить въ одинъ копецъ бруска, пройдетъ чрезъ него и, выйдя изъ другого его конца, примкнетъ къ другому полюсу магнита. При этомъ брусокъ самъ станетъ магнитомъ, расположеніе полюсовъ котораго зависитъ отъ направленія проходящихъ чрезъ него линій силъ.

Пусть дано неравномѣрное магнитное поле, въ одной какой-нибудь части котораго расположенъ проводникъ; если быстро перемѣстить проводникъ въ другую часть магнитнаго поля (въ которой напряженность его большая или меньшая), то, какъ показываетъ опытъ, въ проводникѣ появляется мгновенный токъ, длящійся все время, пока проводникъ находится въ движеніи. Изъ опытовъ найдено, что напряженность возбужденнаго въ проводникѣ тока прямо пропорціональна скорости движенія его и разности между напряженностями магнитнаго поля въ двухъ конечныхъ положеніяхъ проводника въ пространствѣ. Направленіе тока въ проводникѣ зависитъ отъ направленія линій силъ, перерѣзываемыхъ имъ, и отъ того движется-ли онъ по направленію къ усиливающемуся или ослабѣвающему магнитному полю. Полученные такимъ путемъ электрическіе токи называются *наведенными* или *индуктированными*, само же явленіе — *магнитною индукціею*.

Указанное весьма замѣчательное свойство линий силъ было открыто Фарадеемъ въ 1831 году; это открытіе составляетъ эру въ исторіи электротехники, такъ какъ оно указало единственный практически-примѣнимый теперь путь для добыванія электрической энергіи; нынѣшнія динамомашинны—только осуществленія въ громадныхъ размѣрахъ тѣхъ скромныхъ магнитовъ и витковъ проволоки, съ помощью которыхъ Фарадэй сдѣлалъ свое великое открытіе.

При изложеніи исторіи электричества и магнетизма очень трудно сохранить хронологическую послѣдовательность различныхъ открытій. Говоря о магнетизмѣ пришлось упомянуть уже объ изслѣдованіяхъ Фарадея, тогда какъ одиннадцатью годами раньше было сдѣлано не менѣе важное открытіе коненгагенскимъ профессоромъ Эрстедомъ. Но, желая покончить съ магнетизмомъ, мы принуждены были забѣжать нѣсколько впередъ.

Въ 1820 г. Христіанъ Эрстедъ замѣтилъ, что токъ, проходящій по проводокѣ, натянутой надъ свободно вращающеюся магнитною стрѣлкою, отклоняетъ послѣднюю, такъ что она выходитъ изъ плоскости магнитнаго меридіана. Это открытіе, послѣ котораго началась совсѣмъ новая эпоха въ исторіи электричества, оказалось необыкновенно плодотворнымъ: оно объединило двѣ до тѣхъ поръ совершенно отдѣльныя области—электричества и магнетизма—и повлекло за собою непрерывный рядъ новыхъ открытій.

Эрстедъ взялъ магнитъ, свободно подвѣшанный на нити и лежащій въ плоскости магнитнаго меридіана, и приблизилъ къ нему проводникъ, по которому токъ шелъ по направленію—отъ южнаго къ сѣверному полюсу магнита; тогда онъ замѣтилъ, что магнитъ отклонился вправо; расположивъ проводникъ надъ магнитомъ и пропустивъ токъ отъ юга къ сѣверу, онъ замѣтилъ, что сѣверный конецъ магнита отклонился влѣво.

Было бы трудно во всякомъ отдѣльномъ случаѣ предсказать направленіе, въ которомъ отклонится магнитъ, если бы, спустя нѣкоторое время послѣ открытія Эрстеда, Амперъ

не далъ простаго правила, которое и извѣстно подѣ именемъ „правила Ампера“. Правило свое Амперъ высказалъ въ слѣдующихъ словахъ: „представимъ себѣ, что мы сами находимся въ гальваническомъ токѣ такимъ образомъ, что направленіе его идетъ отъ нашихъ ногъ къ головѣ и что наше лицо обращено къ магнитной стрѣлкѣ; тогда отклоненіе сѣвернаго конца стрѣлки всегда будетъ въ направленіи вытянутой лѣвой руки“.

Если стрѣлку вставить въ катушку изъ цѣлаго ряда оборотовъ проволоки, то, основываясь на правилѣ Ампера, легко убѣдиться, что всѣ части проволоки будутъ стремиться повернуть стрѣлку въ одномъ и томъ же направленіи. Дѣйствіе отъ этого усилится. Если вмѣсто одного оборота проволоки ихъ взять 2, 3 . . . 1000, то дѣйствіе при одной и той же силѣ тока будетъ вдвое, втрое, . . . въ тысячу разъ сильнѣе и мы такимъ образомъ получимъ приборъ, который отклоненіемъ стрѣлки обнаруживаетъ самый слабый токъ. Такой приборъ называется гальваноскопомъ, если онъ служитъ только для опредѣленія направленія тока, или же — гальванометромъ, если снабженъ устройствомъ, позволяющимъ опредѣлить съ помощью его и силу тока.

Опытъ показалъ, что если на проводникъ, по которому идетъ токъ, насыпать желѣзныхъ опилокъ, то послѣдніе притянутся къ нему, образуя концентрическіе слои. Это показываетъ, что вокругъ каждаго проводника, по которому идетъ токъ, образуется магнитное поле, при чемъ линіи силъ расположены въ видѣ ряда замкнутыхъ концентрическихъ кривыхъ, бесконечно удаляющихся въ пространство и расположенныхъ въ плоскости перпендикулярной къ проводнику; если сѣченіе проводника есть кругъ, то и линіи силъ представляютъ систему концентрическихъ окружностей. Вблизи проводника линіи силъ расположены густо, близко другъ къ другу, съ удаленіемъ же отъ проводника и уменьшеніемъ напряженности образованнаго имъ магнитнаго поля, разстояніе между отдѣльными линіями стано-

вится все больше и больше. Возникшее подъ вліяніемъ тока магнитное поле ничѣмъ не отличается отъ подобнаго поля, возникающаго около магнита и линіи силъ его обладаютъ всѣми свойствами линій силъ, расположенныхъ между полюсами магнита. Такимъ образомъ, опытъ Эрстеда вполне объясняется закономъ взаимодѣйствія магнитовъ другъ на друга.

Открытие Эрстеда привело Ампера къ цѣлому ряду въ высшей степени плодотворныхъ открытій. При своихъ опытахъ Амперъ придавалъ проводнику, по которому идетъ токъ, особенную форму, названную имъ соленоидомъ. Соленоидъ состоитъ изъ спиральныхъ оборотовъ проволоки, которые своею совокупностью образуютъ подобіе трубки. Подвѣсивъ соленоидъ на проволочкѣ къ подставкѣ совершенно свободно, Амперъ пропускалъ чрезъ него токъ, при чемъ соленоидъ могъ вращаться. Когда тока не было, соленоидъ оставался въ равновѣсіи въ любомъ положеніи, во время же пропусканія тока онъ поворачивался и останавливался въ плоскости магнитнаго меридіана и, вмѣстѣ съ тѣмъ, становился настоящимъ магнитомъ.

Амперъ нашелъ, что соленоидъ обладаетъ сѣвернымъ и южнымъ полюсами. Когда онъ подносилъ къ его сѣверному полюсу сѣверный полюсъ магнита, то замѣчалъ отталкиваніе соленоида, а когда подносилъ южный полюсъ магнита—притяженіе.

Многочисленные опыты, производившіеся Амперомъ въ этомъ направленіи, привели его къ упомянутой выше гипотезѣ магнетизма. Отвергая прежнюю гипотезу магнитныхъ жидкостей, онъ доказываетъ, что въ каждомъ магнитѣ вокругъ частицъ его обращаются гальваническіе токи, которые своею совокупностью образуютъ соленоидъ.

Логическое заключеніе, сдѣланное Амперомъ изъ его опытовъ, привело его, наконецъ, къ открытію того, что токи дѣйствуютъ и другъ на друга. Если соленоидъ, рассуждалъ Амперъ, по своимъ дѣйствиюмъ является магнитомъ, два же магнита дѣйствуютъ другъ на друга, то

должно быть взаимное дѣйствіе и между двумя соленоидами. Произведенные Амперомъ опыты подтвердили справедливость его заключенія: два соленоида, смотря по направленію циркулирующихъ въ нихъ токовъ либо притягивались, либо отталкивались, словомъ, обнаруживали полную аналогію съ магнитами. Путемъ весьма остроумно обставленныхъ опытовъ Амперу удалось установить самымъ точнымъ образомъ законы взаимодѣйствія двухъ токовъ.

Законы эти удобнѣе всего повѣряются на т. н. столѣ Ампера (см. рис. 10). Если въ параллельныхъ проводникахъ

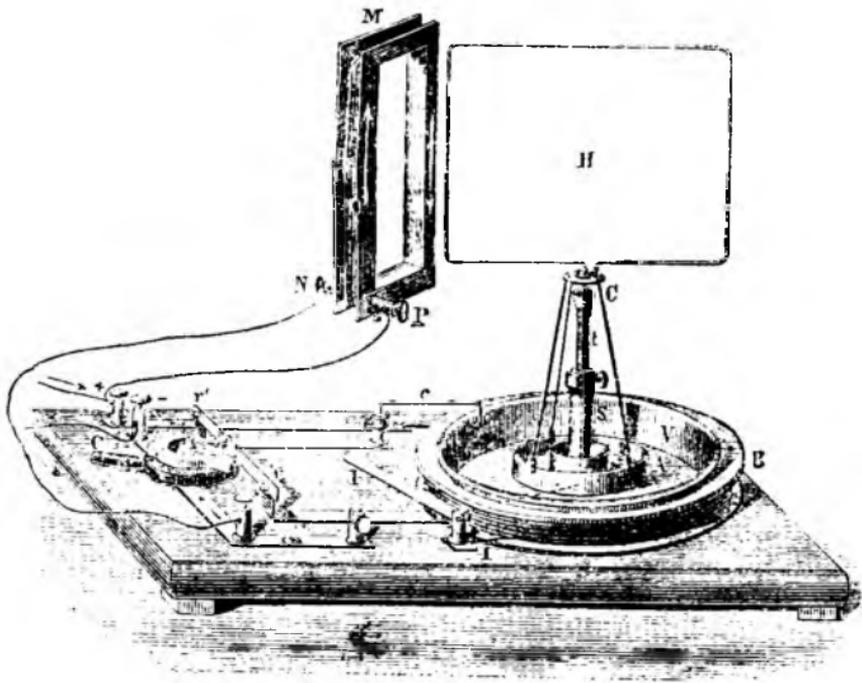


Рис. 10.

*М* и *Н* токи имѣютъ одинаковое направленіе, то увидимъ, что подвижный проводникъ *Н* приближается къ неподвижному *М*, слѣдовательно, *два параллельные тока одинаковаго направленія взаимно притягиваются*. Переменяя направленіе тока въ одномъ изъ проводниковъ при помощи коммутатора *С*, мы увидимъ, что подвижный проводникъ *Н* отталкивается отъ *М*, слѣдовательно, *два параллельные тока про-*

*тивоположнаго направленія взаимно отталкиваются.* Амперъ нашель далѣе, что если токи образуютъ между собою нѣкоторый уголъ, то они *притягиваются, если оба приближаются къ вершинѣ остраго угла, образуемаго ихъ направленіями, и отталкиваются, если одинъ токъ приближается къ этой вершинѣ, а другой удаляется отъ нея.*

Непосредственно вслѣдъ за открытіемъ Эрстеда французскій астрономъ Араго сдѣлалъ открытіе огромной важности. Именно, Араго нашель, что обыкновенный желѣзный брусокъ можетъ быть превращенъ въ магнитъ дѣйствіемъ гальваническаго тока. Для этого нужно только обмотать брусокъ нѣсколькими оборотами проволоки и пропустить чрезъ нихъ токъ. Дальнѣйшіе изслѣдователи усовершенствовали форму магнита: такъ, Брюстеръ (1826 г.) придалъ ему обычную теперь форму подковы, Румкорфъ, Джоуль и другіе придали ему другія, еще теперь употребляемыя формы; ученый Фехнеръ (1838 г.), русскіе академики Ленцъ и Якоби (1839 г.), и, наконецъ, Дубъ (1861 г.) и Томсонъ (1890 г.) занимались изслѣдованіемъ законовъ этого замѣчательнаго, основнаго въ электротехникѣ прибора. Кусокъ мягкаго желѣза, такъ называемый, якорь, приставленный къ концамъ электромагнита, съ большою силою удерживается имъ, какъ только по проволокаѣ пущенъ токъ. Смотря по силѣ тока и размѣрамъ электромагнита, можно подвѣсить къ якорю бѣльшій или меньшій грузъ и якорь не оторвется; грузъ можетъ дойти до нѣсколькихъ десятковъ пудовъ. Если прервать токъ, то якорь съ грузомъ тотчасъ отпадаетъ, потому что желѣзо размагничивается. Опытъ ясно показываетъ, что въ электромагнитѣ мы имѣемъ въ нашемъ распоряженіи очень большія силы; но практическое примѣненіе ихъ встрѣчаетъ препятствіе въ томъ, что эти силы весьма быстро убываютъ съ удаленіемъ якоря отъ электромагнита, такъ что, напр., сила, съ которою якорь притягивается полюсами, находясь отъ нихъ въ 1 сантиметрѣ разстоянія, не составляетъ и  $\frac{1}{1000}$  той, которая дѣйствуетъ на него при соприкосновеніи.

Не удивительно, что тотчасъ послѣ открытія электромагнетизма явились попытки приложить его къ устройству машинъ, и ужь тогда было не мало энтузіастовъ, полагавшихъ, что для двигателей наступила новая эра; однако, эта надежда оказалась потомъ несостоятельною.

Первые электромагнитныя машины были построены аббатомъ Сальватаромъ даль Negro, въ Падуѣ, и русскимъ академикомъ Якоби, которому наука, между прочимъ, обязана открытіемъ гальванопластики. (См. ниже).

Въ 1834 году Якоби представилъ С.-Петербургской Академіи Наукъ мемуаръ о „Примѣненіи электромагнетизма къ движенію машинъ“, въ которомъ вопросъ разобралъ весьма обстоятельно. Сильванусъ Томпсонъ слѣдующимъ образомъ описываетъ двигатель Якоби: „онъ состоялъ изъ двухъ деревянныхъ вертикальныхъ дисковъ, на окружности которыхъ были укрѣплены по двѣнадцати подковообразныхъ электромагнитовъ. Между этими электромагнитами на деревянномъ дискѣ помещалась третья система электромагнитовъ, которая, подъ вліяніемъ попеременныхъ притяженій и отталкиваній неподвижныхъ полюсовъ, приводила во вращеніе деревянный дискъ, на которомъ она была насажена. Каждый разъ, когда подвижные электромагниты проходили противъ неподвижныхъ, направленіе тока мѣнялось при помощи коммутатора. Для устройства послѣдняго Якоби взялъ четыре латунныхъ кружка, зубцы которыхъ были изолированы другъ отъ друга кусочками слоновой кости“. Къ этому краткому описанію слѣдуетъ добавить, что отъ вала подвижнаго деревяннаго диска движеніе передавалось рабочему валу.

Императоръ Николай Павловичъ придавалъ большое значеніе этимъ работамъ Якоби и ассигновалъ 20 тысячъ рублей, чтобы дать изобрѣтателю возможность устроить двигатель въ большихъ размѣрахъ и испытать на дѣлѣ его пригодность. Якоби примѣнилъ свой двигатель для приведенія въ движеніе лодки, которая и испытывалась на Невѣ въ 1839 году.

Батарея состояла изъ 128 элементовъ Грове, общая площадь которой составляла 32 квадр. фута; сила тока этой батареи была настолько значительна, что платиновую проволоку въ 6,5 фута длины и толщиною съ фортепианную струну моментально накаливалась отъ дѣйствія тока до-красна. Выдѣленіе окисловъ азота изъ батареи было до того энергично, что сами экспериментаторы нѣсколько разъ должны были прекращать испытаніе. Лодка, снабженная лопаточными колесами, ходила по Невѣ нѣсколько часовъ и успѣшно двигалась даже противъ теченія и при сильномъ вѣтрѣ. Оказалось, однако, что электромагнитный двигатель развивалъ только ничтожную механическую работу, а именно  $\frac{3}{4}$  паровой лошади (т. е.  $\frac{3.75}{4} = \frac{225}{4} = 56$  пудофутовъ). Такая ничтожная работа, развиваемая столь сильнымъ токомъ, показала изобрѣтателю и присутствовавшимъ на испытаніи, что эту машину невозможно было бы примѣнить въ качествѣ двигателя для промышленныхъ цѣлей. Впослѣдствіи въ особомъ мемуарѣ Якоби, на основаніи точныхъ расчетовъ, пришелъ къ выводу, что электромагнитизмъ не можетъ служить движущею силою въ машинномъ дѣлѣ.

Какъ-бы то ни было, электромагнитный двигатель Якоби былъ преданъ забвенію.

Въ 1850 году американецъ Пэдждъ взялъ патентъ въ Англіи на изобрѣтенную имъ электромагнитную машину. Машина эта основана на слѣдующемъ началѣ. Если подвѣсить обмотанную проволокою катушку (внутри пустую) на двухъ проволокахъ, по которымъ пропущенъ чрезъ катушку токъ, и внести внутрь катушки желѣзный стержень, то послѣдній сперва превратится въ магнитъ. Вслѣдъ затѣмъ токъ, идущій по катушкѣ, дѣйствуетъ на намагниченный стержень такимъ образомъ, что стремится втянуть его внутрь катушки, пока его середина не совпадаетъ со серединою катушки. Эта нѣкоторымъ образомъ втягивающая сила катушки можетъ быть болѣе вѣса желѣзнаго стержня, и тогда онъ остается свободно висящимъ на воздухѣ.

Если на мгновение прервать токъ, то дѣйствіе катушки на желѣзный стержень прекратится, и онъ, вслѣдствіе собственнаго вѣса, надаетъ. При новомъ замыканіи тока, стержень опять подымается. Слѣдовательно, попеременно замыкая и прерывая токъ, можно заставить стержень двигаться впередъ и назадъ. Машина Пэджа большихъ размѣровъ можетъ развивать работу въ нѣсколько паровыхъ лошадей. Внутри двухъ катушекъ движутся вверхъ и внизъ два желѣзныхъ стержня, соединенные помощью коромысла между собою и съ маховымъ колесомъ. При попеременномъ впусканіи гальваническаго тока въ обѣ катушки, желѣзные стержни поднимаются и опускаются—маховое колесо приводится во вращеніе. Токъ направляется попеременно въ ту и другую катушку самою машиною, помощью коммутатора.

Электромагнитныя машины—ихъ было изобрѣтено довольно много—не оправдали возлагавшихся на нихъ надеждъ, и потому были совершенно оставлены.

---

## Г Л А В А V.

### Магнитная индукція.—Фарадэй.—Ленцъ.—Катушка Румкорфа.—Магнито-электрическія и динамо-электрическія машины.

Въ 1832 году Фарадэй нашель, что, если приближать замкнутый проводникъ къ магниту или, наоборотъ, приближать магнитъ къ замкнутому проводнику, то въ проводникѣ возникаетъ токъ, дѣящійся во все время движенія (см. гл. IV). Токъ, возникающій въ проводникѣ, пазывается индуктивнымъ и само явленіе, открытое Фарадземъ—магнитною индукціей.

Представимъ себѣ замкнутую цѣпь изъ катушки, обмотанной проволокой, и гальванометра. Если вдвинуть въ катушку магнитъ до его середины, сѣвернымъ полюсомъ впередъ, т. е., если приблизить къ катушкѣ магнитъ, то

въ катушкѣ возникаетъ токъ, который отклонить стрѣлку гальванометра, скажемъ, вправо. При выдвиганіи магнита стрѣлка отклоняется влѣво, а это показываетъ, что въ проводникѣ возникъ токъ противоположнаго съ первымъ направленія. Если вдвигать въ катушку магнитъ южнымъ концомъ впередъ, то окажется, что въ проводникѣ возникаетъ токъ того направленія, какъ при выдвиганіи сѣвернаго полюса; при удаленіи же южнаго полюса отъ катушки возникаетъ токъ такого направленія, какъ во время приближенія сѣвернаго. Отсюда слѣдуетъ, что приближеніе сѣвернаго полюса или удаленіе южнаго производитъ токъ одного опредѣленнаго направленія, а удаленіе сѣвернаго или приближеніе южнаго — токъ другого, противоположнаго направленія.

Далѣе Фарадэй нашелъ, что токъ возникаетъ не только при относительномъ перемѣщеніи замкнутаго проводника и магнита, но что онъ вызывается также каждымъ возбужденіемъ и исчезновеніемъ магнетизма. Фарадэй бралъ первичную (какъ онъ ее называлъ) катушку и, посадивъ ее на стержень изъ мягкаго желѣза, пропускалъ по ея обмоткѣ токъ отъ элемента; тогда стержень становился, какъ извѣстно, магнитомъ; затѣмъ онъ на стержень насаживалъ вторую — вторичную — катушку, соединенную съ гальванометромъ. Пока въ первичной катушкѣ не было тока, стрѣлка гальванометра оставалась въ покоѣ; но, какъ только по ея оборотамъ былъ пущенъ токъ и желѣзный стержень сталъ магнитомъ, во второй катушкѣ возбуждался токъ, отклонившій стрѣлку гальванометра, скажемъ, вправо. Этотъ токъ длится лишь столько времени, сколько нужно для намагничиванія желѣза. Какъ только оно вполне намагнитится, во вторичной катушкѣ токъ прекращается и стрѣлка гальванометра устанавливается на нуль. Если теперь прервать токъ въ первичной катушкѣ, то стержень теряетъ свой магнетизмъ и стрѣлка гальванометра отклоняется влѣво: это показываетъ, что во вторичной катушкѣ возникъ токъ, имѣющій паправление обратное направленію

перваго тока. Оказывается, такимъ образомъ, что путемъ попере́мѣннаго замыканія и размыканія тока въ первичной катушкѣ производится намагничиваніе и размагничиваніе желѣзнаго стержня и во второй катушкѣ получаютъ токи попере́мѣнно противоположнаго направленія.

Этимъ открытіямъ Фарадэя, имѣвшимъ въ его время только теоретическій интересъ, суждено было пріобрѣсти громадное практическое значеніе. Чтобы понять всю важность послѣдняго, достаточно сказать, что современныя магнитоэлектрическія и динамоэлектрическія машины, развивающія громадной силы токи, основаны на началахъ, открытыхъ Фарадэемъ.

Но прежде, чѣмъ перейти къ исторіи этихъ машинъ, рассмотримъ другое открытіе этого величайшаго физика нашего вѣка, нашедшее себѣ примѣненіе въ извѣстной спирали Румкорфа.

Около 1848 г. Массонъ и Брегетъ построили первую индукціонную машину, которая производила нѣкоторыя дѣйствія электрическихъ машинъ; такъ, напр., ею можно было зарядить конденсаторъ. Но только въ 1851 году изъ рукъ искуснаго строителя Румкорфа вышла первая индукціонная машина, оказавшаяся дѣйствительно практичною.

Румкорфъ родился въ началѣ нынѣшняго столѣтія въ Германіи и отправился въ Парижъ изучать искусство построенія измѣрительныхъ и оптическихъ приборовъ. Впослѣдствіе онъ управлялъ мастерской, изготовлявшей электрическіе аппараты. Румкорфъ получилъ весьма недостаточное образованіе, но, будучи необычайно любознательнымъ и способнымъ, пополнялъ свои знанія чтеніемъ книгъ и слушаніемъ лекцій. Необычайно скромный и работающій, онъ все свободное время посвящалъ самообразованію.

Румкорфъ воспользовался идеею машины Массона и Брегета, но совершенно переработалъ и усовершенствовалъ ее.

Прежде чѣмъ перейти къ описанію катушки Румкорфа, объяснимъ ея теорію.

Представимъ себѣ катушку  $I''$ , по которой проходитъ токъ отъ элемента  $P$ ; (см. рис. 11.) въ катушкѣ же  $B$  нѣтъ никакого тока. Если опустить катушку  $B'$  въ  $B$ , то гальванометръ  $C$  показываетъ присутствіе тока въ катушкѣ  $B$  во все время, пока катушка  $B'$  находится въ движеніи; но какъ только  $B'$  остановится—токъ въ  $B$  прекращается. Если выдвигать катушку  $B'$  изъ  $B$  (т. е. удалять отъ нея), то гальванометръ указываетъ на присутствіе тока противоположнаго первому. Эти явленія происходятъ точно такъ, какъ будто бы въ катушкѣ  $B'$ , сохраняющей постоянное положеніе въ  $B$ , мы—въ первомъ случаѣ (приближенія) усиливали бы токъ, во второмъ (удаленія)—ослабляли бы его.

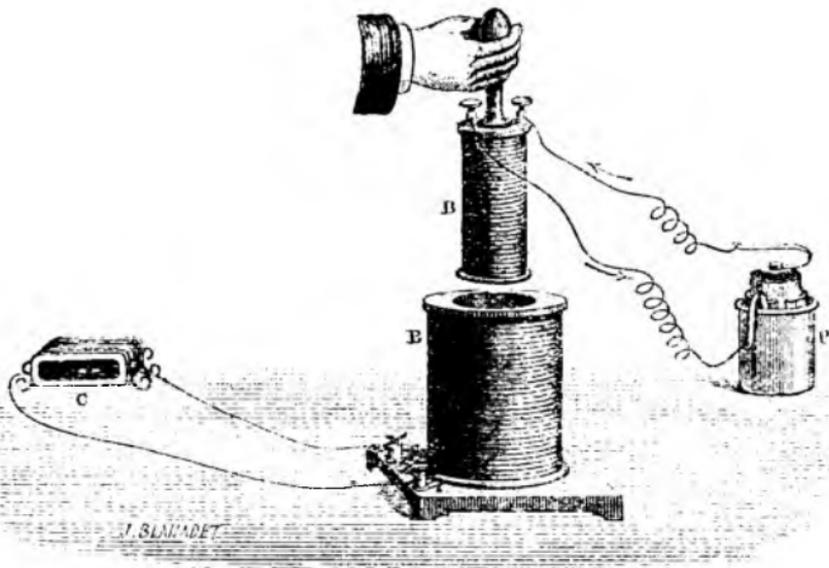


Рис. 11.

Въ IV главѣ читатели могли познакомиться съ свойствами магнитнаго поля и линій силъ. Изъ сказаннаго тамъ ясно, что передвиженіе около проводника ( $B$ ) другого проводника ( $B'$ ), по которому идетъ токъ, такъ чтобы линіи силъ, образованныя послѣднимъ, пересѣкали первый, должно вызвать въ проводникѣ  $B$  индуктированный токъ.

Всѣ случаи индукціи подчиняются однимъ и тѣмъ же законамъ, которые можно резюмировать слѣдующимъ образомъ:

Если по какой либо причинѣ линіи силъ магнитнаго поля и часть проводника приходятъ въ относительное движеніе, то извѣстное число линій силъ при этомъ движеніи пересѣкаются (встрѣчаются) проводникомъ. Эти пересѣченныя линіи силъ стремятся вызвать въ проводникѣ токъ, который противодѣйствуетъ относительному движенію линій силъ и проводника и который прекращается вмѣстѣ съ движеніемъ; сила этого тока тѣмъ больше, чѣмъ большее число линій силъ было пересѣчено въ возможно меньшій промежутокъ времени.

Этотъ замѣчательный законъ былъ найденъ Фарадеемъ и русскимъ физикомъ, академикомъ Ленцомъ изъ опыта. Ленць первый замѣтилъ, въ 1834 году, что индуктированный токъ всегда стремится сопротивляться перемѣщенію, которое его порождаетъ.

Въ индукціонной катушкѣ, Румкорфа индуктирующій токъ попеременно пропускается и прерывается въ первичной бобинѣ; вслѣдствіе этихъ попеременныхъ возникновеній и прерываній индуктируется токъ во вторичной катушкѣ; для прерыванія тока служатъ особые приборы, носящіе названіе прерывателей.

Индуктирующій и индуктированный токи во время дѣйствія катушки измѣняются по своей величинѣ. Сначала сила тока въ первичной катушкѣ имѣетъ величину нуль, потомъ она прогрессивно увеличивается и наконецъ принимаетъ свою нормальную величину; это измѣненіе силы тока происходитъ въ ничтожную долю секунды. Вслѣдствіе постепеннаго усиливанія тока въ первичной катушкѣ, индуктируется обратный токъ во вторичной катушкѣ. Токъ прекращается въ первичной катушкѣ не мгновенно: онъ убываетъ, правда, очень быстро и наконецъ обращается въ нуль. Это исчезновеніе индуктирующаго тока вызываетъ во вторичной катушкѣ индуктированный прямой токъ.

Индуктированный токъ образуется именно вслѣдствіе того, что индуктирующій токъ колеблется въ извѣстныхъ предѣлахъ—увеличивается отъ нуля до извѣстной величины и снова убываетъ до нуля. Если бы индуктирующій токъ сохранялъ постоянную величину — никакого индуктированного тока бы не было.

Поэтому, самую существенную часть катушки Румкорфа представляет прерыватель—тотъ приборъ, который прерываетъ токъ въ первичной бобинѣ. Идея дѣйствія прерывателя можетъ быть понята изъ рисунка 12. Элементъ  $P$  даетъ токъ, который проходитъ по проволокаѣ  $f$ , входитъ въ металлическій винтъ  $V$  и оттуда чрезъ мягкое желѣзо  $v$  и пружину  $R$ , къ которой прикрѣплено желѣзо  $v$ . Изъ пружины токъ проходитъ по проволокаѣ  $f'$  въ первичную катушку  $B$  и затѣмъ возвращается въ элементъ.

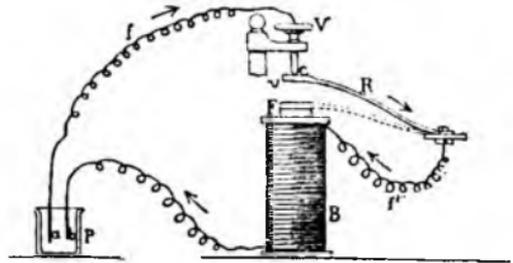


Рис. 12.

Въ то время, когда токъ проходитъ по катушкѣ  $B$  онъ намагничиваетъ мягкое желѣзо  $F$ , вставленное въ катушку; сдѣлавшись магнитомъ, желѣзо  $F$  притягиваетъ желѣзо  $v$ , вслѣдствіе чего токъ размыкается въ точкѣ  $c$ ; но когда токъ прекращается, желѣзо  $F$  размагничивается и пружина  $R$  снова приводитъ желѣзо  $v$  въ соприкосновеніе съ винтомъ  $V$ ; тогда цѣпь снова замыкается, и т. д.

Регулируя давленіе винта  $V$  на контактъ  $c$  съ упругостью пружины и ея размѣрами, можно получить самодѣйствующій (автоматическій) прерыванія и замыканія тока производится самимъ токомъ.

Теперь мы знаемъ всѣ главныя части Румкорфовой катушки (см. рис. 13). Она состоитъ изъ первичной бобины, сдѣланной изъ сравнительно толстой и короткой проволоки, концы которой обозначены буквами  $f$  и  $f'$  и проведены къ зажимнымъ винтамъ  $b$  и  $b'$ , въ которые вставляютъ концы

проводовъ отъ батареи; вторичная катушка состоитъ изъ очень тонкой и очень длинной проволоки, оканчивающейся въ зажимахъ *A* и *B*; въ первичную катушку вложенъ стержень мягкаго желѣза, дѣйствующій на автоматическій прерыватель *LM*; наконецъ, коммутаторъ *C* служитъ для пуска въ ходъ или для остановки всего аппарата.

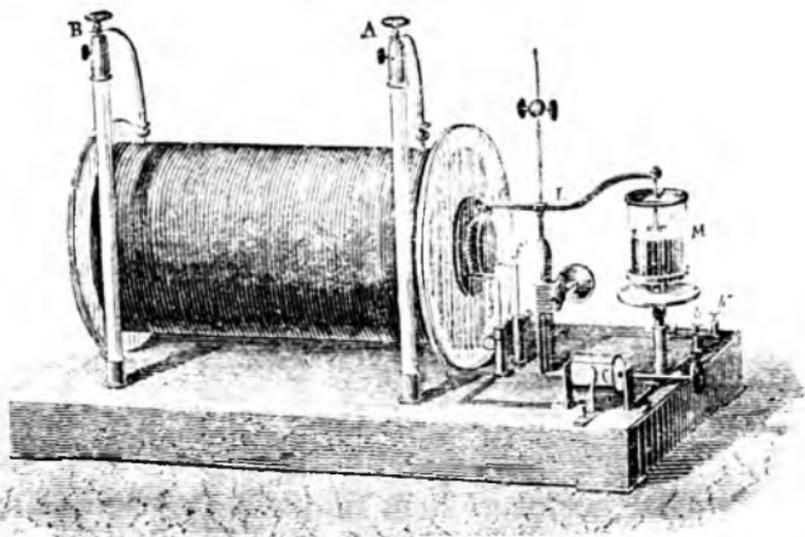


Рис. 13.

Катушка Румкорфа важна не только какъ приборъ, дающій переменные токи, но и какъ приборъ, преобразующій незначительную разность потенціаловъ на полюсахъ батареи въ значительную разность потенціаловъ на концахъ проволоки вторичной катушки, между которыми можно получить болѣе или менѣе значительныя искры. Для полученія искръ концы проволокъ отъ вторичной бобины соединяются съ разрядниками, установленными на стекляннихъ ножкахъ.

Замѣтимъ еще, что прекращеніе тока происходитъ, если можно такъ выразиться, мгновеннѣе, чѣмъ его устанавливаніе (нарастаіе); поэтому, прямой индуктированный токъ значительно сильнѣе обратнаго. Опъ устанавливаетъ между концами разрядника значительно большую разность потенціаловъ, чѣмъ обратный токъ.

Первыя индукціонныя катушки давали только короткія искры.

Разность потенціаловъ, устанавливающаяся на концахъ разрядниковъ и отъ которой зависитъ длина искры, тѣмъ больше, чѣмъ большее число прерываній индуктирующій токъ претерпѣваетъ въ секунду.

Скажемъ еще нѣсколько словъ о, такъ называемыхъ, экстратокахъ. Въ 1832 году Генри сдѣлалъ первыя наблюденія, относящіяся къ этимъ явленіямъ. Онъ опустилъ въ чашечку съ ртутью концы двухъ проволокъ въ 5—6 метровъ длины, соединенныхъ съ электродами батареи. Вынимая одну изъ проволокъ изъ чашки, Генри замѣтилъ, что между ртутью и концемъ проволоки блеснула искра. Онъ нашель, что искра эта тѣмъ сильнѣе, чѣмъ длиннѣе проволоки, или же, при одной и той же длинѣ,—чѣмъ больше спиральныхъ оборотовъ они образуютъ. Искра еще болѣе усиливалась, когда Генри помѣщалъ внутрь спиральныхъ оборотовъ проволоки стержень мягкаго желѣза. Размыканіе тока батареи можетъ также вызвать сотрясенія; для этого достаточно въ опытѣ Генри прикоснуться одною рукою къ поверхности ртути, а другою—вынуть проволоку.

Около того же времени извѣстному физику Пуллье также пришлось испытать такое сотрясеніе; разомкнувъ цѣпь большого электромагнита и взявъ въ руки концы обмотки, плававшія въ наполненной ртутью чашечкѣ, онъ совершенно неожиданно ощутилъ необычайно сильное сотрясеніе.

Фарадэй нашель, что искра и сотрясеніе, сопровождающія размыканіе тока батареи, происходятъ отъ тока, индуктированнаго въ проводникѣ, вслѣдствіе прекращенія въ немъ (проводникѣ) тока отъ батареи. Его называютъ экстратокъ размыканія. Онъ имѣетъ то же направленіе, какъ и первоначальный токъ, а потому увеличиваетъ продолжительность послѣдняго.

Въ индукціонной катушкѣ искру экстратока можно ясно видѣть въ контактѣ прерывателя. Такъ какъ всякая причина, замедляющая прекращеніе индуктирующаго тока, ослаб-

ляетъ дѣйствию катушки Румкорфа, то физики старались насколько возможно уменьшать искру экстратока, которая удлиняетъ періодъ индукціи. При томъ искры эти быстро разрушаютъ поверхность прерывателя и тѣмъ вредятъ правильному его дѣйствию.

Физо, въ 1853 году, достигъ хорошаго результата при помощи конденсатора. Онъ соединилъ винтъ *V* и проволоку *f'* прерывателя (см. рис. 12) съ арматурами конденсатора. Такимъ образомъ конденсаторъ вводится въ цѣпь первичной катушки, какъ только произошло прерываніе тока; энергія экстратока, которая рапѣе расходовалась въ видѣ искры при размыканіи, теперь почти вся идетъ на заряданіе конденсатора. Хотя Физо не удалось вполнѣ уничтожить искру, онъ все же значительно ее ослабилъ, вслѣдствіе чего токи во вторичной катушкѣ приобрѣли большую интенсивность. Какъ только маленькая искра прекращается въ прерывателѣ, конденсаторъ разряжается и даетъ токъ, обратный току батареи; этотъ токъ стремится привести катушку въ нормальное состояніе, размагничивая стержень мягкаго желѣза.

Другая не менѣе успѣшная попытка ослабить искру экстратока размыканія принадлежитъ Фуко, вдохновившемуся наблюденіями, сдѣланными Поггендорфомъ около 1840 года. Съ этою цѣлью Фуко построилъ въ 1856 году большой прерыватель довольно сложнаго устройства, на описаніи котораго мы здѣсь, однако, останавливаться не можемъ.

Изобрѣтеніе первой магнитоэлектрической машины послѣдовало непосредственно за открытіемъ магнитной индукціи Фарадэемъ. Мы уже видѣли въ началѣ настоящей главы, что можно получать индуктированный токъ помощью магнитной индукціи двумя способами: 1) при передвиженіи замкнутой проводочной обмотки около магнита, или магнита около проводника; 2) при намагничиваніи и размагничиваніи стержня изъ мягкаго желѣза, вблизи котораго находится проводочная обмотка.

Надуанскій аббатъ Даль Негро и французъ Пикси (Piché) одновременно (1832г.) и независимо другъ отъ друга изобрѣли

магнито-электрическія машины, одинаковаго типа и основанныя на началахъ магнитной индукціи. Изобрѣтенныя ими машины состояли изъ двухъ соединенныхъ между собою катушекъ; противъ каждой катушки, состоящей изъ желѣзнаго стержня, обмотаннаго проволокою, находились полюсы сильнаго подковообразнаго магнита. Когда обмотки приводились во вращеніе предъ магнитомъ, въ нихъ возникали токи попеременно противоположнаго направленія. Машины эти давали, слѣдовательно, переменные токи. Такъ какъ переменный токъ находить гораздо меньше примѣненій, чѣмъ постоянный, то были сдѣланы попытки превратить переменный токъ въ токъ постояннаго направленія. Это было достигнуто при помощи коммутатора.

Въ исторіи изобрѣтенія магнито-электрическихъ машинъ было два важные момента: это изобрѣтеніе кольца Пачинотти или Грамма и открытіе динамо-электрическаго начала Сименса.

Въ 1860 году Пачинотти, профессоръ въ Пизѣ, производилъ слѣдующіе эксперименты съ кольцомъ изъ мягкаго желѣза. Онъ установилъ около кольца, въ двухъ діаметрально противоположныхъ точкахъ, сѣверный и южный полюсы сильнаго магнита. Тогда въ кольцо противъ южнаго полюса магнита возникаетъ сѣверный, а противъ сѣвернаго — южный магнитизмъ. На концахъ діаметра кольца, перпендикулярному къ діаметру, соединяющему сѣверный и южный полюсы кольца, образуется поясъ безразличія (т. е. въ этихъ мѣстахъ кольцо не имѣетъ магнитизма). Приведя кольцо во вращеніе, Пачинотти замѣтилъ, что сѣверный и южный полюсы кольца, сохраняютъ постоянное положеніе въ пространствѣ — продолжаютъ лежать соотвѣтственно противъ южнаго и сѣвернаго полюса неподвижнаго магнита; равнымъ образомъ и поясъ безразличія не измѣняетъ своего положенія. Но въ отношеніи самого кольца, такъ сказать, полюсы перемищаются въ сторону обратную вращенію кольца. Далѣе, онъ насадилъ на желѣзное кольцо нѣсколько проводочныхъ обмотокъ (см. рис. 14), соединенныхъ между со-

бою. На рисункѣ  $S$  означаетъ южный и  $N$  сѣверный полюсъ магнита,  $n$  сѣверный и  $s$  южный полюсы кольца,  $M_2M_1$ — поясъ безразличія.

Разсмотримъ одну какую нибудь обмотку. При вращеніи кольца она движется отъ безразличнаго пояса  $M_1$  чрезъ сѣверный полюсъ  $n$  къ  $M_2$ , отсюда чрезъ южный полюсъ  $s$

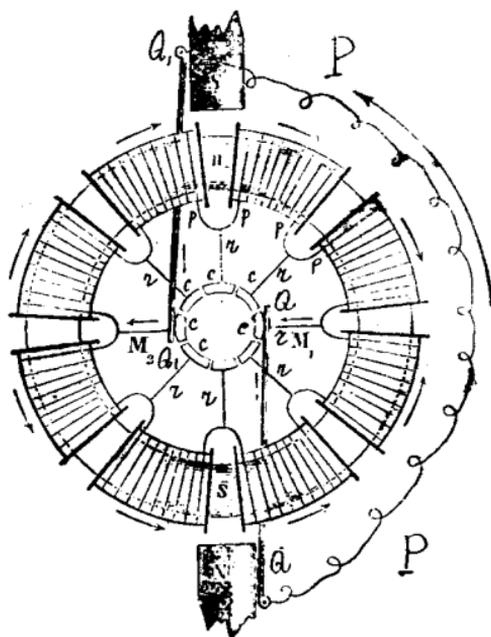


Рис. 14.

обратно къ  $M_1$  и т. д. При этомъ на обѣихъ половинѣхъ  $M_1nM_2$  и  $M_2sM_1$  въ обмоткѣ возбуждаются токи взаимнопротивоположныхъ направленій. То же самое произойдетъ и со всѣми остальными обмотками. По всѣмъ обмоткамъ въ тотъ моментъ, когда онѣ проходятъ чрезъ верхнюю часть кольца, пробѣгаетъ токъ одного направленія. Токъ возникаетъ, когда обмотка мипуетъ точку  $M_2$ , и идетъ въ направленіи стрѣлокъ чрезъ  $n$  къ  $M_1$ , гдѣ онъ прекращается. Одновременно съ этимъ чрезъ всѣ обмотки на нижней половинѣ кольца, пробѣгающія по полуокружности  $M_2sM_1$ , токъ проходитъ въ направленіи противоположномъ съ первымъ: возникаетъ онъ послѣ прохожденія чрезъ точку  $M_2$  и прекращается въ  $M_1$ . Такимъ образомъ, всѣ токи въ обмоткахъ расходятся вблизи точки  $M_2$  и сходятся въ  $M_1$ .

Оставалось только собрать эти токи. Съ этою цѣлью Пачинотти укрѣпилъ на оси кольца восемь (по числу обмотокъ) мѣдныхъ пластинокъ  $C, C, \dots$ , которыя отдѣлялись другъ отъ друга перерывами и своею совокупностью образовали трубку; отъ оси пластинки были изолированы. Отъ каждой мѣдной

обратно къ  $M_1$  и т. д. При этомъ на обѣихъ половинѣхъ  $M_1nM_2$  и  $M_2sM_1$  въ обмоткѣ возбуждаются токи взаимнопротивоположныхъ направленій. То же самое произойдетъ и со всѣми остальными обмотками. По всѣмъ обмоткамъ въ тотъ моментъ, когда онѣ проходятъ чрезъ верхнюю часть кольца, пробѣгаетъ токъ одного направленія. Токъ возникаетъ, когда об-

пластинки  $C$  была проведена радіальная проволока  $r$ , которая соединяла ее съ тою проволокою  $pp$ , которая соединяетъ двѣ сосѣднія обмотки. Наконецъ, двѣ пружинныя металлическія щетки  $QQ$  и  $Q_1Q_1$ , плотно прикасавшіяся къ окружности коллектора въ точкахъ  $M_1$  и  $M_2$ , служили для отвода тока въ вышній проводникъ  $PP$  \*).

Изобрѣтеніе описаннаго кольца обыкновенно приписываютъ французу Грамму (оно и называется „кольцо Грамма“) — простому, незнавшему даже геометріи мастеру, работавшему въ мастерскихъ общества *Alliance*, гдѣ строились магнито-электрическія машины Нолле, служившія для электрическаго освѣщенія маяковъ. Заинтересовавшись, явленіями индукціи, онъ, не имѣя образованія, тщетно старался ихъ себѣ объяснить. Случайно ему попался въ руки учебникъ физики. Почерпнувъ изъ него недостававшія ему знанія, онъ вскорѣ же усовершенствовалъ машины общества *Alliance* и въ 1869 году изобрѣлъ кольцо, носящее его имя, а въ 1872 году построилъ первую динамо-электрическую машину для промышленныхъ цѣлей. Тутъ на него посыпались почести и награды. Онъ получилъ нѣсколько премій, между прочимъ знаменитую премію Вольты (въ 50,000 франковъ). Уже будучи кавалеромъ Почетнаго легіона онъ былъ въ 1889 году награжденъ званіемъ офицера.

Какъ-бы то ни было, несомнѣнно то, что первая магнито-электрическая машина съ кольцомъ, дѣйствующимъ на основаніи начала Пачинотти, была построена Граммомъ. Она состоитъ изъ большого подковообразнаго магнита Жамена \*\*)

---

\*) Когда обмотка проходитъ въ  $M_1$ , токъ по радіальной проволоцѣ  $r$  пройдетъ въ мѣдную пластинку  $C$ , а изъ нея въ щетку  $QQ$ , отсюда по проводнику  $PP$ , по щеткѣ  $Q_1Q_1$ ; при  $M_2$ , пройдя радіальную проволоку, онъ развѣтвится на два тока: одинъ пойдетъ въ обмотки на верхней полуокружности кольца, другой въ обмотки нижней полуокружности.

\*\*\*) Жамень предложилъ пользоваться магнитами, состоящими изъ отдѣльныхъ стальныхъ пластинъ, такъ какъ они сильнѣе сплошныхъ.

между полюсами котораго вращается кольцо Грамма или Папинотти. Щетки имѣютъ почти горизонтальное положеніе.

Въ 1857 году Сименсъ построилъ магнито-электрическую машину, которая и въ настоящее еще время примѣняется повсемѣстно къ сигнальнымъ звонкамъ желѣзнодорожныхъ линій, которые извѣщаютъ о проходѣ поѣзда. Существеннѣйшая часть машины — цилиндрическій индукторъ. Послѣдній состоитъ изъ цилиндра изъ мягкаго желѣза, въ которомъ по длинѣ сдѣланы два глубокіе желоба, заполненные проволочною обмоткою, идущею параллельно оси цилиндра (см. рис. 15). По обѣ стороны цилиндра установлена система магнитовъ такъ, что съ лѣвой, напр., стороны находятся все сѣверные полюсы, съ правой — все южные, и самый цилиндръ можетъ вращаться между разноименными полюсами. Концы магнитовъ прикрѣплены



Рис. 15.

къ желѣзной доскѣ, такъ что своею совокупностью магниты дѣйствуютъ какъ система подковообразныхъ магнитовъ.

Описанный цилиндрическій индукторъ вращается въ вертикальномъ положеніи около своей оси — на вертикальныхъ цапфахъ, вставленныхъ въ подушки (подпятники). Нижняя цапфа снабжена изолированнымъ металлическимъ концомъ по которому скользитъ пружина; съ этимъ кольцомъ соединенъ одинъ конецъ проволоки индуктора, другой же конецъ ея соединенъ съ цапфою. Во время вращенія индуктора въ проводникѣ, соединяющемъ пружину и подушку нижней цапфы, возникаетъ рядъ токовъ переменнаго направленія. При помощи коммутатора Сименсъ превратилъ эти токи въ токи постояннаго направленія.

Англійскому физику Вильде пришла идея замѣнить магниты въ машинѣ Сименса электромагнитами. Вильде устроилъ комбинацію изъ двухъ машинъ: одна съ постоянными магнитами развивала токъ, который пропускаясь чрезъ

электромагниты второй машины. Тогда во вѣшнемъ проводникѣ послѣдней получился токъ весьма значительной силы. Такимъ образомъ, первая машина у Вильде—только вспомогательная и служить для намагничиванія электромагнитовъ второй машины.

Сименсъ, въ 1866 году, существенно измѣнилъ систему Вильде: онъ обошелся безъ первой машины, воспользовавшись токомъ самой машины для намагничиванія ея электромагнитовъ.

Такимъ образомъ, Сименсъ открылъ динамо-электрическое начало, примѣняемое во всѣхъ машинахъ, изобрѣтенныхъ послѣ него.

Но на чемъ же основана возможность обойтись безъ первой машины? Мягкое желѣзо, какъ извѣстно, уже подъ влияніемъ земного магнетизма обладаетъ магнитностью, конечно, очень слабою. Поэтому, подковообразный электромагнитъ обладаетъ весьма слабымъ магнетизмомъ даже и тогда, когда по обмоткѣ его не проходитъ никакого тока. Когда цилиндрическій индукторъ вращается между полюсами такого весьма слабого магнита, то въ немъ возбуждается весьма слабый токъ. Этотъ токъ Сименсъ проводитъ въ обмотку электромагнита, вслѣдствіе чего магнитность послѣдняго нѣсколько усиливается, а потому онъ уже въ состояніи индуктировать въ обмоткѣ цилиндра болѣе сильный токъ; послѣдній опять проходитъ по обмоткѣ электромагнита и еще болѣе усиливаетъ его магнитность и т. д. Если бы магнитность желѣза могла возрастать безконечно, то это взаимное усиленіе магнетизма и силы тока продолжалось бы неопредѣленно. Но желѣзо можетъ намагничиваться только до извѣстнаго предѣла, а потому сила тока, достигнувъ нѣкоторой величины, болѣе возрастать не будетъ.

Вотъ—сущность начала Сименса. Общій видъ его динамо-машины изображенъ на рис. 16.

Граммъ построилъ динамо-машину, носящую его имя, въ которой онъ воспользовался и кольцомъ Пачинотти и динамо-электрическимъ началомъ Сименса. Отъ описанной

выше магнито-электрической машины его же имени динамо-машина Грамма отличается только тѣмъ, что въ ней обыкновенный магнитъ замѣненъ значительно болѣе сильнымъ электро-магнитомъ; по обмоткамъ послѣдняго пронущенъ токъ отъ самой же машины. Электромагниты расположены надъ кольцомъ Грамма съ обѣихъ сторонъ—сверху и снизу. (См. рис. 17).

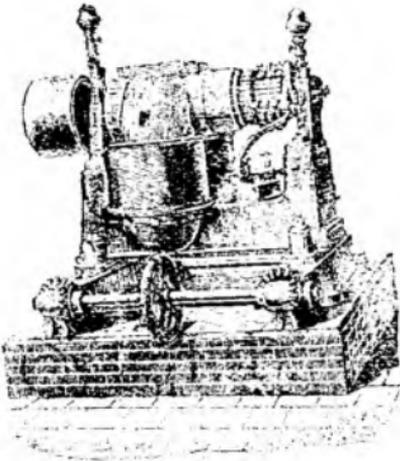


Рис. 16.

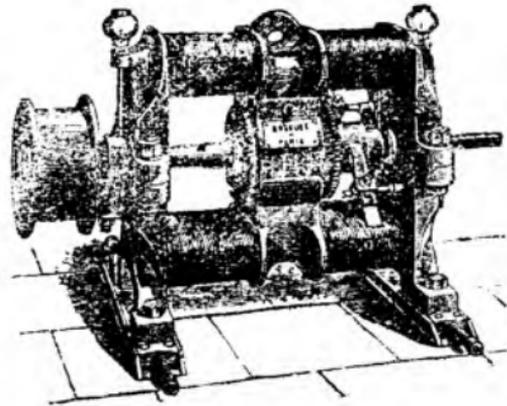


Рис. 17.

Послѣ Сименса и Грамма различными конструкторами были построены еще много динамо-машинъ, служащихъ для всевозможныхъ промышленныхъ цѣлей. Такъ, существуютъ машины Гейфнеръ-Альтенека, Брауна, Валя, Ламайера, Эдисона и другихъ. Все эти динамо-машины представляютъ собою различныя видоизмѣненія системъ Сименса и Грамма, а потому мы на описаніи ихъ останавливаться не станемъ.

---

## ГЛАВА VI.

**Законъ Ома.—Тепловое дѣйствіе тока.—  
Электролизъ.—Гальванопластика.—Золо-  
ченіе и серебрение.**

Открытие Эрстеда, какъ уже было сказано, показало, что электрической токъ производитъ вокругъ себя магнитное поле;

магнитная стрѣлка, помѣщенная въ это поле, отклоняется; направленіе этого отклоненія Амперъ выразилъ въ зависимость отъ направленія тока (см. гл. IV, правило Ампера). Опытъ показываетъ, что въ какой бы точкѣ проводника мы ни помѣстили гальванометръ—вблизи-ли отъ элементовъ, далеко-ли отъ нихъ,—отклоненіе стрѣлки его всегда одно и то же, лишь бы мы брали всегда одинъ и тотъ же элементъ и одну и ту же проволоку. Отсюда слѣдуетъ, что по всему протяженію проводника стрѣлка гальванометра подвергается одному и тому же дѣйствию. Но если по тому же проводнику пропустить токъ большей силы, то стрѣлка гальванометра отклонится на большій уголъ. Съ другой стороны, при одпомъ и томъ же элементѣ, отклоненіе стрѣлки гальванометра, а слѣдовательно и сила тока измѣнится, если замѣнить прежній проводникъ другимъ. Чѣмъ длиннѣе и тоньше взятая проволока, тѣмъ отклоненіе стрѣлки слабѣе. Обыкновенно говорятъ при этомъ, что различныя проволоки оказываютъ прохожденію тока неодинаковыя сопротивленія. Внутри элемента токъ также преодолеваетъ сопротивленіе. Сопротивленіе проволоки называется внѣшнимъ, сопротивленіе жидкостей и твердыхъ тѣлъ, составляющихъ элементъ,—внутреннимъ.

Сопротивленіе проволоки тѣмъ меньше, чѣмъ она короче и толще: оно прямо пропорціонально длинѣ проводника и обратно пропорціонально площади его поперечнаго сѣченія. При одинаковыхъ размѣрахъ сопротивленіе проволоки мѣняется съ природою металла, изъ котораго она сдѣлана. Мѣдь, напр., оказываетъ току меньшее сопротивленіе, чѣмъ желѣзо. Наконецъ, если сохранить одну и ту же проволоку и одно и то же общее сопротивленіе цѣпи (внѣшнее + внутреннее), но взять элементъ другого типа, то отклоненіе стрѣлки будетъ иное, чѣмъ какое было при элементѣ прежняго типа; слѣдовательно, различные элементы при одпомъ и томъ же сопротивленіи даютъ токъ неодинаковой силы: при этомъ говорятъ, что они имѣютъ различную электровозбудительную силу.

Георгъ Симошь Омъ (1787 — 1854), нѣмецкій ученый, доказалъ, что сила тока въ цѣпи прямо пропорціональна электровозбудительной силѣ и обратно пропорціональна суммѣ всѣхъ сопротивленій.

Законъ этотъ, посящій названію „закона Ома“, составляетъ простѣйшее и неизблемое основаніе всего ученія объ электрическомъ токѣ и краеугольный камень всей электротехники.

Для опредѣленія сопротивленія въ различное время были предложены различныя единицы. Такъ, еще въ 1846 году нашъ академикъ Якоби предложилъ произвольно выбранную имъ единицу сопротивленія, затѣмъ Сименсъ предложилъ приять за единицу сопротивленіе ртутнаго столба въ 1 метръ длиною и въ 1 кв. миллиметръ сѣченіемъ. Но эти единицы не привились на практикѣ и совершенно вытѣснены теперь, какъ въ наукѣ, такъ и въ электротехникѣ, единицей, названной по имени нѣмецкаго ученаго „омомъ“. Одинъ омъ равенъ сопротивленію столба ртути въ 106,3 сант. длиною и 1 кв. миллиметръ сѣченіемъ и, слѣдовательно, близко подходитъ къ единицѣ Сименса и разнится отъ нея всего на 6%. Эта единица была выбрана потому, что она стоитъ въ весьма простой связи съ другими единицами — „вольтъ“ и „амперъ“ — и приводитъ къ значительному упрощенію въ примѣненіи закона Ома.

Когда электрической токъ проходитъ по проволоцѣ, то послѣдняя нагрѣвается тѣмъ болѣе, чѣмъ сила тока и сопротивленіе проводника больше. Законы нагрѣванія проводниковъ электрическимъ токомъ были почти одновременно открыты въ 1840—1845 г. извѣстнымъ русскимъ физикомъ, академикомъ Ленцомъ (1804—1866), и англійскимъ ученымъ Джемсомъ Джоулемъ (1818 — 1883). Законъ этотъ формулируется такъ: количество теплоты, выдѣляющееся въ единицу времени въ проводникѣ подѣ дѣйствіемъ нѣкотораго тока, пропорціонально сопротивленію проводника и квадрату силы этого тока.

Джоуль \*) вывелъ этотъ законъ, пользуясь различными калориметрами, въ которые онъ погружалъ проволоки съ пропущеннымъ по нимъ токами.

Во II главѣ мы уже говорили, что въ 1800 году англійскіе ученые Карлейль и Никольсонъ разложили воду на ея составныя части—водородъ и кислородъ,—пропуская чрезъ воду токъ отъ Вольтова столба. Способность разлагать сложныя вещества, по которымъ онъ проходитъ, есть основное свойство электрическаго тока. Сложныя тѣла—это тѣла, состоящія изъ двухъ или нѣсколькихъ элементовъ (простыхъ тѣлъ), соединенныхъ между собою химически въ извѣстныхъ найныхъ отношеніяхъ.

Извѣстно, что при образованіи одного сложнаго тѣла изъ нѣсколькихъ элементовъ выдѣляется нѣкоторое количество теплоты; отсюда, изъ закона сохраненія энергіи, слѣдуетъ что для того, чтобы снова разложить это сложное тѣло на составляющія его простыя (элементы), необходимо затратить при разложеніи извѣстное количество энергіи — именно то, которое освободилось при образованіи его; энергію можно приложить или тепловую же, или химическую, или энергію электрическаго тока.

Разложеніе сложнаго тѣла на составляющіе его элементы подъ дѣйствіемъ электрическаго тока называется электролизомъ, а разлагаемое тѣло—электролитомъ. Концы проводниковъ, опущенныхъ въ электролитъ и сообщающихъ послѣдній съ источникомъ тока, называются электродами и при томъ тотъ изъ нихъ, чрезъ который токъ входитъ въ элек-

---

\*) Джемсъ Прескоттъ Джоуль—одинъ изъ величайшихъ физиковъ нашего вѣка—родился въ Салфордѣ (Англія) въ 1818 г.; изучалъ химию у знаменитаго Дальтона. Первые его изслѣдованія касались магнетизма; въ 1842 г. онъ формулировалъ приведенный сейчасъ законъ, а въ 1843 г. опубликовалъ первые результаты его изслѣдованій о механическомъ эквивалентѣ теплоты. Его многочисленныя изслѣдованія напечатаны въ отдѣльныхъ мемуарахъ, число которыхъ превосходитъ сто. Онъ умеръ въ 1889 г. въ Сале, близъ Манчестера.

тролитъ, называется анодомъ, а тотъ, чрезъ который онъ выходитъ изъ него — катодомъ.

Опытъ показалъ, что при электролизѣ разложеніе электролита происходитъ только въ мѣстахъ соприкосновенія послѣдняго съ электродами, но не по всей массѣ (раствора); что часть составныхъ частей электролита движется по направлению къ одному электроду, всѣ же остальные части — къ другому. Эти частички, направляющіяся къ электродамъ, Фарадэй назвалъ *іонами* (отъ греческаго *ιον*: идти къ); частички, направляющіяся къ аноду, онъ назвалъ *аніонами*, а идущія къ катоду — *катіонами*. Послѣ того какъ разложеніе электролита токомъ происходило уже нѣкоторое время, можно замѣтить, что *аніоны* отлагаются на анодѣ, *катіоны* — на катодѣ. Не надо думать, что *іоны* — непременно тѣла простые; они могутъ, въ свою очередь, представлять сложныя тѣла: основанія или радикалы. Такъ, при разложеніи воды на анодѣ получается кислородъ, на катодѣ — водородъ; здѣсь *іоны*, значить, — тѣла простые; но, при разложеніи мѣднаго купороса, на катодѣ получается металлическая мѣдь (тѣло простое), на анодѣ же — кислотный радикалъ, входящій въ сѣрную кислоту, въ желѣзный купоросъ и еще во многія другія соли; здѣсь, слѣдовательно, *аніонъ* — тѣло сложное.

Производя электролизъ расплавленной соли въ сосудѣ, на который не дѣйствуетъ ни соль, ни продукты ея разложенія и взявъ электроды также не измѣняющіеся отъ вліянія той и другихъ, Фарадэй нашель, что какова-бы ни была разлагаемая соль, металлъ, входящій въ ея составъ, отлагается на катодѣ, вся-же не металлическая часть, будь она простою или сложною, — на анодѣ. Фарадэй разлагалъ при своемъ опытѣ четырехлористое олово и получилъ на платиновомъ катодѣ отложеніе металлическаго олова, около же графитоваго анода происходило правильное образованіе хлора. Водные растворы солей подчиняются тому же закону. При разложеніи кислотъ водородъ выдѣляется на катодѣ, весь же остатокъ молекулы кислоты, т. е. то, что въ химіи

называютъ кислотнымъ радикаломъ, направляется къ аноду. Разложеніе происходитъ такимъ образомъ, какъ будто кислота была настоящею солью, въ которой водородъ играетъ роль металла.

Окислы металловъ (въ растворахъ)\*) слѣдуютъ подобному же закону: металлъ отправляется на катодъ, кислородъ— на анодъ.

Итакъ, соли, кислоты и основанія при электролизѣ подчиняются одному общему закону.

Явленіе электролиза воды, открытое Карлейлемъ и Никольсономъ, десять лѣтъ оставалось необъяснимымъ. Первое объясненіе было дано въ 1810 году помѣщикомъ Прибалтійскаго края, барономъ Фридрихомъ фонъ Гротгусомъ. Онъ основывался при этомъ на упомянутомъ фактѣ, по которому разложеніе электролита происходитъ только въ мѣстахъ соприкосновенія его съ электродами.

Гротгусъ предполагаетъ, что, подъ вліяніемъ тока, частицы жидкости, лежація на пути прохожденія тока еще до начала разложенія начинаютъ ориентироваться (поляризуются, какъ обыкновенно говорятъ), обращаясь своею металлическою частью къ катоду и неметаллическою частью— къ аноду. Когда частицы ориентировались, аніоны начинаютъ притягиваться къ положительному электроду, катионы— къ отрицательному и это притяженіе и вызываетъ разложеніе вещества. Но, во время своего пути, металлическая часть встрѣчаетъ свободную неметаллическую, соединяется съ ней и даетъ частицу первоначальнаго электролита; равнымъ образомъ и неметаллическая часть, встрѣтивъ на своемъ пути металлическую, даетъ съ ней молекулу первоначальнаго электролита и т. д. Свободными остаются только металлическая часть послѣдней молекулы и неметаллическая—первой молекулы; послѣдняя выдѣлится на анодѣ, а первая осядетъ на катодѣ.

Разложеніе водныхъ растворовъ солей, кислотъ и осно-

\*) Вообще основанія.

вапій часто усложняется присутвіемъ поды или же вслѣдствіе дѣйствія іоновъ на электролитъ, другъ на друга и на электроды; эти побочныя реакціи, могуція совершенно измѣнить ходъ явленія, долго вводили въ заблужденіе физиковъ, изслѣдовавшихъ электролизъ.

При разложеніи мѣднаго купороса, напр., на катодѣ выдѣляется мѣдь, кислотный радикаль ( $SO_4$ ) разлагается при соединеніи съ водою, при чемъ ангидридъ сѣрной кислоты ( $SO_3$ ) съ водою даетъ сѣрную кислоту и свободный кислородъ ( $SO_4 = SO_3 + O$ ) выдѣляется на анодѣ.

Теорія Гротгуса, которой держался и знаменитый химикъ Деви, была имъ весьма тщательно разработана и почти до самаго послѣдняго времени господствовала въ наукѣ, несмотря на то, что часто высказывались сомнѣнія въ ея правильности.

Фарадэй, не создавая стройной теоріи, высказывалъ иные взгляды на причины электролиза. О нихъ будетъ сказано ниже, а теперь остановимся на законахъ, открытыхъ Фарадеемъ.

1) Въ извѣстное время извѣстный токъ всегда выдѣляется на катодѣ одно и то же количество водорода.

Фарадэй вывелъ этотъ законъ изъ слѣдующаго опыта. Онъ вводилъ въ цѣнь нѣсколько вольтметровъ, такъ что токъ проходилъ послѣдовательно чрезъ всѣ приборы. Вольтметры содержали слабый растворъ сѣрной кислоты; въ равныя промежутки времени выдѣлялись равныя количества водорода на катодахъ всѣхъ вольтметровъ, каковы-бы ни были ихъ размѣры и форма.

Далѣе, Фарадэй производилъ слѣдующій опытъ съ тремя тождественными вольтметрами, т. е. такими, которые, будучи введены на опредѣленное время въ цѣнь, даютъ одно и то же количество водорода. Одинъ вольтметръ  $V$  онъ ввелъ въ главный проводникъ; вольтметры же  $V_1$  и  $V_2$  на развѣтвленіяхъ его  $AMB$  и  $ANB$  (см. рис. 18). Въ точкѣ  $A$  токъ развѣтвляется на два, сила которыхъ равна половинѣ его силы. Фарадэй нашель, что въ каждомъ изъ вольтметровъ  $V_1$  и  $V_2$  выдѣляется только половина того количества водорода,

которое выдѣляется въ вольтметрѣ *V*. Точно также онъ нашель, что если въ токѣ *A* токъ развѣтвляется на 3, 4 и т. д. вѣтвей, то въ соответственныхъ вольтметрахъ выдѣляется  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{4}$  и т. д. того количества водорода, которое выдѣляется въ вольтметрѣ *V*. Такимъ образомъ, Фарадэй нашель способъ сравненія между собою различныхъ токовъ по ихъ разлагающему дѣйствию, производимому ими въ одномъ и томъ же электролитѣ. Мы можемъ, поэтому, сказать, что сила какого нибудь тока вдвое, втрое, вчетверо болѣе силы другого, если въ одно и то же время онъ выдѣлитъ двойное, тройное, четверное количество водорода. Мы можемъ, слѣдовательно, измѣрять силу токовъ числами, пропорциональными вѣсамъ водорода, которые они выдѣляютъ въ одно и то же время.

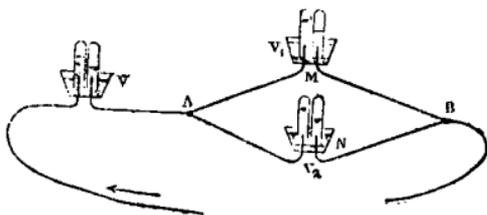


Рис. 18.

Сдѣлавъ это открытіе, Фарадэй тотчасъ же хотѣлъ убѣдиться въ томъ, существуетъ-ли подобная же зависимость между силою тока и вѣсомъ металла, освобождающагося на катодѣ. Для этого, онъ ввелъ въ цѣпь вольтметръ, содержащій сильно разбавленную фосфорную кислоту, и пробирку, нагрѣваемую лампой, въ которой (пробиркѣ) находилась какая-либо расплавленная соль. Токъ, проходя послѣдовательно черезъ вольтметръ и пробирку, въ первомъ выдѣлялъ водородъ, во второй металлъ.

Объемъ выдѣленнаго водорода давалъ его вѣсъ *P*, пропорціональный силѣ тока, вѣсъ же металла *P'* опредѣлялся непосредственнымъ взвѣшиваніемъ. Фарадэй нашель, что отношеніе  $\frac{P'}{P}$  остается постояннымъ для одного и того же металла, какова-бы ни была сила тока; вычисливъ это отношеніе, онъ нашель, что оно равно химическому эквиваленту металла. Тотъ фактъ, что токъ, освобождающій *P* граммъ водорода, обязательно выдѣляетъ *P'* граммъ опредѣленнаго

металла, побудило Фарадэя назвать эти отношенія  $\frac{P'}{P}$  электрохимическими эквивалентами, потому что они представляютъ вѣсъ металла, который, при условіяхъ опыта, отвѣчаетъ 1 грамму водорода. Но ныне мы видѣли, что это же отношеніе  $\frac{P'}{P}$  равно химическому эквиваленту металла.

Отсюда слѣдуетъ второй законъ Фарадэя.

2) При прохожденіи одного и того же тока черезъ нѣсколько электролитовъ, вѣса выдѣлившихся въ нихъ въ извѣстное время металловъ пропорціональны ихъ химическимъ эквивалентамъ.

Общій множитель пропорціональности, на который слѣдуетъ помножить химическій эквивалентъ тѣла, чтобы получить его электрохимическій эквивалентъ, равенъ электрохимическому эквиваленту водорода, т. е. 0,00001035; такъ, напр., зная атомный вѣсъ алюминія 13,5, мы можемъ сейчасъ же опредѣлить его электрохимическій эквивалентъ = 0,00001035 · 13,5 = 0,0001397. Законъ этотъ, представляющій связующее звено между химіей и ученіемъ объ электричествѣ, можетъ служить для опредѣленія электрохимическихъ эквивалентовъ всѣхъ тѣлъ по эквиваленту водорода. Наоборотъ, если нужно опредѣлить атомный вѣсъ какого нибудь тѣла, то можно воспользоваться этимъ же закономъ, опредѣливъ предварительно изъ опыта его электрохимическій эквивалентъ.

Электролизъ солей усложняется иногда особымъ явленіемъ, которое извѣстно подъ названіемъ явленія переноса іоновъ.

Возьмемъ вольтметръ большихъ размѣровъ, въ которомъ платиновые электроды расположены на значительномъ разстояніи другъ отъ друга, такъ что ихъ можно легко разобщить, напр., пористою перегородкою. Если въ такомъ вольтметрѣ разлагать сѣрнокалиевую соль и если перегородка раздѣляетъ его (вольтметръ) на двѣ равныя части, то, сдѣлавъ анализъ растворовъ въ обѣихъ частяхъ, найдемъ, что въ каждой части не хватаетъ  $\frac{1}{2}$  эквивалента

электролита; это вознаграждается тѣмъ, что на положительномъ электродѣ имѣется одинъ эквивалентъ сѣрпой кислоты ( $H_2SO_4$ ), а на отрицательномъ — эквивалентъ кали ( $K_2O$ ). Это — нормальный случай электролиза.

Для нѣкоторыхъ другихъ солей, какъ, напр., хлористаго кальція, констатировано, напротивъ, что, во время прохожденія тока не только электролитъ разлагается, но, кромѣ того, жидкость сгущается (становится плотнѣе) у отрицательнаго электрода и становится менѣе плотною у положительнаго электрода; явленіе происходитъ такъ, какъ будто кромѣ электролиза происходилъ еще переносъ растворенной соли отъ одного полюса къ другому по направленію тока. Въ расплавленныхъ соляхъ это явленіе никогда не имѣеть мѣста.

Это явленіе было изслѣдовано Гитторфомъ (въ 1853 — 1859 гг.), который объясняетъ его тѣмъ, что іоны переносятся чрезъ электролитъ съ неодинаковыми скоростями.

Фарадѣй, какъ уже было говорено, не соглашался съ теоріей Гротгуса. По его мнѣнію слѣдуетъ допустить, что іоны свободны въ растворѣ еще до электролиза и что внутреннія химическія отношенія веществъ, вѣроятно, подвержены измѣненіямъ. Идеи Фарадэя, въ которыхъ кроется зародышъ нынѣшней теоріи электролиза и диссоціаціи въ растворахъ, не были поняты, пока въ 1857 году знаменитый нѣмецкій физикъ Клаузіусъ не развилъ ихъ и не возвелъ въ цѣльное ученіе, разработанное дальше, и теперь еще разрабатывающееся цѣлою плеядою ученыхъ — Оствальдомъ, Кольраушемъ, Арреніусомъ, и др. Въ прежнихъ физикахъ электролизъ представлялъ одну главу, теперь глава эта разрослась въ цѣлую науку — *электрохимию*, которой посвящены уже многія болѣе или менѣе объемистыя руководства и спеціальныя сочиненія.

Особый отдѣлъ электрохиміи посвященъ теоріи возникновения электрическаго тока въ гальваническихъ элементахъ.

Прошло сто лѣтъ съ тѣхъ поръ, какъ сталъ извѣстенъ гальваническій элементъ, послужившій исходнымъ типомъ

для всѣхъ тѣхъ источниковъ электрическаго тока, которые составляютъ изъ проводниковъ перваго и втораго рода. Несмотря на то, что гальваническіе элементы находятся въ обращеніи уже такъ давно, теорія ихъ до самаго послѣдняго времени оставалась невыясненною. Принятія въ наукѣ до сего времени—теорія соприкосновенія (контакта) и химическая теорія не въ состояніи удовлетворительно объяснить происхожденіе гальваническаго тока въ элементахъ.

Только въ 1889 году Нернсту, въ Гёттингенѣ, удалось, при помощи осмотической теоріи, наглядно представить механизмъ образованія тока \*). Теорія Нернста опирается на широкое и прочное основаніе. Она основана на нѣкоторыхъ другихъ теоріяхъ, которыя принадлежатъ также послѣднему времени и касаются существеннѣйшихъ вопросовъ наиболее юной отрасли химіи — физической химіи. Особенно важны въ этомъ отношеніи теорія Гельмгольца, касающаяся электропроводности электролитовъ, теорія электролитической диссоціаціи Аррениуса и теорія растворовъ ван-т Гоффа. Всѣ названныя теоріи нашли въ настоящее время должное признаніе не только потому, что онѣ достаточно подтверждены опытомъ, но и потому, что онѣ разъяснили большую область физическихъ и химическихъ явленій, которыя до того времени оставались загадочными.

Мы не имѣемъ возможности познакомить здѣсь читателей съ теоріей Нернста, такъ какъ не можемъ у нихъ предположить знанія всѣхъ отдѣловъ электрохиміи, на которыхъ она основана. Но считаемъ умѣстнымъ помѣстить здѣсь наглядное объясненіе дѣйствія гальваническаго элемента, данное Оствальдомъ—однимъ изъ современныхъ ученыхъ, занимающихся изслѣдованіями въ области электрохиміи. Описание это мы заимствуемъ изъ цитированной сейчасъ книги Р. Люкке. Оствальдъ называетъ гальваническій элементъ машиною, приводимую въ движеніе давленіемъ (осмотичес-

---

\*) *Роб. Люкке, Основанія электрохиміи. Перев. С. Солоновъ. 1897 г.*

кимъ), и это опредѣленіе позволяетъ объяснить возникновеніе и развитіе гальваническаго тока на модели водопровода, какъ изображено на рис. 19. Хотя эта аналогія и не во всѣхъ подробностяхъ отвѣчаетъ сути дѣла, тѣмъ не менѣе при помощи ея возможно сдѣлать наглядными основныя понятія и взаимное соотношеніе разсматриваемыхъ здѣсь величинъ.

Резервуары *A* и *K*, заключающіе воду, вмѣстѣ съ насосомъ *P*, представляютъ гальваническій элементъ, водопроводная трубка *abcd*—внѣшній проводникъ тока. Если водопроводъ въ *H* прерванъ, при помощи зажима, и насосъ не работаетъ, то въ сообщающихся трубкахъ *r<sub>I</sub>*, *r<sub>II</sub>*, *r<sub>III</sub>* вода стоитъ на той же высотѣ, какъ и въ *K*; точно также потенциалъ незамкнутого проводника равенъ потенциалу на электродѣ. Но если зажимъ открыть, то уровень воды въ этихъ

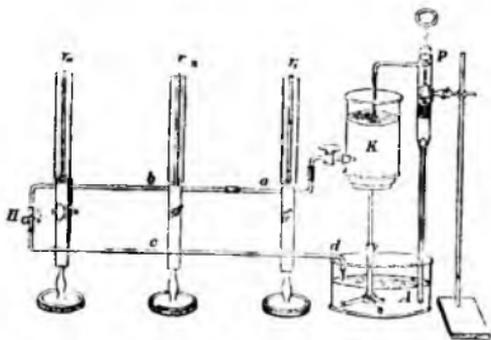


Рис. 19.

трубкахъ все болѣе и болѣе понижается; также и въ проводникѣ замкнутой цѣпи потенциалъ постепенно убываетъ. Въ *d* вода вытекаетъ въ резервуаръ *A*, который можно сравнивать съ анодомъ; она вытекаетъ съ тѣмъ большею скоростью, чѣмъ больше разность уровней въ резервуарахъ *K* и *A*. Механическая энергія, именно произведеніе количества вытекающей воды на напоръ (разность уровней), соответствуетъ (если оставить въ сторонѣ побочныя обстоятельства) получаемой отъ источника тока электрической энергіи. Для того, чтобы количество протекающей въ единицу времени воды, отвѣчающее количеству электричества, оставалось постояннымъ, насосъ *P* долженъ поднимать въ резервуаръ *K* въ единицу времени количество воды, равное протекающему, т. е. дѣйствовать такимъ образомъ, чтобы разность уровней, аналогичная разности потенциаловъ, не измѣня-

лась. Разность уровней, главнымъ образомъ, опредѣляется вышиною штатива, поддерживающаго резервуаръ *K*; высота столба жидкости надъ выпускнымъ краномъ можетъ быть невелика, сравнительно съ высотой штатива. Внутреннему сопротивленію элемента соотвѣтствуетъ способъ работы насоса. Если насосъ работаетъ легко, то изъ резервуара *K* можно въ единицу времени получать болѣе значительное количество воды, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда насосъ работаетъ съ трудомъ. Въ послѣднемъ случаѣ слѣдуетъ нѣсколько завернуть выпускной кранъ; точно также нары съ высокимъ внутреннимъ сопротивленіемъ не могутъ дать токовъ большой силы. Но количество вытекающей воды зависитъ еще отъ сопротивленія трубки (тренія); точно также количество электричества зависитъ отъ сопротивленія проводника. Чѣмъ меньше поперечникъ трубки, тѣмъ меньше вытекаетъ воды, тѣмъ больше работы тратится на треніе о стѣнки трубки, тѣмъ медленнѣе долженъ работать насосъ; точно также токъ элемента при тонкомъ проводникѣ производитъ меньше химическихъ превращеній. При значительномъ поперечникѣ водопроводной трубки насосъ долженъ работать быстрѣе, чтобы исполнить въ *K* большія количества воды, вытекающія въ *A*; также точно и въ элементѣ при толстомъ проводникѣ болѣе значительны количества веществъ испытываютъ химическія превращенія. Съ увеличеніемъ длины трубокъ возрастаетъ сопротивленіе тренія и количество вытекающей воды становится меньше. Но зависимость между уменьшеніемъ количества вытекающей воды и длиною трубокъ очень сложная, тогда какъ сила тока просто обратно пропорціональна длинѣ проводника. Если ввести въ приборъ вмѣсто воды другія жидкости, то оказывается, что, при равныхъ прочихъ условіяхъ, количество вытекающей жидкости зависитъ отъ природы послѣдней, въ особенности отъ консистенціи ея; точно также сопротивленіе различныхъ металловъ различно.

Однимъ изъ главныхъ приложений электролиза является осажденіе металловъ гальваническимъ путемъ: гальваноплас-

тика, гальваническое золоченіе, серебреніе, никкелированіе и проч. Гальванопластика, получившая свое названіе отъ знаменитаго Гальвани, была, повидимому, знакома уже древнимъ египтянамъ. Глиняные кубки, деревянные наконечники копій, найденные при раскопкахъ въ Оивахъ и Мемфисѣ, покрыты слоемъ металла, не обнаруживающаго никакихъ признаковъ плавки и ручной обработки. Равномѣрное строеніе этого металлическаго слоя представляетъ настолько яркую аналогію съ произведеніями современной гальванопластики, что нѣкоторые ученые допускаютъ возможность знакомства древнихъ египтянъ съ этимъ искусствомъ. Въ Африкѣ, дѣйствительно, встрѣчаются мѣсторожденія рудъ, содержащихъ сѣрнокислую мѣдь, а на Кипрѣ достаточно пополоскать нѣкоторое время желѣзный предметъ въ водѣ, чтобы онъ покрылся мѣдью. Все это могло навести египтянъ на открытіе гальванопластики \*).

Какъ бы то ни было, гальванопластика извѣстна намъ лишь съ 1837 года. Вольта замѣтилъ, что, при пропусканіи тока отъ его столба черезъ растворъ металлической соли, металлъ отлагается на отрицательномъ полюсѣ; Бруньятели, профессоръ университета въ Павіи, ученикъ Вольты, получилъ при помощи элемента на серебряныхъ медаляхъ слабый палетъ золота. Но все это были только попытки.

Русскій физикъ, профессоръ Дерптскаго университета, Якоби, рассматривая элементъ Даниеля, замѣтилъ на мѣдномъ листѣ, опущенномъ въ растворъ сѣрнокислой мѣди и образующемъ отрицательный полюсъ элемента, тонкій слой мѣди. Онъ снялъ его и увидѣлъ, что внутренняя его поверхность въ точности воспроизводила малѣйшія неровности на паружной поверхности мѣднаго листа. Это простое наблюденіе послужило исходною точкою знаменитаго изобрѣтенія.

Германнъ Якоби родился въ Потсдамѣ въ 1790 году и умеръ въ С.-Петербургѣ въ 1874 г.; въ 1818 г. онъ отпра-

---

\*) См. *Desbeaux*, *Physique populaire*, p. 466.

вился въ Петербургъ, сдѣлался русскимъ поданнымъ, и былъ назначенъ профессоромъ физики въ Дерптѣ. Когда въ 1832 г. ему была поручена постройка телеграфа между Зимнимъ дворцомъ въ столицѣ и Лѣтнимъ дворцомъ въ Царскомъ Селѣ, онъ замѣтилъ, что если вложить проволоки (проводники) въ стеклянныя трубки и помѣстить послѣднія надъ землей, то можно замкнуть токъ съ землей и избѣгнуть такимъ путемъ двойные проводы при постройкѣ телеграфовъ. Словомъ, онъ сдѣлалъ важное открытіе, по которому всякій телеграфъ можетъ состоять изъ одного воздушнаго провода, обратнымъ же проводомъ можетъ служить земля.

Другой, весьма важный въ исторіи гальванопластики фактъ, былъ открытъ Якоби случайно: онъ нашелъ, что любое вещество, даже не проводящее тока, можетъ служить формою для гальванопластическихъ оттисковъ. Обозначивъ карандашемъ изъ графита нѣсколько пористыхъ сосудовъ, которые должны были идти для устройства элементовъ Даниеля, Якоби замѣтилъ, что, послѣ дѣйствія этихъ элементовъ, карандашныя отмѣтки покрылись слоемъ мѣди. Такимъ образомъ, оказалось, что всякую форму можно было сдѣлать проводникомъ, покрывая ее просто слоемъ графита.

Когда требуется только покрыть металлическій предметъ слоемъ другого металла, то примѣняютъ всегда одинъ и тотъ же способъ и мѣняютъ только составъ электролитической ванны, соотвѣтственно съ тѣмъ, какой металлъ нужно осаждать. Чтобы осаждающійся слой держался прочно, необходимо тщательно вычистить предметъ, удаливъ всѣ грязныя частички промывкою въ растворѣ соды, потомъ въ водѣ; для удаленія небольшихъ примѣсей окисловъ, предметъ слѣдуетъ обмыть слабымъ растворомъ сѣрной или азотной кислотъ. Затѣмъ предметъ промывается водою и сушится.

Составъ ваннъ бываетъ весьма различный. Для осажденія мѣди необходимы весьма кислые растворы; берутъ растворъ, содержащій приблизительно 825 граммовъ сѣрно-кислой мѣди на 825 сантиграммовъ сѣрной кислоты (при

60 град. Боме) въ 10 литрахъ воды. Положительный электродъ дѣлають изъ чистой мѣди, которая растворяясь, по мѣрѣ того, какъ мѣдь отлагается на катодѣ, поддерживаетъ постоянство состава ванны.

Для полученія гальванопластическаго оттиска, приготовляютъ сначала негативный отпечатокъ, т. е. такой, въ которомъ каждой выпуклости оригинала соотвѣтствовало бы углубленіе и каждому углубленію—выпуклость. Этотъ оттискъ называется матрицею. Матрицу дѣлають, смотря по обстоятельствамъ, изъ воска, стеарина, гуттаперчи, гипса, или легконлавкихъ сплавовъ; на этихъ веществахъ, размягченныхъ пагрѣваніемъ, дѣлають оттискъ предмета. Если негативные оттиски сдѣланы на непроводящихъ токъ веществахъ, то ихъ дѣлають проводящими. Эту операцію называютъ металлизированіемъ. Для металлизированія берутъ тонкій графитовый порошокъ, который помощью кисточки и щетки наводятъ на поверхность оттиска. Чрезвычайно тонкій слой графита дѣлаеть поверхность предмета проводящею. Приготовленный оттискъ подвѣшиваютъ, какъ катодъ, въ гальванопластическую ванну съ растворомъ мѣднаго купороса и даютъ мѣди осаждаться въ теченіе одного или нѣсколькихъ дней. Когда осадокъ сдѣлается достаточно толстымъ, матрицу вынимають изъ аппарата и осторожно снимають съ нея мѣдный слой. Чтобы придать ему больше крѣпости, его позади заливають сплавомъ изъ свинца и олова.

Первыя попытки золоченія при помощи тока были сдѣланы Бруньятели. Барраль, Шеваллье и Генри повторяли его опытъ, въ точности слѣдуя его указаніямъ, но результаты получились крайне неудовлетворительные, такъ что, надо думать,—итальянскому ученому дальше попытокъ не удалось пойти. Въ 1825 году Де Ла Ривъ, въ Женевѣ, возобновилъ опыты Бруньятели, но также довольно безуспѣшно. Онъ пытался разлагать токомъ хлорное золото, взявъ за катодъ мѣдный предметъ, подлежащій золоченію; но хлоръ, выдѣленный электролизомъ, дѣйствовалъ на мѣдь—вотъ и причина неуспѣха.

Впослѣдствіе оказалось, что неуспѣхъ всѣхъ попытокъ гальваническаго золоченія происходилъ отъ того, что изслѣдователи брали кислоты ванны. Основываясь на превосходныхъ результатахъ, получаемыхъ ими при помощи щелочныхъ растворовъ для золоченія погруженіемъ, братья Элкингтонъ стали пробовать брать тѣ же растворы за электролиты. Результаты получились настолько совершенные, что Генрихъ Элкингтонъ взялъ патентъ на свое изобрѣтеніе (1840 г.). Это былъ, такъ сказать, моментъ рожденія гальваническаго золоченія. Въ тотъ же самый день братъ Генриха, Ричардъ Элкингтонъ взялъ патентъ на гальваническое серебреніе.

Съ легкой руки братьевъ Элкингтоновъ многими изобрѣтателями были открыты различные способы гальваническаго золоченія и серебренія.

Въ настоящее время для гальваническаго серебренія и золоченія обыкновенно берутъ: для перваго растворъ двойной синеродистой соли калия и серебра, для втораго—смѣсь водныхъ растворовъ синеродистаго калия и хлорнаго золота. Всякій предметъ, подлежащій серебренію или золоченію, долженъ быть предварительно покрытъ слоемъ мѣди. Анодъ, подвергающійся растворенію во время пропусканія тока, дѣлается изъ серебряной или золотой пластинки. Для никкелированія употребляютъ ванну изъ раствора двойной сѣрнокислой соли никкеля и аммонія и никкелевой аподы. Чтобы судить о распространеніи электрохимическаго способа серебренія, достаточно сказать, что одна только фирма Кристофля въ Парижѣ расходуетъ на такое серебреніе около 5.000 килограммовъ серебра въ годъ. Количество серебра, отлагаемаго электрическимъ путемъ ежегодно во всемъ мірѣ, превосходитъ 125 тысячъ килограммовъ. Никкелированіе распространено еще больше. Теперь покрываютъ блестящимъ слоемъ никкеля всевозможные предметы, даже кухонныя кастрюли и проч. Гальваническое золоченіе примѣняется тоже очень часто для позолоты всевозможныхъ предметовъ.

Обрисовавъ здѣсь въ общихъ чертахъ исторію открытія способовъ гальваническаго осажденія металловъ, мы считаемъ свою задачу оконченною и позволяемъ себѣ не вдаваться въ дальнѣйшія подробности, такъ какъ это значило бы перейти въ область техники.

## Г Л А В А VII.

### Электрическій свѣтъ.—Примѣненіе теплого дѣйствія тока.

Электрическая искра, получаемая въ машинахъ трещія, и, вообще, способность электричества производить свѣтотыя явленія извѣстна уже давно, но потребовалось много времени и труда, чтобы найти возможность примѣнить это свойство электричества къ практическимъ цѣлямъ.

Такъ называемая „вольтова дуга“ была открыта нашимъ русскимъ ученымъ, профессоромъ Медико-хирургической академіи, Василиемъ Петровымъ. Занимаясь изслѣдованіями различныхъ явленій, производимыхъ электрическимъ токомъ, Петровъ въ 1803 году открылъ свѣтовую дугу, образующуюся между двумя углями, по которымъ проходитъ токъ, находящимися другъ отъ друга на нѣкоторомъ разстояніи. Профессоръ Петровъ описалъ свое открытіе на русскомъ языкѣ,—вотъ почему за границей объ немъ никто не зналъ. Неудивительно, поэтому, что въ курсахъ физики говорится обыкновенно, что открытіе вольтовой дуги было сдѣлано Гумфри Деви. Пять лѣтъ послѣ выхода въ свѣтъ книги проф. Петрова, т. е. въ 1808 году, знаменитый англійскій химикъ Гумфри Деви (1778—1829 г.)\*), замкнувъ цѣпь батареи Вольты въ 2,000 элементовъ двумя заостренными на концахъ угольными карандашами, замѣтилъ, что если сначала привести карандаши въ соприкосновеніе, а потомъ нѣсколько раздвинуть ихъ, то между

\*) Открылъ металлы: калий и натрій.

ними получается ослѣпительно-яркая свѣтовая дуга, которую онъ назвалъ вольтовой дугою. Извѣстіе объ открытіи Деви облетѣло весь цивилизованный міръ.

Согласно закону Джоуля-Ленца (см. гл. VI), проводникъ, по которому идетъ токъ, нагрѣвается тѣмъ сильнѣе, чѣмъ больше его сопротивленіе и значительнѣе сила тока. Въ явленіи вольтовой дуги сопротивленіе обуславливается слоемъ воздуха, расположеннымъ между концами углей. Яркій свѣтъ дуги обуславливается тѣмъ обстоятельствомъ, что токъ при выходѣ изъ угля отрываетъ отъ него безчисленное множество мелкихъ частичекъ и, вслѣдствіе сопротивленія воздуха, раскаляетъ ихъ до бѣла. Вольтова дуга представляетъ ни что иное, какъ большое число такихъ раскаленныхъ до бѣла угольныхъ частичекъ, которыя и образуютъ для тока путь отъ одного угля къ другому. Отрываніе частицъ есть причина того, что положительный уголь (соединенный съ положительнымъ полюсомъ батареи) сгораетъ вдвое скорѣе отрицательнаго. Вслѣдствіе этого разстояніе между углями съ теченіемъ времени все увеличивается и наконецъ вольтова дуга прекращается. Чтобы поддерживать постоянный свѣтъ, необходимо отъ времени до времени сближать угли.

Поэтому, вниманіе техниковъ прежде всего было обращено на изобрѣтеніе регуляторовъ, т. е. приборовъ, служащихъ для того, чтобы удерживать угольные концы постоянно въ надлежащемъ разстояніи другъ отъ друга. Сначала примѣнялись ручные регуляторы, но потомъ стали появляться регуляторы самодѣйствующіе, въ которыхъ токъ самъ регулируетъ разстояніе между угольными концами. Первый приборъ такого рода былъ построенъ Фуко; далѣе появились изобрѣтенія Дюбоска, Серрена, Чиколева, Пипера и многихъ другихъ. Регуляторы, употребляемые въ настоящее время, основаны на одномъ и томъ же началѣ: дуга, входя въ составъ цѣпи, не можетъ измѣнять свою длину, а, слѣдовательно, и оказываемое ею току сопротивленіе, не вліяя на силу тока; когда угли изнаются, сопро-

тивленіе дуги увеличивается и сила тока уменьшается. Вотъ этимъ-то уменьшеніемъ силы тока воспользовались для того, чтобы поддерживать концы карандашей на постоянномъ взаимномъ разстояніи. Съ этою цѣлью въ цѣпь введенъ электромагнитъ, движеніе якоря котораго обуславливается съ одной стороны силою магнита, съ другой — упругостью пружины. Когда сила тока уменьшается, слабѣетъ и магнетизмъ—пружина беретъ перевѣсъ и сообщаетъ якорю движеніе, которое приводитъ въ дѣйствіе механизмъ, приближающій концы углей.

Для того, чтобы движенія углей были плавны, а не происходили скачками, употребляютъ особые механизмы, болѣе или менѣе сложные, безъ которыхъ лампы дѣйствовали бы весьма плохо. Иногда употребляютъ часовые механизмы, иногда маленькіе электрическіе двигатели и т. п. Понятно, что всегда было стремленіе уничтожить эти механизмы и тѣмъ упростить и удешевить лампы. Между изобрѣтеніями этого рода особаго вниманія достойна, такъ называемая, свѣча Яблочкова.

Яблочкову пришла счастливая мысль расположить угли не другъ надъ другомъ, а рядомъ, такъ что дуга получается горизонтальная.

„Мое изобрѣтеніе, писалъ Яблочковъ 23 мая 1876 г., состоитъ въ томъ, что я совершенно обхожусь безъ всякаго механизма, употребляемаго обыкновенно въ электрическихъ лампахъ. вмѣсто того, чтобы устраивать автоматическое сближеніе углей, по мѣрѣ ихъ сгоранія, я располагаю угли рядомъ, отдѣляя ихъ изолирующимъ веществомъ, способнымъ сгорать вмѣстѣ съ ними, напр., каолиномъ“.

Кромѣ каолипа (фарфоровой глины) изолирующимъ веществомъ служила еще смѣсь гипса съ баритомъ и другіе составы; для образованія дуги между углями, верхніе концы ихъ соединяются проводящимъ слоемъ,—т. н. запаломъ.

При прежнихъ электрическихъ лампахъ дробленіе свѣта было невозможно, т. е. нельзя было ввести послѣдовательно

цѣлый рядъ такихъ лампъ въ токъ одной и той же динамомашинны. Когда вводили въ цѣль нѣсколько лампъ послѣдовательно одну за другою, то неправильности въ дѣйстви одной имѣли слѣдствіемъ неправильности во всѣхъ другихъ; когда гасла одна лампа, то и всѣ остальные гасли. Сначала свѣчи Яблочкова были испробованы съ токами постоянного направленія; но при этомъ оказалось, что свѣченіе продолжается недолго, такъ какъ одна изъ угольныхъ палочекъ сгораетъ вдвое быстрѣе другой и разстояніе между концами углей съ теченіемъ времени увеличивается. Когда же были взяты токи переменнаго направленія, то дѣйствіе свѣчи оказалось превосходнымъ: оба угля сгораютъ тогда одинаково скоро и даютъ ровный свѣтъ. Равномѣрное горѣніе яблочковой свѣчи позволило достигнуть дробленіе свѣта.

Простота свѣчи Яблочкова, сравнительно съ другими дуговыми лампами, послужила причиною, почему одно время, въ 70-хъ годахъ, она получила широкое распространеніе. Это былъ первый источникъ электрическаго свѣта, который получилъ практическое примѣненіе и заставилъ техниковъ обратить особенное вниманіе на этотъ родъ освѣщенія. Съ тѣхъ поръ пользованіе вольтовой дугой для освѣщенія стало входить во всеобщее употребленіе. Но въ настоящее время свѣчи Яблочкова почти не употребляются. Это зависитъ, во первыхъ, отъ того, что требующіеся для нея переменныя токи до настоящаго времени еще мало распространены; главный же недостатокъ свѣчи—непостоянство ея свѣта, зависящее отъ неоднородности помещеннаго между углями изолирующаго слоя.

Познакомившись вкратцѣ съ дуговыми лампами, обратимся къ исторіи электрическихъ лампъ, основанныхъ на другомъ началѣ,—лампъ накаливанія. Эти лампы дѣйствуютъ благодаря тепловому эффекту, производимому токомъ. Если токъ достаточно силенъ, чтобы накаливать проволоку до бѣла, то она вмѣстѣ съ тепловыми лучами испускаетъ ослѣпительный свѣтъ.

Всѣ лампы съ накаливаніемъ основаны на одномъ началѣ: тонкая угольная нить, помѣщенная въ стеклянный сосудъ, изъ котораго выкаченъ воздухъ, накаливается дѣйствіемъ тока и начинаетъ свѣтить. Первые попытки примѣнить это начало на практикѣ принадлежатъ Молейнсу (въ 1841 году) и русскимъ электротехникамъ Булыгину и Ладыгину; послѣдніе устраивали подобныя лампы въ Петербургѣ.

Но попытки эти не увѣнчались успѣхомъ; лишь Свану и Эдисону удалось приготовить лампы дѣйствительно примѣнимыя на практикѣ: они нашли способъ получать весьма тонкія и въ то же время прочныя нити изъ угля. Уголь—самый подходящій матеріалъ для лампъ съ накаливаніемъ. Дѣйствительно, онъ испускаетъ въ бѣлокалильномъ жару большое количество свѣта; кромѣ того, точка плавленія угля такъ высока, что до сихъ поръ уголь не удалось еще расплавить. Такъ какъ уголь въ воздухѣ легко сгораетъ, то угольныя нити помѣщаются въ стеклянные шары, изъ которыхъ выкаченъ воздухъ.

Нѣкоторые спеціалисты увѣряютъ, что способъ приготовления угольныхъ нитей заимствованъ Эдисономъ у французскаго инженера Шанжи, который еще въ 1858 году пользовался „обугленными растительными волокнами“ для опытовъ съ свѣтомъ накаливанія. Какъ бы то ни было, но первая практически-пригодная лампа накаливанія вышла изъ рукъ знаменитаго американскаго изобрѣтателя въ 1880 году.

Эдисонъ далъ слѣдующій способъ приготовления угольной дужки изъ коры бамбука. Когда кора расщеплена, остругана и волокно приданы надлежащіе размѣры, его изгибаютъ въ дугу. Затѣмъ волокно помѣщается между двумя муфтами и подвергается обугливанію дѣйствіемъ жара. Концы приготовленной такимъ образомъ угольной дужки покрываются гальванопластически мѣдью и принаиваются къ двумъ платиновымъ проволокамъ, предварительно вилавленнымъ въ стеклянную трубочку. Эта стеклянная трубочка вмѣстѣ съ угольной дугою вводится внутрь стекляннаго шарика, открытаго сверху и снизу, и принаивается къ нему;

затѣмъ чрезъ верхнее трубчатое отверстіе изъ шарика выкачиваютъ воздухъ, конецъ стеклянной трубки запаивается— и лампа готова.

Послѣ эдисоновскихъ самыми распространенными лампами накаливанія являются лампы Свана и Максима. Сванъ получаетъ угольную дужку путемъ обугливанія хлончатобумажной пшты, Максимъ—обугливаніемъ полоски бристольтскаго картона. Во всѣхъ этихъ лампахъ угольная дужка находится въ безвоздушномъ пространствѣ и, поэтому, сгорать не можетъ. Тѣмъ не менѣе она изнашивается—разрушается самимъ токомъ, который отрываетъ отъ нея мельчайшія частицы угля. Поэтому, эдисоновскія лампы, напр., могутъ служить не болѣе 800 часовъ ( $33\frac{1}{3}$  дня).

Идея освѣщать электричествомъ цѣлый городъ, устраивая, какъ при газовомъ освѣщеніи, цѣлыя сѣти проводовъ, отъ которыхъ отвѣтвленія шли бы въ дома для освѣщенія, впервые была осуществлена Эдисономъ въ Нью-Йоркѣ. Для этого Эдисонъ проложилъ вдоль улицъ Нью-Йорка провода, которые для защиты вложилъ въ газонпроводныя трубы. Газовая труба охватываетъ два толстыхъ желѣзныхъ сегмента, отдѣленныхъ отъ трубы и другъ отъ друга изолирующимъ матеріаломъ. По одному мѣдному канату токъ идетъ отъ центральной станціи, по другому возвращается къ ней. Побочные провода, отвѣтвляющіеся отъ главнаго, проведены въ второстепенныя улицы и въ дома.

Лампочки накаливанія сравнительно съ дуговыми лампами представляютъ большія удобства. Они не требуютъ никакого ухода, дешевы и позволяютъ дробить свѣтъ. Поэтому, только со времени изобрѣтенія лампочекъ накаливанія электрическое освѣщеніе начало быстро распространяться повсюду.

Изъ многочисленныхъ примѣненій, основанныхъ на тепловыхъ дѣйствіяхъ тока, одно изъ видныхъ мѣстъ занимаютъ способы электрическаго паянія Томсона и Бенардоса и способъ инженера Славянова электрической отливки и спайки металловъ.

Въ 1891 году Томсонъ открылъ способъ электрическаго паяннїа металловъ, основанный на слѣдующемъ началѣ. Если двѣ металлическія части привести въ соприкосновеніе и пропустить чрезъ нихъ токъ, то въ мѣстѣ соприкосновенія электрической токъ встрѣтитъ большое сопротивленіе и соприкасающіяся части могутъ нагрѣться настолько, что начнутъ плавиться. Если ихъ въ это время сжать и затѣмъ прервать токъ, то по охлажденіи они окажутся спаянными. Для своихъ работъ Томсонъ пользуется переменнымъ токомъ, доставляемымъ динамо-машиною.

Открытый почти одновременно съ томсоновскимъ способъ Бенардоса основанъ на совершенно иномъ началѣ. Въ этомъ способѣ жаръ, развиваемый вольтовой дугой, который можетъ доходить до  $4000^{\circ}$  С., употребляется для расплавленія тѣхъ частей металлическихъ предметовъ, которыя требуется спаять. Спаиваемые предметы кладутся на чугунную наковальню, соединенную съ отрицательнымъ зажимомъ динамо-машины или батареи аккумуляторовъ. Положительный полюсъ машины или батареи присоединяется при помощи гибкаго проводника къ угольной палочкѣ, вставленной въ рукоятку изъ дерева или другого изолирующаго вещества. Эту угольную палочку подносятъ къ мѣсту соприкосновенія частей, которыя нужно спаять. Между углемъ и металломъ образуется вольтова дуга, металлъ подъ ея дѣйствіемъ плавится и части спаиваются.

Первая практическая установка Бенардоса (въ С.-Петербурѣ) состояла изъ паровой машины въ 22 пар. лош., которая приводила въ движеніе динамо-машину Сименса. Токъ отъ машины отводился къ батареѣ аккумуляторовъ, состоявшей изъ трехъ группъ, соединенныхъ параллельно; каждая группа, въ свою очередь, состояла изъ 50 элементовъ, соединенныхъ послѣдовательно.

Теплота, развиваемая вольтовой дугой, настолько значительна, что подъ ея дѣйствіемъ плавятся всѣ металлы. Сэръ Вильямъ Сименсъ, производившій рядъ опытовъ надъ электрическимъ плавленіемъ различныхъ металловъ, устроилъ

для этой цѣли особенный тигель, въ которомъ ему удалось расплавлять массу желѣза въ 9 фунтовъ въ продолженіе 20 минутъ, массу платины въ 7 фунтовъ—въ полчаса и т. д.

Извѣстный французскій химикъ Муассанъ въ 1893 году приготавлилъ искусственные алмазы при помощи сильнаго жара, достигаемаго въ изобрѣтенной имъ электрической печи, растворивъ уголь въ расплавленномъ чугунѣ и давая этому раствору и избытку угля охлаждаться подѣ сильнымъ давленіемъ.

Электрическая печь составляетъ приобрѣтеніе новаго времени, дающее возможность получать жаръ до  $3500^{\circ}$  С., какой не даетъ даже пламя гремучаго газа ( $2000^{\circ}$  С.). Стоитъ эта печь изъ двухъ плитъ известняка, положенныхъ другъ на друга плоскою поверхностью. Въ нижнемъ кускѣ дѣлается углубленіе для помѣщенія обрабатываемаго тѣла между толстыми угольными электродами. При жарѣ въ  $2000^{\circ}$  С. не только всѣ металлы, но известъ и магнезія размягчаются. Въ электрической печи Муассану удалось получить, кромѣ графита и угля, нѣсколько кусочковъ (черныхъ и прозрачныхъ), чертящихъ рубинъ и обладающихъ всѣми свойствами алмаза (удѣльный вѣсъ ихъ отъ 3 до 3,5 и пр.). Словомъ, электричество дало возможность получить искусственнымъ путемъ настоящіе алмазы.

Нѣсколько лѣтъ тому назадъ горный инженеръ Славяновъ примѣнилъ вольтову дугу къ отливкѣ и спайкѣ металловъ. Электрическая отливка заключается, главнымъ образомъ, въ наливаніи расплавляемаго электрическимъ токомъ металла, на часть поверхности металлическаго предмета, при чемъ эта часть тоже расплавляется и весьма совершенно сливается съ паливаемымъ металломъ. Однимъ изъ электродовъ вольтовой дуги служитъ предметъ, на который наливается металлъ, другимъ—плавящійся стержень изъ паливаемаго металла. Способъ Славянова примѣняется для починки сломанныхъ металлическихъ предметовъ, къ заливанію раковинъ въ чугунныхъ и мѣдныхъ отливкахъ, къ отливкѣ и принаиванію отломанныхъ частей, и т. д.

Гальваническій токъ только въ послѣднее время нашель себѣ примѣненіе для отопленія, не смотря на то, что тепловое дѣйствіе тока (см. гл. VI) извѣстно такъ же давно, какъ и свѣтовое.

Всѣ существующіе въ настоящее время способы электрическаго отопленія основаны на свойствѣ тока накаливать проволоку, по которой опъ проходитъ. При этомъ проволока должна оказывать току возможно большее сопротивленіе и, вмѣстѣ съ тѣмъ, матеріалъ ея не долженъ быстро разрушаться отъ окисленія. На практикѣ чаще всего употребляютъ проволоки изъ новаго серебра, хотя берутъ также и желѣзныя и платиновыя. Такъ какъ проволока не годится для передачи теплоты, то ее всегда окружаютъ другими тѣлами: фарфоромъ, асбестомъ, металломъ съ изолирующею подставкою; эти тѣла и излучаютъ равномерно переданную имъ проволокою теплоту.

При настоящемъ положеніи электротехники слабымъ мѣстомъ электрическаго отопленія является его сравнительная дороговизна. Но недостатокъ этотъ, надо надѣяться, только временный. За то новый способъ имѣетъ преимущества предъ обычными: чистота, изящество, удобное манипулированіе и экономичность: теплоту, развиваемую токомъ, удается утилизировать гораздо полнѣе, чѣмъ теплоту обыкновенныхъ печей.

Въ настоящее время существуютъ электрическія кухни, аппараты для жаренія и печенія, для нагрѣванія утюговъ и проч. Всѣ они очень изящны и удобны и гораздо опрятнѣе керосинокъ, бензинокъ, спиртовыхъ машинокъ, не говоря уже о простыхъ печахъ. Устройство всѣхъ этихъ небольшихъ приборовъ одно и то же: въ стѣнки сосуда вложены спиральные обороты проволоки; какъ только соединить приборъ съ источникомъ тока, котель, печь, горшокъ, утюгъ и проч. накаливается въ нѣсколько секундъ. Такой приборъ вводится въ цѣль такъ же легко, какъ и лампочки накаливанія и требуетъ почти столько же тока, какъ и послѣднія. Поэтому, въ домахъ, освѣщаемыхъ электричествомъ, очень удобно ввести и электрическіе нагрѣватели. Существуютъ

также весьма изящныя „нагрѣвательныя пластины“: ихъ ставятъ на столъ, какъ самоваръ, а на нихъ устанавливаютъ котелки, чугушки и тарелки для разогрѣванія, или приготовленія кушанія.

Въ Германіи электрическое отопленіе введено въ кухняхъ нѣкоторыхъ большихъ гостинницъ и ресторатовъ, на одной шоколадной фабрикѣ и въ большомъ прачешномъ заведеніи. Во всѣхъ этихъ учрежденіяхъ пользуются динамомашинами для освѣщенія и другихъ цѣлей, а потому попутное пользованіе ими для отопленія обходится дешево.

Въ особенно выгодномъ положеніи въ этомъ смыслѣ находится Швейцарія. Тамъ водопады даютъ возможность по весьма низкимъ цѣнамъ пользоваться электрическою энергіею и электрическое отопленіе въ гостинницахъ, какъ для кухни, такъ и для номеровъ стбитъ сущіе пустяки.

Въ Лондонѣ небольшой театръ водевилей отопляется электричествомъ, что обходится совсѣмъ не дорого: чтобы поддерживать температуру на  $15^{\circ}$ , электрической токъ обходится въ часъ около 1 р. 20 к. Печи состоятъ изъ большихъ плоскихъ нагрѣвательныхъ плитъ, внутри которыхъ находятся накаливаемые токомъ проволоки. Когда аппаратъ въ ходу, они нагрѣваются до  $60^{\circ}$  и, подобно обыкновеннымъ печамъ, излучаютъ теплоту въ окружающее пространство.

Для отопленія конножелѣзныхъ дорогъ, электрическое отопленіе было-бы самымъ идеальнымъ, не будь громоздкихъ, тяжелыхъ аккумуляторовъ, пужныхъ для полученія тока и требующихъ ухода. Но для электрическихъ трамваевъ, пользующихся токомъ отъ центральныхъ станцій, оно примѣняется съ большимъ удобствомъ при самыхъ незначительныхъ расходахъ. Нигдѣ электрическимъ отопленіемъ не воспользовались для отопленія трамваевъ съ такимъ успѣхомъ, какъ въ Оттавѣ, въ Канадѣ, гдѣ электрическая энергія обходится дешево, благодаря близости водопадовъ. Въ Оттавѣ, гдѣ зимою стоятъ сильныя морозы, въ каждомъ вагонѣ трамвая устанавливаются четыре небольшія круглыя

печи по угламъ, подъ сидѣніемъ. Каждая печь состоитъ изъ двухъ concentрическихъ желѣзныхъ кожуховъ, въ промежутки между которыми насыпанъ несокъ, куда и погружены накаливаемые проволоки. Несокъ одновременно служитъ изолаторомъ и, какъ дурной проводникъ тепла, долго остается нагрѣтымъ и равномерно излучаетъ теплоту.

Въ Оттавѣ же была сдѣлана первая попытка устроить канализацію электрическаго отопленія на тѣхъ же началахъ, которыми руководствовался Эдисонъ при своихъ проектахъ электрическаго освѣщенія городовъ. Та же центральная станція, которая питаетъ въ городѣ лампы накаливанія и тррамваи, распредѣляетъ токи и для отопленія. Такимъ способомъ отаплиются фабрики, частные дома, рестораны, парикмахерскія, новое зданіе телеграфа, печь для сжиганія отбросовъ, водонагрѣватели и кипяильники въ аптекахъ, фотографіяхъ, химическихъ лабораторіяхъ.

Въ Нью-Йоркѣ, Бостонѣ, Бруклинѣ электрическіе трамваи также отапливаются электрическими нагрѣвателями.

Особенно широкую будущность электрическое отопленіе должно будетъ имѣть въ окрестностяхъ центральныхъ станцій, расположенныхъ вокругъ Ніагарскаго водопада, гдѣ электрическая энергія обходится дешевле, чѣмъ въ какомъ-либо другомъ мѣстѣ на земномъ шарѣ. Въ городахъ, гдѣ электричество развивается силою пара, электрическое отопленіе едва ли скоро можетъ найти всеобщее примѣненіе. Но для отопленія электрическихъ трамваевъ, для потребностей домашняго обихода, въ кухняхъ ресторановъ, гостиницъ, въ прачешныхъ заведеніяхъ, на нѣкоторыхъ фабрикахъ и заводахъ электрическое отопленіе несомнѣнно будетъ оцѣнено по достоинствамъ и примѣнено съ большимъ успѣхомъ.

---

## ГЛАВА VIII.

### Электрическій телеграфъ.—Телефонъ.

Идея воспользоваться для телеграфирования электричествомъ зародилась еще задолго до того времени, какъ Вольта и Гальвани открыли гальваническій токъ. Въ ту пору, однако, было извѣстно только электричество отъ тренія (статическое электричество), мало пригодное для телеграфирования, а потому не удивительно, что даже болѣе удачныя попытки осуществленія этой идеи не получили дальнѣйшаго распространенія и были забыты.

Въ одномъ анонимномъ письмѣ, помѣщенномъ въ шотландскомъ журналѣ „Scots Magazine“, за 1753 г. напечатано описаніе электрическаго телеграфа весьма остроумнаго устройства. Но мысль, выраженная въ письмѣ, обратила на себя мало вниманія и приборъ, предложенный неизвѣстнымъ изобрѣтателемъ, никогда не былъ ностроенъ.

Въ 1774 г. профессоръ математики въ Женевѣ, Жоржъ Лесажъ, изобрѣлъ и собственноручно построилъ первый электрическій телеграфъ. (См. рис. 20). Онъ провелъ въ Женевѣ 24 изолированныхъ проволоки между двумя пунктами: станціею отправленія и станціею назначенія. На концахъ изолированныхъ проволокъ было подвѣшено по два маятника съ шариками изъ бузиновой сердцевины. При этомъ каждая проволока соотвѣтствовала извѣстной буквѣ азбуки. Каждый разъ, какъ на станціи отправленія наэлектризовывали помощью электрической машины извѣстную проволоку, электрическій зарядъ передавался мгновенно на станцію назначенія, гдѣ подвѣшенные маятники заряжались одноименнымъ электричествомъ, и, такъ какъ тѣла, наэлектризованныя одноименно, взаимно отталкиваются, то маятники расходились. Это расхожденіе указывало адресату ту букву, которую телеграфировалъ отправитель.

Дальнѣйшія попытки устроить электрическій телеграфъ производились почти одновременно въ разныхъ странахъ:

во Франціи (въ 1787 г.)—Лампономъ, въ Германіи (1794 г.)—  
Рейзеромъ, въ Испаніи (1787 г.)—Бетанкуромъ. Рейзеръ



Рис. 20

примѣнилъ искру, какъ свѣтовой сигналъ для телеграфиро-  
ванія такимъ образомъ, что освѣщали буквы при свѣтѣ  
перескакивающей искры.

Болѣе практичнымъ оказался телеграфъ, изобрѣтенный въ 1796 году мадридскимъ врачомъ, Францискомъ Сальвой. Этотъ телеграфъ, требовавшій только двухъ проволокъ между станціями, дѣйствительно работалъ нѣкоторое время между Мадридомъ и близлежащимъ увеселительнымъ замкомъ. На станціи отправленія Сальва установилъ два металлическіе шарика *a* и *b*, на станціи назначенія — такіе же два шарика *c* и *d*. Чтобы лучше понять дальнѣйшее описаніе безъ рисунка, предположимъ, что станція отправленія находится влѣво отъ станціи назначенія и что шарики расположены слѣва на право въ слѣдующемъ порядкѣ: *a*, *b*, *c*, *d*. Шарикъ *a* соединенъ проволокою съ кондукторомъ, а *d* — проволокою же съ подушками машины тренія; шарикъ *b* (на станціи отправленія) соединенъ проволокою съ шарикомъ *c* (на станціи назначенія). При вращеніи машины между шариками *a* и *b*, *c* и *d* одновременно проскакивала искра. Каждая буква у Сальвы обозначалась извѣстнымъ числомъ быстро слѣдующихъ другъ за другомъ искръ.

Главная причина почему приборы, дѣйствовавшіе статическимъ электричествомъ, не могли служить для телеграфірованія, заключается въ томъ, что статическое электричество требуетъ въ высшей степени тщательной изоляціи, неосуществимой на практикѣ. Незначительная даже влажность въ воздухѣ уничтожаетъ самую тщательную изоляцію. Вотъ почему телеграфъ Сальвы могъ дѣйствовать только въ немногіе особенно сухіе дни. По той же причинѣ и проекты Ламона, Рейзера и друг. не нашли примѣненія.

Между тѣмъ во Франціи въ 1793 г. была принята всеобщее употребленіе система воздушныхъ телеграфовъ, изобрѣтенная аббатомъ Клодъ Шаппе, а затѣмъ телеграфы эти распространились по всей Европѣ. Но только послѣ усовершенствованія вольтова столба можно было думать о настоящей телеграфіи. Гальванической токъ не требуетъ такой тщательной изоляціи, какъ статическое электричество, и потери его въ воздухѣ сравнительно ничтожны.

Въ первое время открытія вольтова столба вниманіе

физиковъ, главнымъ образомъ, было обращено на явленіе разложенія воды, производимое токомъ. Естественно, поэтому, что первыя попытки устройства электрическихъ телеграфовъ, дѣйствовавшихъ помощью вольтова столба, были основаны на этомъ явленіи.

Въ 1808 г. мюнхенскій физикъ Зёммерингъ построилъ телеграфный аппаратъ, основанный на разложеніи воды токомъ, даваемымъ столбомъ Вольты. Зёммерингъ соединилъ обѣ станціи 27 изолированными другъ отъ друга проволоками, которые были собраны въ одинъ толстый проводъ. На одной станціи концы проволокъ были позолочены и проходили сквозь дно наполненнаго водою ящика, оканчиваясь всѣ на одной и той же высотѣ; надъ каждымъ концомъ установлено было по опрокинутому стеклянному цилиндрику съ водою. Концы проволокъ на другой станціи были соединены съ рядомъ петель, укрѣпленныхъ на брусѣ. Петли были обозначены по порядку буквами алфавита *A, B, C, ...* и тѣми же буквами были обозначены позолоченные концы соответственныхъ проволокъ. Для телеграфированія положительный полюсъ элемента всегда соединялся съ опредѣленною петлей, а отрицательный—съ петлей, обозначенной той буквою, которую требовалось передать на станцію назначенія. Пусть, напр., требуется передать букву *M*; для этого отрицательный полюсъ элемента соединяютъ съ крючкомъ, противъ буквы *M*. Тогда на станціи назначенія произойдетъ разложеніе воды; въ колпачкѣ надъ золоченымъ концемъ, обозначеннымъ буквою *M*, появятся пузырьки выдѣляющагося вслѣдствіе электролиза водорода; кислородъ же выдѣляется всегда въ одномъ и томъ же колпачкѣ. Если соединить отрицательный полюсъ элемента вмѣсто *M* съ петлей противъ буквы *T*, то и водородъ выдѣляется въ колпачкѣ, соответствующемъ этой буквѣ. Этимъ способомъ можно передавать съ одной станціи на другую цѣлыя предложенія. Чтобы обратить вниманіе получателя на моментъ начала депеши, Зёммерингъ присоединилъ къ своему телеграфу особый сигнальный звонокъ.

Способъ Зёммеринга на практикѣ оказался неудобнымъ. Прежде всего, для разложенія воды на значительныхъ разстоянїяхъ требуются очень сильныя и притомъ продолжительно-дѣйствующіе элементы, которыхъ въ ту пору еще не имѣлось; во-вторыхъ, большое число проводниковъ неудобно для манипулированія и служило постояннымъ источникомъ ошибокъ.

До открытія Эрстеда телеграфія не сдѣлала никакихъ успѣховъ. Но послѣ того какъ датскій физикъ въ 1820 г. открылъ дѣйствіе тока на магнитную стрѣлку (см. гл. II) и Араго открылъ свойство желѣза намагничиваться токомъ, физики прїобрѣли средства производить механическое дѣйствіе посредствомъ электричества. Одинъ за другимъ появилось множество проектовъ электрическихъ телеграфовъ. Важнѣйшіе изъ нихъ были предложены Амперомъ, Деви, Фехнеромъ, Ричи и Шиллингъ фонъ-Канштадтомъ.

Телеграфъ Ампера былъ основанъ на отклоненїяхъ магнитныхъ стрѣлокъ, число которыхъ равнялось числу буквъ алфавита. Но приборъ этотъ имѣлъ тотъ недостатокъ, что дѣйствовалъ слишкомъ слабо. Швейгеръ замѣтилъ, что если проволоку, представляющую проводъ, по которому идетъ токъ, навернуть въ видѣ спирали и помѣстить въ нее магнитную стрѣлку, то отклоненіе послѣдней увеличивается съ увеличеніемъ числа оборотовъ спирали. Основываясь на этомъ фактѣ, Шиллингъ и Александеръ предложили новую систему телеграфа. Но вслѣдствіе сложности ихъ прибора онъ не могъ получить примѣненія. Равнымъ образомъ не осуществились и проекты Деви и другихъ вышепоименованныхъ строителей.

Въ 1833 году знаменитый нѣмецкій математикъ Карлъ Фридрихъ Гауссъ и Вильгельмъ Веберъ построили первый основанный на электромагнитизмѣ телеграфъ въ значительныхъ размѣрахъ и примѣнили его къ дѣлу.

Предстояло дѣлать одновременныя магнитныя наблюденія на Геттингенской астрономической обсерваторіи и въ физическомъ институтѣ. Цѣлесовобразность и удобство теле-

графнаго обмѣна между наблюдателями было первою побудительною причиною къ построению телеграфнаго аппарата.

Двѣ мѣдныя проволоки около 9,000 футовъ общей длины, проложенныя надъ крышами домовъ, соединяли обсерваторію съ физическимъ институтомъ и сообщались тамъ и здѣсь съ большимъ гальванометромъ. Когда затѣмъ въ цѣпь вводилась еще гальваническая батарея, то можно было видѣть, что при замыканіи тока стрѣлки обоихъ гальванометровъ отклонялись одновременно; на этихъ отклоненіяхъ и было основано телеграфированіе. Такъ какъ опыты вскорѣ показали, что было выгоднѣе возбуждать токъ помощью магнитной индукціи, чѣмъ батареею, то и остановились на этомъ способѣ. Отклоненіе подвѣшенныхъ на нитяхъ магнитовъ наблюдалось помощью зрительныхъ трубъ, которыя направлялись на зеркальца, прикрѣпленныя къ нитямъ. Одно отклоненіе стрѣлки вправо обозначало букву *A*, одно—влѣво—*B* и т. д. \*).

Идею геттингенскаго телеграфа воспользовались англичане Витстонъ и Кукъ. Изобрѣтенный ими телеграфъ, вслѣдствіе патента, былъ въ Англіи до очень недавняго времени единственнымъ общераспространеннымъ телеграфомъ и вытѣсненъ былъ только телеграфомъ Морзе, получившимъ въ послѣднее время всесвѣтное распространеніе.

Приборъ Витстона и Кука состоитъ изъ двухъ магнитныхъ стрѣлокъ, изъ которыхъ одна находится на первой, другая—на второй станціи. На каждой станціи между двумя мультипликаторами подвѣшена къ срединѣ магнитная стрѣлка, которая при пропусканіи тока въ одну сторону отклоняется вправо, при пропусканіи въ другую — влѣво. Для того, чтобы стрѣлки на обѣихъ станціяхъ отклонялись одновременно вправо или влѣво, необходимо, чтобы токъ въ мультипликаторахъ имѣлъ одно и то же направленіе. Это направленіе току придается при помощи рукоятки, находящейся въ нижней части аппарата. Азбука была составлена

---

\*) Веберъ, Лекціи о гальваническомъ токѣ.

изъ различныхъ сочетаній отклоненій стрѣлокъ вправо и влѣво.

Нѣкоторое, конечно, чисто-внѣшнее, поверхностное сходство съ телеграфомъ Морзе имѣетъ телеграфъ съ указателемъ, изобрѣтенный также Витстономъ. Сходство это состоитъ въ примѣненіи подковообразнаго электромагнита съ якорнымъ рычажкомъ: этотъ рычажокъ при замыканіи тока управляетъ отклоненіемъ стрѣлки, движущейся по циферблату съ буквами. Дальнѣйшее сходство состоитъ въ примѣненіи реле (см. ниже).

Изобрѣтеніе перваго пишущаго электромагнитнаго телеграфа обыкновенно приписываютъ профессору физики, американцу Самуэлю Морзе. Первый приборъ такого рода Морзе построилъ 19-го октября 1832 года, находясь на пакетботѣ Сюлли, на которомъ онъ возвращался изъ Гавра въ Нью-Йоркъ.

Для телеграфной службы аппаратъ Морзе впервые былъ примѣненъ въ 1844 году, при открытіи движенія по желѣзной дорогѣ между Вашингтономъ и Балтиморой. Съ того времени онъ подвергся многимъ усовершенствованіямъ.

Телеграфъ Морзе въ томъ видѣ, въ какомъ употребляется нынѣ, состоитъ изъ двухъ отдѣльныхъ приборовъ —

приемника и ключа, соединенныхъ металлическою проволокою, проводящей токъ батареи отъ перваго ко второму.

Приемникъ состоитъ изъ колеса *R* (см. рис. 21), на которомъ намотана длинная бумажная лента *P*; эта лента зажимается

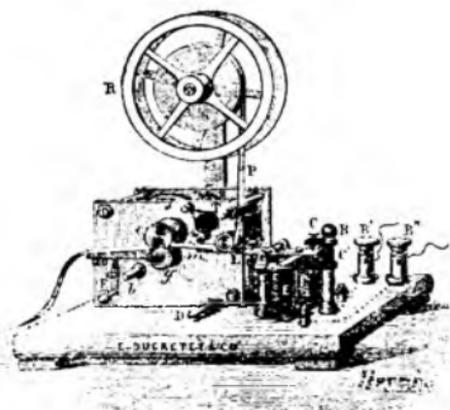


Рис. 21.

между двумя валами *c* и *g*, приводимыми въ движеніе часовымъ механизмомъ, и увлекается ими на катушку,

вращаемую рукою за рукоятку. Часовой механизмъ заключенъ въ коробкѣ и заводится ключемъ *b*; рычагомъ *D* движеніе механизма останавливается. Справа отъ коробки находится электромагнитъ *E*, по которому проходитъ токъ отъ станціи отправленія. Якорь изъ мягкаго желѣза соединенъ съ рычагомъ *L*, правый конецъ котораго можетъ колебаться между двумя винтами *C* и *C'*, лѣвый же конецъ оканчивается загнутымъ остриемъ. Наконецъ, надъ бумажной лентой расположенъ валець *T*, обтянутый фланелью, напитываемой жирными черпилами, а непосредственно подъ вальцомъ—мѣдный бѣгунокъ, который, прикасаясь къ вальцу и покрываясь вслѣдствіе этого краской, отдаетъ ее бумагѣ при каждомъ съ нею соприкосновеніи. Колонна *B* имѣетъ форму трубки, внутри которой ходитъ длинный винтъ, вращаемый при помощи головки и служащій для повышенія и пониженія всего электромагнита для того, чтобы измѣнять его разстояніе отъ арматуры соотвѣтственно силѣ тока.

Пока станція отправленія не посылаетъ телеграммы, другими словами, пока въ обмоткѣ электромагнита тока нѣтъ, плечо рычага удерживается въ опущенномъ состояніи пружиною; въ это время мѣдный бѣгунокъ не прикасается къ бумажной лентѣ. Но, какъ только послана телеграмма, какъ только въ обмоткѣ явится токъ, электромагнитъ притягиваетъ якорь изъ мягкаго желѣза, а слѣдовательно и правый конецъ рычага *L*; вслѣдствіе этого, лѣвый конецъ рычага поднимается и острие *t* прижимаетъ бумагу къ бѣгунцу; во время этого соприкосновенія, зависящаго отъ продолжительности тока, бѣгуонецъ, покрытый чернилами, оставляетъ слѣды на бумажной лентѣ, продолжающей разматываться. Если токъ длится только мгновеніе, бѣгуонецъ успѣваетъ отмѣтить на бумагѣ только точку; если же продолжительность тока больше,—на бумагѣ получается черта.

Замыкая токъ на станціи отправленія на болѣе или менѣе продолжительное время, можно производить на станціи

назначенія по произволу черту или точку произвольной длины и, слѣдовательно, и различныя сочетанія черточекъ и точекъ. Морзе выразилъ буквы азбуки опредѣленными сочетаніями, изъ которыхъ составляются слова и фразы, съ необходимыми между буквами и словами промежутками.

Ключъ Морзе служитъ для замыканія и размыканія тока и состоитъ изъ рычага *L*, поддерживаемаго въ приподнятомъ положеніи пружиною; но, нажимая на ручку *m*, его

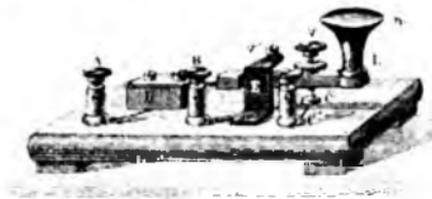


Рис. 22.

можно опускать (см. рис. 22.). Желая замкнуть токъ, телеграфистъ нажимаетъ на ручку *m*, тогда рычагъ опускается и нижній конецъ винта *V* приходитъ въ соприкосновеніе съ пуговкою *C*. Токъ отъ батарей вхо-

дитъ по проволоцѣ *C*, поднимается по рычагу, опускается по части *E* и черезъ зажимъ *B* уходитъ въ телеграфный проводъ. Быстрый нажимъ на ручку *m* передаетъ приѣмнику точку, болѣе продолжительный—черту; такимъ путемъ ключемъ передается азбука Морзе.

Извѣстно, что напряженіе токовъ находится въ обратномъ отношеніи къ длинѣ проводника, чрезъ который они проходятъ. Кромѣ того, отъ вліянія столбовъ, поддерживающихъ проволоки и влажности воздуха происходятъ потери тока и тѣмъ въ большей степени, чѣмъ длиннѣе телеграфная линія; поэтому, при значительномъ разстояніи между переговаривающимися станціями, можетъ случиться, что токъ, вслѣдствіе своего крайняго ослабленія, не будетъ въ состояніи привести въ дѣйствіе частей прибора, записывающаго телеграмму. Это неудобство устраняется присоединеніемъ къ аппарату релѣ. Такъ называется весьма чувствительный приборъ, чрезъ который проходитъ токъ телеграфной линіи и который служитъ для введенія въ приѣмникъ тока мѣстной батареи изъ 4—5 элементовъ, расположенной на той же станціи и назначаемой только для

отпечатыванія знаковъ, передаваемыхъ телеграфною проволокою. Токъ, приходящій на станцію по этой проволоцѣ, входитъ въ реле чрезъ столбикъ *L* (см. рис. 23.) и, пройдя электромагнитъ *E*, уходитъ въ землю по проволоцѣ, зажатой винтомъ *T*. Каждый разъ, какъ токъ проходитъ въ реле, электромагнитъ притягиваетъ якорь изъ мягкаго желѣза *A*, прикрѣпленный къ нижней части рычага *p*, вращающагося на горизонтальной оси. При этомъ верхняя часть рычага *p* упирается въ штифттикъ *n* и въ этотъ моментъ замыкается токъ мѣстной батареи, который, входя чрезъ столбикъ *c*, подымается по столбу *m*, проходитъ въ рычагъ *p* и, опускаясь по стержню *o*, достигаетъ столбика *z*; отсюда онъ распространяется по электромагниту приѣмника, и по проволоцѣ возвращается въ ту же мѣстную батарею, изъ которой вышелъ.

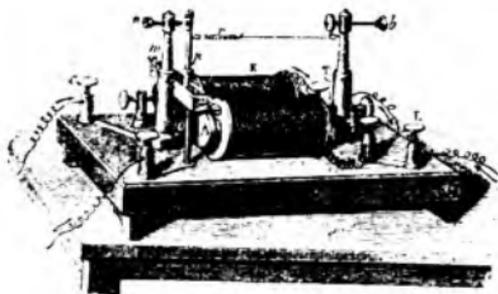


Рис. 23.

Съ перерывомъ идущаго къ станціи тока, электромагнитъ реле не притягиваетъ болѣе рычага *p*, который удаляется отъ штифттика *n*, увлекаемый пружиною *v*, какъ показано на рисункѣ, и дѣйствіе тока мѣстной батареи прекращается. Слѣдовательно, реле передаетъ приѣмнику совершенно тѣ же фазы въ замыканіи и размыканіи тока, какія производятся ключемъ на станціи отправленія.

Дальнѣйшій шагъ впередъ въ телеграфіи представляетъ система Юза, въ которой телеграмма печатается буквами и скорость передачи вдвое больше, чѣмъ въ системѣ Морзе.

Д. Е. Юзь, бывшій учитель игры на фортепіано въ Борд-сторнскомъ коледжѣ (штатъ Кентукки), построилъ свой печатающій телеграфъ въ 1855 году, а двадцать лѣтъ спустя—изобрѣлъ микрофонъ. Въ телеграфѣ Юза телеграфистъ подаетъ телеграммы уже не ключемъ, а клавиатурой, какъ у фортепіано. Приѣмный и посылающій аппараты оказываются

уже довольно сложными; кромѣ элетромагнита въ нихъ принимаетъ участіе сила тяжести, служащая движущей силою \*).

Опытные сигналисты могутъ передавать по телеграфу Юза до 30 и болѣе словъ въ минуту. Тѣмъ не менѣе сложность и частыя порчи его приѣмника, а также трудность ихъ исправленій, требующихъ искусства механика, препятствуютъ его распространенію. У насъ онъ дѣйствуетъ только на центральныхъ станціяхъ столичныхъ и нѣкоторыхъ губернскихъ городовъ, гдѣ скопленіе телеграммъ можетъ часто удваивать производительность передачи, вслѣдствіе необходимости переписки телеграммъ, т. е. перевода ихъ съ условныхъ знаковъ Морзе на обыкновенный алфавитъ.

Въ аппаратѣ Витстона телеграмма подается автоматически при помощи заранѣе подготовленной бумажной ленты съ дырочками, которыя располагаются въ линіи и представляютъ собою черточки и точки азбуки Морзе.

Бумажная лента съ дырочками получила еще примѣненіе въ электро-химическихъ телеграфахъ. Электро-химическіе телеграфы записываютъ телеграммы цвѣтными знаками на бумагѣ, пропитанной растворомъ желтаго синильнаго кали, которое разлагается токомъ мѣстной батареи станціи назначенія всякій разъ, какъ онъ проходитъ чрезъ бумагу. Первый изъ подобныхъ телеграфовъ былъ устроенъ шотландцемъ Бэномъ. Буквы въ немъ обозначаются тѣми же самыми знаками, какъ и въ телеграфѣ Морзе, т. е. сочетаніемъ черточекъ и точекъ; но депеша изготовляется предварительно на станціи отправленія, такимъ образомъ, что на полоскѣ обыкновенной бумаги послѣдовательно пробиваются рѣзцомъ небольшія круглыя отверстія, представляющія точки и продолговатые вырѣзы, соотвѣтствующіе черточкамъ. Приготовленная такимъ образомъ бумага помѣщается между небольшимъ металлическимъ каткомъ и упругою также металлическою пластинкою, входящими въ цѣпь мѣстной батареи. При вращеніи катка, всѣ части бумаги послѣдовательно про-

---

\*) Въ системѣ Морзе движущую силою служить упругость пружины часового механизма аппарата.

ходятъ между пимъ и пластинкой. Въ сплошныхъ мѣстахъ бумага, вслѣдствіе своей непроводимости, не пропускаетъ тока; на каждомъ же изъ пробитыхъ въ ней отверстій, устанавливается металлическое сообщеніе между каткомъ и пластинкой, и прерванный токъ, замыкаясь, идетъ въ реле станціи назначенія, оставляя на бумагѣ, пропитанной желтымъ сильнѣйшимъ кали, совершенно такой же рядъ точекъ и черточекъ, окрашенныхъ въ сипій цвѣтъ и вполне соответствующихъ сдѣланнымъ вырѣзкамъ.

Для ускоренія передачи телеграммъ употребляютъ, такъ называемыя, системы дуплекса, диплекса и квадруплекса, состоящія въ томъ, что къ каждой изъ вышеприведенныхъ системъ присоединяютъ особыя приспособленія, которыя соответственно даютъ возможность: 1) одновременно передавать по одной линіи двѣ телеграммы по противоположнымъ направленіямъ; 2) передавать двѣ телеграммы въ одномъ и томъ же направленіи; 3) комбинировать вмѣстѣ двѣ первыя системы, т. е. посылать сразу четыре телеграммы. Предложено очень много способовъ устройства этихъ системъ, которыя, такимъ образомъ, даютъ возможность получить громадную скорость передачи телеграммъ, о какой прежде, при простыхъ системахъ, нельзя было и думать.

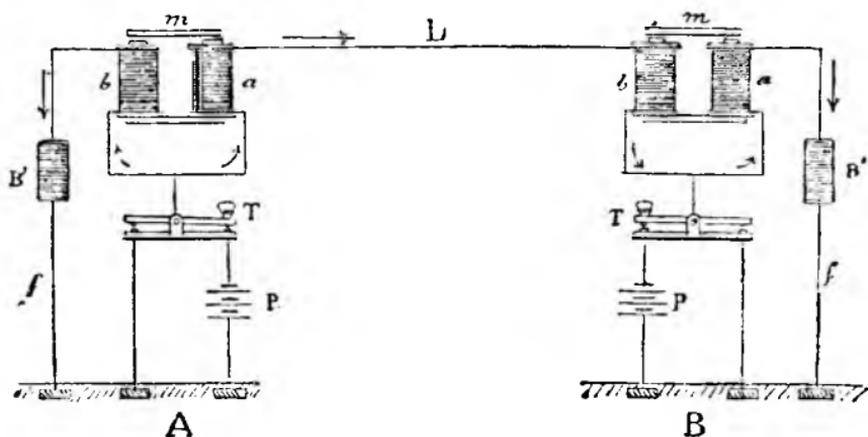


Рис. 24.

Постараемся объяснить, какъ двѣ станціи A и B (см. рис. 24.) могутъ переговариваться одновременно по одной и

той же проволоки. Мы даемъ только общій принципъ системы дуплекса.

Предположимъ, что работаютъ телеграфомъ Морзе. Расположеніе приборовъ видно изъ рисунка, гдѣ одинаковыя части на обѣихъ станціяхъ обозначены однѣми и тѣми же буквами. Во время дѣйствія ключа  $T$  на станціи  $A$  токъ батареи  $P$  развѣтвляется на два: одинъ проходитъ по обмоткѣ  $a$  и оттуда по телеграфному проводу  $L$ , другой—по обмоткѣ  $b$  и оттуда по проволоки  $f$  уходитъ въ землю. Проволока намотана на бобины  $a$  и  $b$  такимъ образомъ, что якорь  $m$  испытываетъ отъ электромагнитовъ  $a$  и  $b$  противоположныя дѣйствія; равнодѣйствующая этихъ силъ равнялась бы нулю, если бы сила тока въ обѣихъ обмоткахъ была одинакова; чтобы уменьшить силу тока въ  $b$ , въ проводъ  $f$  вводятъ сопротивление  $B'$ .

Токъ, пришедшій по телеграфной проволоки  $L$  въ бобину  $b$  на станціи  $B$ , также развѣтвляется: часть идетъ въ землю по проволоки, прикрѣпленной вправо отъ ключа  $T$ , другая—по проволоки  $f$  также уходитъ въ землю, пройдя сначала по обмоткѣ  $a$  и чрезъ сопротивление  $B'$ . Въ этомъ случаѣ токи, проходя въ одномъ и томъ же направленіи въ  $a$  и  $b$ , притягиваютъ якорь  $m$ .

Все происходитъ такимъ образомъ, какъ будто ключъ  $T$  на станціи  $B$  былъ бы закрытъ.

Регулируя подходящимъ образомъ сопротивленія  $B'$  и  $B''$  на обѣихъ станціяхъ, достигаютъ того, что пріемникъ каждой изъ нихъ становится нечувствительнымъ къ токамъ, которые они посылаютъ; напротивъ, они приходятъ въ дѣйствіе подъ вліяніемъ токовъ, приходящихъ съ противоположной станціи. Послѣдніе и могутъ, поэтому, дѣйствовать одновременно. При помощи подобнаго же расположенія приборовъ является возможность посылать одновременно по телеграфному проводу двѣ телеграммы изъ одной и той же станціи. Въмѣсто того, чтобы приходило съ противоположныхъ сторонъ, токи въ этомъ случаѣ имѣютъ одинаковое направленіе: это—система дуплекса.

Комбинируя дуплексъ съ динлексомъ можно по линіи одновременно посылать четыре телеграммы; такое расположение есть квардруплексъ.

Въ настоящее время при различныхъ аппаратахъ и системахъ достигли слѣдующей скорости передачи телеграммъ:

	Среднее число де- пешъ въ часъ:
Морзе обыкновенная система . . . . .	25
„ дуплексная „ . . . . .	50
Витстона обыкновенная „ . . . . .	100
„ дуплексная „ . . . . .	200
Делини квардруплексная „ . . . . .	160
Юза обыкновенная „ . . . . .	50

Каждая телеграмма считается въ 20 словъ.

Въ 1891 году былъ изобрѣтенъ приборъ, названный стенотелеграфомъ. Онъ даетъ возможность посылать по телеграфу стенографическіе отчеты, которые на пріемной станціи отпечатываются обыкновенными буквами. На станціи отправления имѣется клавиатура съ стенографическими знаками, дѣйствующая на протыкатель дыръ на бумажной лентѣ, какъ у предыдущихъ разсмотрѣнныхъ нами автоматическихъ системъ. При помощи довольно сложныхъ механизмовъ съ группами электромагнитовъ, на пріемной станціи получается лента съ обыкновенными типографскими буквами.

Телеграфныя линіи проведены, какъ извѣстно, не только по сушѣ, но проложены и чрезъ океаны между материками. Подводная телеграфія, и въ особенности трансатлантическая линія, составляетъ одинъ изъ крупныхъ фактовъ цивилизаціи. При осуществленіи этого дѣла техникамъ пришлось преодолѣть множество серьезныхъ трудностей: надо было выработать новый типъ проводовъ—подводный кабель—и затѣмъ опустить этотъ громаднй длины кабель на дно океана.

Устройство подводныхъ телеграфовъ долго представляло большія трудности: не было доступнаго по цѣнѣ вещества для изолированія проволокъ въ водѣ, которая, какъ извѣстно,—хорошій проводникъ тока. Только въ 1849 году, когда была

привезена въ первый разъ изъ Китая гуттанерча, представляющая отличный изолирующій матеріалъ, дѣло могло подвигнуться впередъ.

13-го ноября 1851 года происходило открытіе перваго подводнаго электрическаго телеграфа между Дувромъ и Кале. Длина кабеля равна 30 верстамъ, діаметръ его около 1 дюйма и вѣситъ онъ 10,800 пудовъ. Съ тѣхъ поръ устройство подводныхъ телеграфовъ сдѣлало громадныя успѣхи. Ныпѣ Англія соединена съ Ирландіей, Голландіей, Бельгіей и Франціей; Европа и Африка соединены между собою линією, которая идетъ съ французскаго берега къ Корсикѣ, пересѣкаетъ проливъ Бонифачію, раздѣляющій Корсику отъ Сардиніи, затѣмъ погружается въ Средиземное море и выходитъ на берегъ въ окрестностяхъ Бона.

Ирландскій подводный кабель, имѣющій въ длину 125 верстъ и соединяющій Голигедъ съ Дублиномъ, содержитъ только одинъ мѣдный проводъ, вложенный въ оболочку, состоящую изъ изолировки и двѣнадцати тонкихъ желѣзныхъ проволокъ. Вѣситъ онъ всего 5,000 пудовъ и былъ уложенъ на морское дно въ одинъ день.

Въ теченіе 1858 года была сдѣлана первая попытка осуществить грандіозный проектъ соединенія Европы и Америки подводнымъ кабелемъ. Кабель этотъ состоитъ изъ трехъ частей: проводника, изолирующей оболочки и предохранительной брони. Проводникъ представляетъ пучекъ изъ 7 мѣдныхъ проволокъ, скрученныхъ вмѣстѣ; вокругъ этого пучка располагается изолирующая оболочка, состоящая изъ четырехъ слоевъ гуттанерчи, проложенныхъ смѣсью древесныхъ опилокъ, смолы, каменноугольнаго дегтя и гуттанерчи. Поверхъ всего этого кабель обмотанъ засмоленными веревками и, наконецъ, заключенъ въ броню изъ стальныхъ проволокъ, покрытыхъ пропитанною каменноугольнымъ дегтемъ наклей, для предохраненія брони отъ развѣдающаго дѣйствія морской воды.

Постройка трансатлантическаго телеграфа была начата (въ 1858 г.) между Ирландіей и Нью-Фаундлендомъ (С.Штаты).

Первыя двѣ попытки не удались, такъ какъ кабели оборвались и утонули; съ третьимъ кабелемъ прокладка была окончена въ 1866 году. Впрочемъ, въ томъ же году подняли конецъ второго кабеля и благополучно закончили его прокладку, получивъ такимъ образомъ сразу двѣ трансатлантическія лініи. Прокладку этихъ кабелей выполнил гигантъ-пароходъ „Гротъ-Истернъ“.

Изъ устройства кабеля не трудно видѣть, что для подводнаго телеграфированія сухопутныя системы телеграфовъ не годятся. Дѣло въ томъ, что кабель, состоящій изъ двухъ металлическихъ частей, отдѣленныхъ другъ отъ друга непроводящимъ слоемъ, въ сущности, есть ничто иное, какъ колоссальный конденсаторъ. Когда въ центральный стволъ кабеля входитъ, напр., положительный токъ, то онъ, дѣйствуя вліяніемъ на стальные проволоки, составляющія броню провода, заряжаетъ ихъ отрицательнымъ электричествомъ и въ то же время отталкиваетъ положительное; отсюда—обратные токи, которые не только поддерживаютъ гораздо дольше въ стволѣ переменное состояніе, но вмѣстѣ съ тѣмъ и значительно замедляютъ возвращеніе его къ естественному состоянію при перерывѣ тока.

Для устраненія вреднаго дѣйствія конденсаціи были предложены различныя системы. Варлей предложилъ вводить на каждой станціи, между лініей и аппаратами громадный конденсаторъ съ поверхностью въ 1,000 кв. сажень, который устанавливаетъ между ними разрывъ сплошности. Отсюда слѣдуетъ, что если, напр., изъ Бреста телеграфируютъ въ Нью-Фаундлендъ, то іріемникъ на станціи въ послѣднемъ пунктѣ будетъ уже приводиться въ дѣйствіе не токомъ, идущимъ изъ Бреста, а конденсаторомъ. При такомъ способѣ дѣйствія волна, проходящая въ іріемникъ, обладаетъ весьма слабымъ напряженіемъ, а именно—никакъ не болѣе  $\frac{1}{100}$  того, какимъ она обладала въ моментъ своего входа въ кабель. Вотъ почему для іріемниковъ подводныхъ ліній можно употреблять лишь весьма чувствительные приборы, каковы, напр., зеркальные гальванометры, воспріим-

чивость которыхъ къ току до того значительна, что для телеграфированія съ помощью этого аппарата изъ Бреста въ Нью-Фаундлендъ достаточно батареи изъ 5 элементовъ Даниеля. Еще удобнѣе изобрѣтенный Вильямомъ Томсономъ аппаратъ — сифонный отмѣтчикъ, — состоящій изъ двухъ сильныхъ электромагнитовъ, въ полѣ которыхъ расположена рамка съ обмоткою, введенною въ телеграфную липію; эта рамка поворачивается въ ту или другую сторону, смотря по направленію въ ней тока. Эти движенія записываются на бумагѣ особымъ механизмомъ, при чемъ, по условію, всякое движеніе въ одну сторону обозначаетъ точку Морзевской азбуки, а движеніе въ другую сторону—черту. По трансатлантическому телеграфу въ настоящее время передаютъ 12 словъ въ минуту.

Перейдемъ теперь къ телефоніи.

Телефономъ, какъ извѣстно, называютъ приборъ, дающій возможность передавать звуки и шумъ съ одной станціи на другую. Гласныя буквы человѣческой рѣчи представляютъ звуки (тоны), согласныя—шумъ. Телефонъ позволяетъ, слѣдовательно, передавать разговорную рѣчь.

Первый, высказавшій идею о возможности передавать звуки гальваническимъ путемъ былъ нѣмецкій физикъ Филиппъ Рейсъ. Аппаратъ Рейса состоялъ изъ пустого ящика, въ одну изъ боковыхъ стѣнокъ котораго вставлена говорная труба. Въ крышкѣ имѣется круглое отверстіе, затянутое тонкою перепонкою, въ срединѣ которой прикрѣплена маленькая платиновая пластинка. На платиновую пластинку и на перепонку свободно наложенъ жестяной крючокъ, имѣющій видъ угла ( $\perp$ ); крючокъ снабженъ тремя остроконечными маленькими ножками: одна изъ нихъ находится на вершинѣ угла, два другія на концахъ сторонъ. Вершинною ножкою крючекъ опирается на платиновую пластинку, боковыми — на края перепонки. Платиновая пластинка соединена съ однимъ электродомъ элемента, второй электродъ котораго соединенъ съ электромагнитомъ, находящимся на другой станціи; для замыканія тока одна

изъ боковыхъ ножекъ крючка соединена съ этимъ электромагнитомъ. Тогда токъ идетъ изъ элемента чрезъ платиновую пластинку, чрезъ крючокъ и, пройдя по обмоткѣ электромагнита, возвращается въ элементъ.

Допустимъ, что передъ говорною трубкою заставляютъ звучать камертонъ, наир., ла третье ( $la_3$ ). Это значитъ, что онъ въ секунду дѣлаетъ 870 простыхъ воздушныхъ колебаній (сгущеній и разрѣженій воздуха). Колебанія эти передаются воздуху въ ящикѣ и заставляютъ тонкую перепонку также дѣлать 870 колебаній въ секунду. Вслѣдствіе этого, крючокъ 870 разъ въ секунду будетъ подброшенъ кверху и токъ 870 разъ въ секунду будетъ прерванъ и замкнутъ. Токи эти пробѣгаютъ чрезъ электромагнитъ, поэтому его желѣзный стержень будетъ 870 разъ въ теченіе секунды намагниченъ и размагниченъ. Стержень приходитъ въ продольныя колебанія; его частицы дѣлаютъ 870 колебаній въ секунду, а потому издають тотъ звукъ, который былъ принять говорною трубою.

Недостатокъ аппарата Рейса лежитъ въ электромагнитѣ. Получаемый звукъ, во первыхъ, очень слабъ, и, во вторыхъ, сопровождается постороннимъ шумомъ. Всѣ попытки изобрѣтателя уничтожить недостатокъ его аппарата не привели къ благопріятнымъ результатамъ. Надо было найти другое начало для воспроизведенія звуковъ.

Это начало удалось открыть Грагаму Беллю изъ Единбурга, нынѣ натурализованному въ Соединенныхъ Штатахъ.

Наружный видъ телефона Белля знакомъ каждому. Въ футлярѣ изъ рогового каучука помѣщается стальной брусковый магнитъ, на одинъ конецъ котораго надѣта катушка мѣдной изолированной проволоки; передъ магнитомъ расположена тонкая пластинка изъ мягкаго желѣза, удерживаемая на мѣстѣ крышкою наружнаго футляра, которая зажимаетъ ее по краямъ. Концы проволоки катушки сообщаются посредствомъ проволочныхъ проводниковъ съ концами такой же точно катушки второго аппарата.

Положимъ теперь, что передъ воронкою аппарата издастъ какой-нибудь звукъ. Тогда звуковыя волны приводятъ желѣзную пластинку въ колебательное движеніе. При каждомъ приближеніи пластинки къ магниту, магнетизмъ въ немъ усиливается, при каждомъ удаленіи — ослабляется. Вслѣдствіе усиленія и ослабленія магнетизма, въ катушкѣ возбуждается два противоположные тока, которые, пробѣгая по катушкѣ второго прибора, попеременно усиливаютъ и ослабляютъ магнетизмъ его магнита. Поэтому пластинка на станціи назначенія притягивается съ различною силою и колеблется въ томъ же тактѣ, какъ и пластинка на станціи отправленія; она издаетъ, слѣдовательно, тотъ же звукъ, который былъ возбужденъ на станціи отправленія.

На первыхъ же порахъ оказалось, что передача рѣчи телефономъ Белля очень слабая. Изыскивая средства усилить дѣйствіе примѣненіемъ болѣе сильныхъ токовъ, Эдиссонъ пришелъ къ открытію микрофона, который даетъ новый способъ передачи звука помощью электрическаго тока.

Эдиссонъ нашелъ, что если пропустить токъ черезъ два заостренные или закругленные куска угля, взаимно прикасающіеся, то сила тока въ значительной степени зависитъ отъ давленія углей другъ на друга. Когда онъ прижималъ угли немного сильнѣе, то замѣчалъ, что сила тока замѣтно увеличивалась, когда же прижималъ слабѣе—она уменьшалась. Это объясняется тѣмъ, что съ измѣненіемъ давленія измѣняется поперечный разрѣзъ мѣста соприкосновенія. Поэтому, нажимая угли известное число разъ сильнѣе или слабѣе получимъ такое же число колебаній силы тока.

Фактомъ этимъ воспользовался Блэкъ для устройства своего микрофона. За воронкою (амбушюромъ) телефона Белля онъ расположилъ желѣзную діафрагму, закрѣпленную при помощи каучуковаго кольца; изнутри къ ея центру прижимается поддерживающійся на пружинкѣ платиновый штифтикъ, другой конецъ котораго прижимается къ спрессованному угольному диску, также подвѣшенному на пружинкѣ.

жинкѣ. Платиновый штифтикъ и угольный дискъ введены въ цѣпь батареи изъ двухъ элементовъ Леклаше. Дальнѣйшею принадлежностью микрофона является индукціонная катушка, подобная спирали Румкорфа; первичная обмотка (малаго сопротивленія) этой катушки введена въ цѣпь батареи микрофона, а вторичная обмотка (большого сопротивленія) соединена съ линією проводовъ, ведущихъ къ телефону станціи назначенія.

Когда говорятъ передъ воронкою (амбушюромъ) микрофона, то его пластинка (діафрагма) воспринимаетъ звуковыя колебанія и начинаетъ вибрировать; эти колебанія пластинка передаетъ платиновому штифтику, вслѣдствіе чего измѣняется сила нажатія послѣдняго на угольный дискъ; измѣненіе это, въ свою очередь, производитъ колебанія въ электрическомъ токѣ, проходящемъ по первичной обмоткѣ катушки, а во вторичной обмоткѣ, вслѣдствіе такихъ колебаній, индуктируются токи, дѣйствующіе на телефонъ станціи назначенія, который и воспроизводитъ слова, произнесенныя передъ микрофономъ на станціи отправленія.

Микрофонъ съ индукціонною катушкою составляютъ существенную и необходимую часть телефонной системы при сколько нибудь значительномъ разстояніи телефонированія; безъ него можно обходиться развѣ только при телефонированіи въ предѣлахъ одного зданія и т. п.

На каждой станціи имѣется телефонъ и микрофонъ; каждый телефонъ соединяется проводами съ микрофономъ на другой станціи, при чемъ для обѣихъ паръ приборовъ можно пользоваться одною и тою же линією проводовъ. Дальнѣйшею необходимою принадлежностью телефонной системы являются сигнальные электрическіе звонки, при чемъ сигналы передаются по тѣмъ же проводамъ, какъ и рѣчь.

Прошло двадцать лѣтъ со времени изобрѣтенія телефона и поразительное развитіе и распространеніе, какое получило теперь это изобрѣтеніе, ясно доказываютъ его гениальность и полезность. Можно сказать, не преувеличи-

вая, что въ настоящее время нѣтъ въ Европѣ и Соединенныхъ Штатахъ ни одного сколько нибудь значительнаго промышленнаго центра, въ которомъ бы не было телефонной сѣти. Мало того: телефонъ выходитъ за предѣлы городовъ, являясь серьезнымъ конкурентомъ телеграфа.

Въ концѣ восьмидесятихъ годовъ между Парижемъ и Лондономъ была проведена телефонная линія, которая дала вполне удовлетворительные результаты. Чтобы установить это сообщеніе между Кале и Дувромъ былъ положенъ подводный кабель, длиною въ 399 верстъ. Изъ другихъ междунаrodnыхъ линій по своей длинѣ замѣчательны слѣдующія: между Парижемъ и Марселемъ, длиною въ 900 верстъ; между Нью-Йоркомъ и Вашингтономъ, длиною въ 405 верстъ; между Парижемъ и Брюсселемъ, длиною въ 288 верстъ.

Кромѣ своего прямого назначенія—служить для переговоровъ на разстояніи—телефонъ нашелъ себѣ и нѣсколько второстепенныхъ примѣненій, а именно въ физическихъ кабинетахъ и въ медицинѣ. Въ научныхъ электрическихъ измѣреніяхъ онъ служитъ для обнаруживанія самыхъ слабыхъ электрическихъ токовъ, въ медицинѣ же онъ даетъ возможность выслушивать самыя слабыя бѣненія сердца при распознаваніи, напр., мнимоумершихъ (впавшихъ въ летаргическій сонъ) и т. п.

Этимъ мы и заканчиваемъ настоящую главу. Будучи стѣснены объемомъ книжки, мы принуждены были привести сравнительно лишь немного изъ обширныхъ и интересныхъ областей телеграфіи и телефоніи, что, смѣемъ надѣяться, не будетъ намъ поставлено въ вину.

---

## ГЛАВА IX.

### Электрическая тяга. — Обь утилизаціи Ніагарскаго водопада.

Вопросъ обь обратимости динамо-машинъ въ настоящее время настолько извѣстенъ, что кажется вполне естественнымъ явленіе, когда токъ одной динамо-машины, будучи

направленъ въ другую динамо, заставляеть послѣднюю вращаться. Однако, прежде чѣмъ окончательно былъ установленъ этотъ замѣчательный фактъ, его не считали настолько естественнымъ. Вопросъ объ электро-двигателѣ долго считался теоретическимъ и перешелъ на практическую почву только тогда, когда стала ощущаться потребность въ примѣненіи электро-двигателя для различныхъ практическихъ цѣлей.

Явленіе обратимости динамо-машинъ принадлежитъ къ числу выдающихся явленій въ области электричества и подобно большинству великихъ открытій и изобрѣтеній было замѣчено случайно (въ Парижскихъ мастерскихъ общества Грамма). Въ мастерскихъ находились двѣ динамо-машины, нитавшія освѣтительную сѣть; одна изъ этихъ машинъ работала постоянно, другая же считалась запасною. Проходя однажды мимо машинъ, одинъ изъ рабочихъ замѣтилъ на полу два провода. Полагая, что эти провода принадлежатъ запасной машинѣ, онъ присоединилъ ихъ къ зажимамъ послѣдней. Но каково было удивленіе рабочаго, когда, совершенно для него неожиданно, машина, послѣ присоединенія къ ней проводниковъ, стала вращаться.

Тотчасъ-же было произведено изслѣдованіе и оказалось, что провода, которые были присоединены къ запасной машинѣ, отвѣтвлялись отъ рабочей динамо. Такимъ образомъ оказалось фактически возможнымъ преобразовывать механическую работу паровой машины въ электрическую энергію, развиваемую динамо-машиной и обратно,—электрическую энергію въ механическую работу.

Въ 1873 г. на всемірной выставкѣ въ Вѣнѣ было объявлено объ этомъ замѣчательномъ явленіи. Интересное сообщеніе было подтверждено опытами Иполита Фонтена. Опытъ заключался въ передачѣ электрической энергіи отъ одной динамо къ другой, служившей двигателемъ. Передача производилась по проводу длиною въ 2 версты.

Французскій электро-техникъ Марсель Дюпре также много потрудился надъ этимъ новымъ вопросомъ. Въ 1882 г.

на Мюнхенской выставкѣ онъ произвелъ опыты, которые опять наглядно подтвердили возможность преобразованія электрической энергіи въ механическую. И такъ, фактъ обратимости былъ окончательно установленъ, однако, вслѣдствіе значительныхъ техническихъ затрудненій, практическаго примѣненія въ то время нельзя было достигнуть.

Едва только успѣлъ появиться электродвигатель, какъ стала ощущаться видимая потребность въ немъ для различныхъ цѣлей техники. И можно только поражаться, что въ теченіе столь небольшого промежутка времени, около 15-ти лѣтъ, примѣненіе электродвигателя достигло небывалыхъ размѣровъ.

До сихъ поръ мы пользовались конною и паровою тягою, причемъ послѣдняя считалась наиболѣе совершенною, и не удивительно: для паровой машины было сдѣлано все, что только возможно было сдѣлать, благодаря блестящимъ успѣхамъ науки. Преобразовывая поступательное движеніе, поршня паровой машины во вращательное движеніе, мы съ удобствомъ стали примѣнять послѣднее для паровоза—этой могучей машины, способной перевозить самыя большія тяжести на какое угодно разстояніе.

Съ теоретической точки зрѣнія электродвигателю предстоитъ не менѣе блестящая будущность въ области желѣзныхъ дорогъ. Не слѣдуетъ только увлекаться и, подобно нѣкоторымъ энтузіастамъ, воображать, что электродвигатель вытѣснитъ сразу паровую систему, получившую столь обширное примѣненіе уже съ половины настоящаго столѣтія. Чтобы замѣнить паръ электричествомъ, потребуется время, которое покажетъ всѣ преимущества и недостатки электрической тяги.

Первая электрическая желѣзная дорога была построена на берлинской выставкѣ въ 1879 г. докторомъ Вернеромъ Сименсомъ и установлена фирмою „Сименсъ и Гальске“. Колеса вагона приводятся во вращеніе электродвигателемъ получающимъ электричество отъ рельсовъ, изолированныхъ отъ земли. Рельсы соединены съ генераторомъ и служатъ

проводниками тока. Но въ дѣйствительности оказалось очень затруднительнымъ изолировать рельсы и предотвратить потери электричества въ землю. Въ 1881 г. Сименсъ выставилъ на Парижской электрической выставкѣ свой трамвай, въ который токъ идетъ изъ толстой мѣдной проволоки, повѣшенной на столбахъ, подобныхъ телеграфнымъ. Рисунокъ 25 изображаетъ его систему, гдѣ *L* верхній проводникъ, соединенный съ положительнымъ полюсомъ динамомашинны, находящейся на станціи; *C*—катящийся контактъ или блочокъ, прикрѣпленный къ крышѣ вагона проволокою *W* и соединенный съ электродвигателемъ *M*, который находится въ нижней части вагона и соединенъ приводомъ съ осями колесъ.

При этомъ токъ, пройдя черезъ электро-двигатель, поступаетъ въ рельсъ *R* посредствомъ щетки или скользящаго контакта *C'* и такимъ образомъ возвращается къ отрицательному полюсу генератора. Этотъ типъ электрическаго трамвая имѣетъ большое распро-

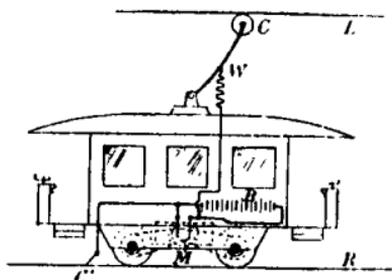


Рис. 25.

страние въ Соединенныхъ Штатахъ. Въ Бангорѣ (Орегонѣ) этотъ типъ нѣсколько видоизмѣненъ, а именно: тамъ проводникъ раздѣленъ на секціи, попеременно соединенныя съ положительнымъ и отрицательнымъ полюсами двухъ генераторовъ, соединенныхъ вмѣстѣ; середина между ихъ полюсами соединена съ землей, т. е. съ рельсами. При этомъ является возможнымъ ѣхать двумъ вагонамъ одновременно по одной и той-же линіи.

Чтобы сдѣлать вагонъ независимымъ отъ проводника *L* на короткое время, напр., во время нахождения на запасномъ пути, имѣется въ вагонѣ батарея изъ аккумуляторовъ *B*, заряжаемыхъ изъ проводника: такимъ образомъ, когда электродвигатель разъединенъ съ проводникомъ, то электрической энергіей можно снова привести электродви-

гатель въ дѣйствиіе. По присоединеніе аккумуляторовъ къ вагону не совсѣмъ удобно: во-первыхъ, оно увеличиваетъ вѣсъ вагона, во-вторыхъ, — причиняетъ хлопоты по зарядкѣ ихъ каждый разъ на станціи.

На большихъ электрическихъ желѣзныхъ дорогахъ верхній проводникъ замѣненъ третьимъ рельсомъ, проходящимъ по срединѣ полотна и изолированнымъ отъ земли. Въ другой системѣ этотъ проводникъ зарытъ въ землю и токъ поступаетъ въ электродвигатель черезъ извѣстные промежутки посредствомъ пружиннаго контакта, когда вагонъ движется. Въ обоихъ случаяхъ внѣшніе рельсы служатъ обратными проводниками.

Первые электрическіе экипажи для обыкновенныхъ дорогъ были построены въ 1889 г. Магнусомъ Фолькомъ изъ Брайтона. Въ этомъ экипажѣ движеніе отъ электродвигателя въ одну лошадиную силу передается одному изъ заднихъ колесъ посредствомъ цѣпи. Токъ для питанія двигателя доставляется тридцатью аккумуляторами; скорость движенія экипажа равна 10 милямъ въ часъ. Движеніемъ экипажа можно управлять посредствомъ рычага.

Вѣялки, катальныя кресла, трехколесныя велосипеды также приводятся въ движеніе электродвигателями, но вѣсъ батареи уменьшаетъ ихъ практичность.

Въ 1882 г. на Темзѣ былъ спущенъ винтовой катеръ, могущій перевозить извѣстное число пассажировъ и приводимый въ движеніе электродвигателемъ въ три лошадиныхъ силы, питаемымъ токомъ отъ сорока пяти аккумуляторовъ. Не издавая во время своего хода никакого шума, и не отдѣляя дыма, электрическая лодка должна, быть признана весьма практичнымъ средствомъ сообщенія по рѣчному пути. На станціяхъ должны находиться генераторы электричества для заряданія аккумуляторовъ. Электродвигатель помѣщается въ задней части трюма и прямо дѣйствуетъ на валъ винта. Аккумуляторы, питающіе двигатель, заключены въ ящики и помѣщены на днѣ лодки. Винтъ регулируется стрѣлкой; руль въ лодкѣ обыкновенный. Катеръ имѣетъ

каюту футовъ въ семь длины, которая освѣщается электрическими лампами. Сигналы подаются электрическимъ гонгомъ. На катерѣ есть приборъ для проектированія свѣта по любому направленію. Скорость хода его отъ 10 до 15 узловъ.

Французъ Губе построилъ подводную электрическую лодку для взрыванія торпедъ и изслѣдованія морского дна; винтъ лодки приводится въ движеніе электродвигателемъ, питаемымъ аккумуляторами.

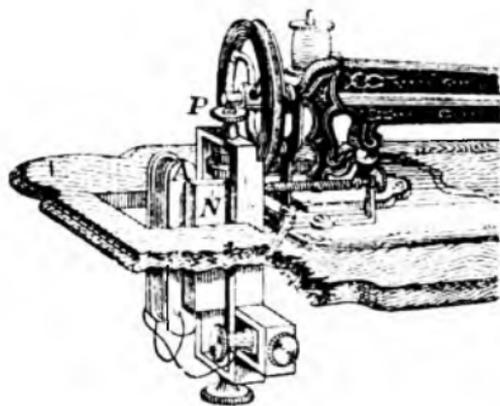


Рис. 26.

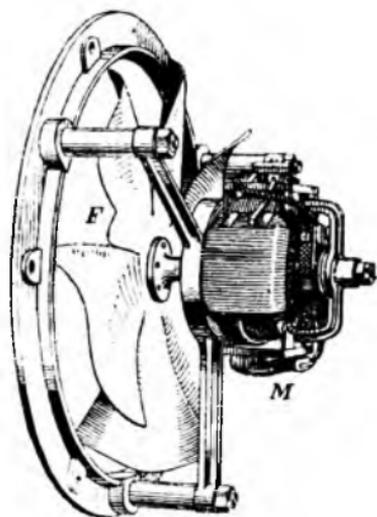


Рис. 27.

Винты въ торпедо Эдиссона и Сима также приводятся въ движеніе электродвигателями. Въ этомъ случаѣ токъ проводится съ корабля или форта, спускающихъ торпедо, по изолированному проводнику, соединенному съ торпедо. Обратнымъ проводникомъ служитъ морская вода.

Въ настоящее время электричество примѣнено для приведенія въ дѣйствіе многихъ машинъ: подъемные краны, ворота, всевозможные рабочіе стапки, насосы, сельскохозяйственныя машины, пилы и проч. Какъ примѣры приложенія электродвигателя къ домашнему быту укажемъ на вентиляторъ, изображенный на рис. 27, гдѣ *F*—виштообразное крыло, надѣтое на ось электро-двигателя *M*. Рис. 26 пред-

ставляетъ электродвигатель Труве, приводящій въ движеніе швейную машину; здѣсь *N* электродвигатель, соединенный посредствомъ *P* съ осью швейной машины. На рис. 28 изображено тонкое сверло, приводимое въ движеніе электро-двигателемъ Гра-скѣма.

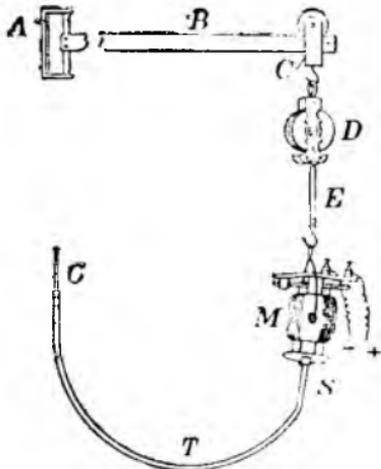


Рис. 28.

Двигатель *M* виситъ на планкѣ *ABC*, посредствомъ блока *DE*, и передаетъ вращеніе своей арматуры посредствомъ гибкаго прута *ST* концу сверла *O*, которое можетъ быть приложено къ любой точкѣ.

Въ настоящее время, когда электричество добывается въ большихъ размѣрахъ для освѣщенія городовъ, оно все болѣе и болѣе примѣняется и для дѣйствія легкихъ машинъ. Паръ все еще экономичнѣе его и поэтому употребляется предпочтительно на большихъ заводахъ. Тѣмъ не менѣе наступитъ день, когда каменный уголь не будетъ перевозиться съ коней на заводы, какъ нынче, а будетъ сжигаться на мѣстѣ, а получаемая теплота, превращаемая въ электрическую энергію, будетъ передаваться по всей окрестной мѣстности.

Въ 1891 году механическая сила турбинъ, приводимыхъ въ движеніе Неккарекимъ водопадомъ въ Лауффенѣ, была превращена въ электричество и передана по проводкѣ на электрическую выставку во Франкфуртѣ на Майнѣ за 117 миль. Римъ освѣщается машинами, приводимыми въ дѣйствіе водопадомъ Тиволи въ 16 миляхъ отъ города.

Грандіозный проектъ утилизаціи механической работы Ніагарскаго водопада, близящійся теперь къ исполненію, представляетъ собою торжество человѣческой предпримчивости и соперничаетъ съ самыми смѣлыми полетами фантазіи Ж. Верна.

Когда въ 1678 г. французскіе миссіонеры Ласаль и Энпенецъ открыли водопадъ на рѣкѣ Ніагарѣ между озерами

Онтарио и Эри, наука объ электричествѣ была еще въ періодѣ самаго ранняго дѣтства. Слишкомъ мало было извѣстно о той таинственной силѣ, которая производитъ чудеса въ наши дни. Прошло еще около ста лѣтъ, пока Франклинъ доказалъ тождество электрической искры съ молніею, а затѣмъ еще столѣтіе прошло прежде, чѣмъ Фарадэй нашелъ способъ преобразовывать въ нее механическую силу. Конечно, ни Ласаль, ни его современники и не мечтали о томъ времени, когда сила водопада будетъ распределяться посредствомъ электричества для произведенія свѣта и теплоты и служить всеѣмъ видамъ промышленности по всей окрестной странѣ.

Ниагарскій водопадъ расположенъ около 21 мили отъ озера Эри и въ 14 миляхъ отъ озера Онтарио. Въ этомъ мѣстѣ рѣка, около мили ширины, течетъ между ровными берегами и, раздѣляемая нѣсколькими островами, внезапно низвергается съ высоты 160 футовъ и, повернувъ подъ угломъ къ сѣверу, продолжаетъ свое теченіе по узкому руслу къ озеру Онтарио. Въ концѣ островъ Goat Island раздѣляетъ водопадъ. На Канадскомъ берегу водопадъ имѣетъ ширину 812 ярдовъ, а на южной, американской, сторонѣ 325 ярдовъ. Выше и ниже водопада на рѣкѣ находятся шумные пороги.

Механическою силою водопада начали пользоваться еще съ давнихъ временъ. Французскіе промышленники поставили водяную мельницу у верхнихъ пороговъ, а первые британскіе переселенцы построили лѣсопильню, необходимую имъ для возведенія построекъ на новомъ мѣстѣ. Мало по малу, ниже водопада заработали постоянныя и временныя мельницы; позднѣе возникло еще множество другихъ, къ которымъ проводилась вода съ нижнихъ пороговъ по желобамъ. Съ 1874 года здѣсь былъ построенъ каналъ, около котораго возникъ цѣлый рядъ факторій, гдѣ вода низвергается съ утесовъ въ видѣ множества каскадовъ, почти соперничающихъ съ самой Ниагарой.

По примѣру Миннеаполиса, разбогатѣвшаго отъ водопада св. Антонія, группа дальновидныхъ и предприимчивыхъ

людей рѣшили основать въ окрестностяхъ водопада промышленный городъ. Лучшаго, болѣе подходящаго мѣста они не могли найти на всемъ американскомъ континентѣ. Кромѣ своего здороваго климата и живописнаго расположенія, Ниагара представляетъ собою родъ станціи между востокомъ и западомъ, между продуктивными и потребительными штатами. Капаломъ Эри озера и рѣки св. Лаврентія соединены въ одинъ великій водный путь. Здѣсь сходятся всѣ главныя желѣзнодорожныя линіи Штатовъ и Канады и пересѣкаютъ рѣку по мостамъ ниже водопада.

Черезъ водонадъ въ секунду проходитъ 300,000 куб. футовъ воды. Эта вода, падая съ высоты 276 футовъ отъ начала верхнихъ пороговъ до водоворота нижнихъ, представляетъ собою запасъ механической работы въ 9 милліоновъ пар. лош. Всѣ эти озера образуютъ цѣлую систему громадныхъ сообщающихся сосудовъ, которые поддерживаютъ круглый годъ уровень воды на одной высотѣ.

Въ 1886 г. была основана „Ниагарская гидравлическая компанія“, а затѣмъ—еще „Водопадная Компанія“. Старый проектъ утилизаціи воды посредствомъ открытаго канала былъ признанъ неудобнымъ; вмѣсто него былъ одобренъ проектъ Томаса Эвершеда. Проектъ его состоитъ въ пользованіи водою выше водопада для приведенія въ дѣйствіе ея напоромъ извѣстнаго числа турбинъ; при этомъ вода снова ноступаетъ въ рѣку уже ниже водопада, но вмѣсто открытаго пути струя воды, дѣйствующая на колеса, идетъ по гидравлическому туннелю (подземному ходу). Съ этою цѣлью было куплено 1,500 акровъ свободной земли, начиная отъ верхнихъ пороговъ. Эта земля и была предназначена для промышленнаго города, съ квартирами для служащихъ и подъѣздными путями. Для достиженія своей цѣли, компанія раздѣлилась на нѣсколько отдѣльныхъ компаній: одна—для покупки земли, другая для постройки желѣзныхъ дорогъ и третья—„Водопадная компанія“, взявшая на себя возведеніе построекъ для утилизаціи водяной силы. Кромѣ того, была основана еще вспомогательная компанія для передачи

посредствомъ электричества части полезной силы въ городъ Буффало, около устья рѣки Ніагары, на озерѣ Эри, въ 20 миляхъ отъ водопада. Но всѣ эти филиальныя компаніи были подчинены „Водопадной компаніи“. Наибольше дѣятельное участіе въ работахъ принимали президентъ компаніи Адамсъ, проф. Колеманъ Селлеръ, инженеръ-консультантъ, проф. Жоржъ Форбсъ, консультантъ-электро техникъ.

Промышленному городу Ніагарскаго водопада предстоитъ великая будущность. Всѣ отрасли промышленности достигнутъ здѣсь громаднаго развитія, благодаря чудовищной механической работѣ, развиваемой водопадомъ.

## ГЛАВА X.

### Разныя открытія и изобрѣтенія.

Электрическій звонокъ, вошедшій теперь во всеобщее употребленіе, былъ изобрѣтенъ Джономъ Марандомъ въ 1850 г. Устройство его общеизвѣстно, а потому на описаніи его мы останавливаться не станемъ.

Обыкновенныя электрическія звонки, приводимыя въ дѣйствіе батареєю, отказываются дѣйствовать, когда батарея потеряетъ свою силу или контакты засоряются. Магнито-электрическія звонки не имѣютъ этихъ неудобствъ. Они не требуютъ батарей или контактовъ, кромѣ пюговки, которая дѣлается въ нихъ въ видѣ маленькой динамо-машины, развивающей токъ во время нажатія. Всякій магнито-электрическій звонокъ состоитъ изъ электромагнита и звонка, соединенныхъ двойнымъ проводомъ. Между полюсами магнита находится катушка изъ изолированной проволоки, посаженной на ось. Повернувъ за ключъ, мы заставимъ катушку вращаться между полюсами въ магнитномъ полѣ магнита; возбужденный такимъ образомъ токъ проходитъ по проволокамъ въ электромагнитъ звонка, якорь котораго заставляеть молоточекъ производить удары по звонку.

Электрическіе звонки въ большихъ домахъ и отеляхъ снабжаются, обыкновенно, индикаторами, указывающими, изъ какой комнаты раздается звонокъ. Такіе звонки могутъ быть приспособлены для подаванія различныхъ сигналовъ. Такъ, пожаръ можетъ быть возвѣщенъ быстрымъ повышеніемъ температуры, расплавляющимъ кусокъ воска или легкоплавкаго металла. Вслѣдствіе этого, освобождается грузъ, падающій на пуговку и замыкающій токъ въ звонокѣ; или повышение температуры поднимаетъ ртуть въ стеклянной трубкѣ, какъ это происходитъ въ термометрѣ, и соединяетъ двѣ платиновыя проволоки, проходящія черезъ стекло и замыкающія токъ. Иногда, для произведенія контакта, употребляютъ согнутую пружину изъ двухъ металловъ. Она состоитъ изъ двухъ полосъ, мѣдной и желѣзной, спаянныхъ вмѣстѣ. Вслѣдствіе неравнобѣрнаго расширенія этихъ двухъ металловъ подъ вліяніемъ теплоты, пружина разрывается и производитъ необходимый контактъ, замыкающій цѣпь. Лучшимъ же приспособленіемъ для этой цѣли служитъ маленькій ящикъ съ тонкою металлическою діафрагмою, которая, расширяясь отъ теплоты, выгибается въ центрѣ и касается контактнаго винта, замыкающаго токъ.

Эти автоматическіе пожарные сигналы могутъ быть соединены въ одну общую цѣпь съ обыкновенными уличными пожарными сигналами, въ которыхъ необходимый контактъ производится отъ дерганія за рукоять. Подобными звонками можно пользоваться для предохраненія своихъ жилищъ, лавокъ, кладовыхъ и проч. отъ воровъ. При этомъ вмѣстѣ съ звонкомъ полезно помѣстить и электрическую лампочку. Если пуговку или контактный ключъ помѣстить на подоконникѣ, на порогѣ двери, на ступенькахъ лѣстницы, то весьма легко ихъ приспособить такимъ образомъ, что какъ только дверь или окно откроются или на ступенькѣ кто-нибудь пройдетъ, токъ замкнется и произведетъ тревогу. Конечно, цѣпь должна быть соединена только въ то время, когда такія предосторожности требуются. Въ лавкахъ и кладовыхъ при входѣ вора токъ замы-

кается и зажигаетъ электрическую лампочку, передъ которою помѣщается красный экранъ. Ночной сторожъ можетъ увидѣть тогда красный свѣтъ и поймать преступника. Въ Америкѣ при такомъ освѣщеніи однажды удалось снять фотографію съ вора и по ней разыскать его затѣмъ.

Уровень воды въ цистернахъ и резервуарахъ также можетъ быть отмѣчаемъ подобнымъ же образомъ, причѣмъ необходимый контактъ производится плавающимъ на поверхности воды поплавкомъ.

Морской лагъ Масси есть инструментъ для опредѣленія скорости хода судна посредствомъ оборотовъ колесика. Когда послѣднее сдѣлаетъ полный кругъ въ водѣ, число оборотовъ въ секунду будетъ обозначено на борту звонкомъ. Въ однихъ электрическихъ лагахъ, токъ возбуждается отъ химическаго дѣйствія цинковой и мѣдной пластинокъ, прикрѣпленныхъ къ этому прибору и погруженныхъ въ морскую воду; въ другихъ токъ идетъ изъ батареи, находящейся на борту корабля.

Капитанъ М'Эвой изобрѣлъ предохранительный сигнальный приборъ противъ торпедо и торпедныхъ лодокъ, состоящій изъ желѣзнаго колокола, погружаемаго въ воду на такую глубину, гдѣ нѣтъ волненія. Въ верхней части колокола, откуда давленіе воздуха выгоняетъ назадъ воду, находится чувствительный контактъ изъ стрѣлки, соединяющей въ одну цѣпь батарею и электрической звонокъ или лампу на берегу. Звуковыя волны, идя черезъ воду отъ винта торпедо или судна, дѣйствуютъ на чувствительный контактъ, отчего на берегу раздается звонокъ и зажигается лампа.

Электричество примѣняется еще для регистраціи движеній флюгеровъ и анемометровъ.

„Домашній телеграфъ“—полезное американское изобрѣтеніе, посредствомъ котораго каждый можетъ простымъ поворотомъ рычага дать сигналъ о вызовѣ полицмена, доктора и пр.

Александръ Бенъ первый привелъ въ движеніе часовой

механизмъ съ помощью электричества. Маятникъ въ его часахъ снабженъ желѣзною подвѣскою, притягиваемою то въ одну, то въ другую сторону электромагнитомъ. Такъ какъ достоинство этого механизма зависитъ отъ постоянства тока, достичь котораго не легко, то это изобрѣтеніе и не имѣло большого успѣха. Часовой механизмъ „бабочка“ Лемуана обладаетъ лучшими качествами. Онъ имѣетъ подвѣску изъ мягкаго желѣза, качающуюся взадъ и впередъ надъ полюсами двойного электромагнита, соединеннаго въ одну цѣпь съ батареею и контактнымъ ключемъ. Когда ходъ механизма становится слишкомъ медленнымъ, ключъ замыкается, и токъ, проходя черезъ электромагнитъ, толкаетъ маятникъ, регулируя дѣйствіе механизма. Регулированіе хода часовъ достигается при помощи остроумнаго прибора Гиппа. Онъ состоитъ изъ электромагнита и желѣзной подвѣски, отъ которой идетъ внизъ проволока съ легкимъ крыломъ изъ слюды, имѣющимъ форму бабочки. Во время качанія подвѣски, проволока давитъ на выступъ металлической пружины. Когда подвѣска движется слишкомъ медленно, проволока толкаетъ пружину ниже, до соединенія съ другимъ контактомъ, вслѣдствіе чего токъ замыкается и проходитъ черезъ магнитъ, который притягиваетъ подвѣску и даетъ толчокъ маятнику.

Большимъ успѣхомъ пользуются такіе электрическіе часы, механизмъ которыхъ регулируется электричествомъ, идущимъ отъ однихъ главныхъ часовъ. Такіе часы существуютъ, напр., въ Глазговѣ. За циферблатами мѣстныхъ часовъ помѣщаются электромагниты, которые посредствомъ арматуры, дѣйствующей на зубчатые колеса, двигаютъ стрѣлки впередъ каждую минуту или полъ-минуты, какъ только посылается въ нихъ токъ изъ главныхъ часовъ.

Въ 1879 г. профессоръ Грагамъ Белль, изобрѣтатель телефона, и Соммеръ Тентеръ изобрѣли остроумный аппаратъ, названный ими фотофономъ; посредствомъ этого прибора звуки передаются на разстояніи нѣсколькихъ сотъ сажень при помощи лучей свѣта. Дѣйствіе фотофона осно-

вано на явленіи, замѣченномъ въ 1873 г. Мэю (Mayhew) и состоящемъ въ томъ, что электрическое сопротивленіе кристаллическаго селена уменьшается, когда на него падаетъ лучъ свѣта. Рис. 29 показываетъ, какъ Белль и Тен-теръ утилизировали это явленіе въ фотофонѣ. Снопъ лучей солнечнаго или электрическаго свѣта, собранныхъ чечевицей  $L$ , отражается, маленькимъ зеркаломъ  $M$  и, пройдя черезъ другую чечевицу  $L_1$ , падаетъ на параболическое зеркало  $R$ , въ фокусѣ котораго находится селеновая пластинка, включенная въ одну цѣпь съ батареею  $B$  и двумя телефонами  $T$  и  $T'$ . Если кто-нибудь будетъ говорить въ трубу позади зеркала  $M$ , то свѣтъ будетъ вибрировать вмѣстѣ съ звукомъ; и волнообразный снопъ падаетъ на селень, измѣняющій свое сопротивленіе току. Сила тока варьируется такимъ образомъ вмѣстѣ съ звуковыми волнами, и слова, сказанныя въ трубу, будутъ слышны въ телефонѣ. Фотофонъ имѣетъ скорѣе научное, чѣмъ практическое значеніе.

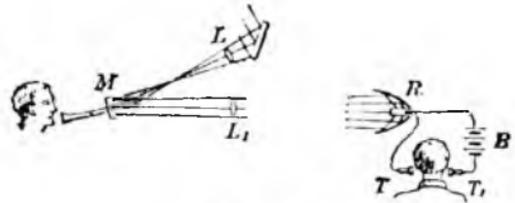


Рис. 29.

„Индукціонный баланс“ проф. Юза основанъ на томъ фактѣ, что токъ, проходящій по одной проволоцѣ, возбуждаетъ индуктированный токъ въ другой проволоцѣ. Самое устройство этого прибора понятно изъ рис. 30, гдѣ  $P$  и  $P_1$  двѣ спирали изъ толстой проволоки, соединенныя съ батареею  $B$  и микрофономъ  $M$ ;  $S$  и  $S_1$  двѣ подобныя же спирали изъ тонкой проволоки, соединенныя съ телефономъ  $T$ . Когда въ микрофонъ  $M$  попадаетъ звукъ, токъ въ первичныхъ спираляхъ

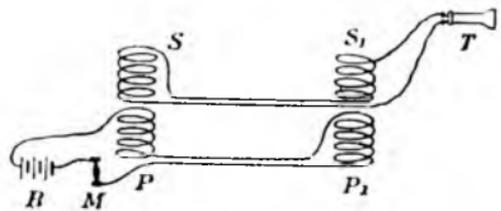


Рис. 30.

$P$  и  $P_1$  возбуждаетъ соотвѣтствующій токъ во вторичныхъ спираляхъ  $S$  и  $S_1$ ; но спирали  $S$  и  $S_1$  такъ повернуты, что индукція  $P$  на  $S$  нейтрализуетъ индукцію  $P_1$  на  $S_1$ , и во вторичной цѣпи не проходитъ никакого тока, а потому и никакого звука не слышно въ телефонъ. Но когда это равновѣсіе нарушаютъ поднесеніемъ къ одной изъ спиралей куска металла, напр. монеты, то звукъ будетъ слышанъ въ телефонѣ.

Индукціонный балансъ примѣняется какъ „сонометръ“ для измѣренія чувства слуха, а также для опредѣленія достоинства монетъ. Джонъ Мёнро придумалъ видоизмѣненіе его для „угадыванія“ присутствія золота и металлическихъ рудъ, которое было примѣнено капитаномъ М'Эвой въ его подводномъ „детекторѣ“ для изслѣдованія морского дна посредствомъ якорей и отысканія утонувшихъ сокровищъ. Когда президентъ Гарнфильдъ былъ раненъ, положеніе пули было опредѣлено такимъ же путемъ.

Микрофонъ, какъ средство для усиленія слабыхъ звуковъ, примѣняется для опредѣленія мѣста течи въ водяныхъ трубахъ и для медицинскихъ изслѣдованій. Нѣсколько лѣтъ тому назадъ, одна англійская дама была спасена отъ опасности быть замертво погребенною, при помощи микрофона, посредствомъ котораго стало слышно слабое бѣненіе ея сердца.

Какъ это часто бываетъ въ экспериментальныхъ наукахъ, фонографъ обязанъ своимъ открытіемъ простой случайности.

— Однажды, — рассказываетъ Эдиссонъ, — когда я пѣлъ въ раструбъ телефона, я почувствовалъ, что колебанія голоса вызываютъ покалыванія въ моемъ пальцѣ, толкая въ него стальное остріе, бывшее въ аппаратѣ. Это заставило меня призадуматься. Мнѣ пришло въ голову, что если удастся сохранить движенія этого острія и затѣмъ заставить его пройти по прежнему пути, то можно будетъ услышать сказанныя раньше слова. Первый опытъ былъ мною сдѣланъ на листѣ телеграфной бумаги, и я нашелъ, что движенія острія можно подвести подъ азбучный алфавитъ. Когда я произнесъ слово въ раструбъ телефона и затѣмъ опрокинулъ

бумагу надъ остриемъ, то услышалъ въ отвѣтъ слабое эхо произнесенныхъ звуковъ. Тогда я рѣшилъ устроить говорящую машину и далъ моимъ помощникамъ надлежащую инструкцію, рассказавъ имъ о новомъ открытіи, которое вызвало улыбку недовѣрія съ ихъ стороны.

Вотъ и вся исторія открытія фонографа, обязаннаго своимъ появленіемъ на свѣтъ простому покалыванію въ палецъ.

Фонографъ Эдиссона состоитъ изъ латуннаго цилиндра, посаженнаго на ось, одна половина которой нарѣзана винтомъ. По окружности цилиндра идетъ непрерывный спиральный желобокъ, имѣющій одинаковый ходъ съ винтомъ. Поэтому, если вращать цилиндръ за рукоять, то при каждомъ оборотѣ желобокъ подвигается на длину равную его ходу. На цилиндръ плотно накладывается оловянный или весьма тонкій мѣдный листокъ, охватывающій его по всей окружности. Наконецъ, передъ самымъ цилиндромъ расположенъ амбушюръ, совершенно одинаковый съ раструбомъ телефона. Вибрирующая пластинка амбушюра упирается на гуттаперчевую трубку, а эта послѣдняя — на упругую пластинку, оканчивающуюся стальнымъ остриемъ, которое, находясь какъ разъ противъ желобка, вытисняетъ на листкѣ слѣды, соответствующіе издаваемымъ звукамъ.

Чтобы привести въ дѣйствіе приборъ, говорятъ громко въ самый амбушюръ, приставивъ губы какъ можно ближе къ вибрирующей пластинкѣ и вращая въ тоже время рукоять слѣва на право. Пластинка вибрируетъ въ этомъ случаѣ въ унисонъ съ голосомъ, причемъ ея вибраціи передаются пружинкѣ и острию, которое, повинаясь колебаніямъ послѣдней, вытисняетъ на металлическомъ листкѣ, смотря по силѣ звука, болѣе или менѣе рельефный прерывистый слѣдъ. Теперь остается только заставить фонографъ вновь воспроизвести слова, которые имъ записаны.

Для этого, отводятъ амбушюръ отъ цилиндра, а затѣмъ вращеніемъ рукоятки приводятъ его къ своему первоначальному положенію; послѣ этого амбушюръ также приводятъ въ прежнее положеніе.

Если теперь вращать цилиндръ, какъ прежде слѣва направо, то онъ снова будетъ перемѣщаться въ прежнюю сторону, но на этотъ разъ приборъ повторитъ громко слова, которыя имъ были записаны. Въ первой части опыта вибрирующая пластинка дѣйствовала на острие, а это послѣднее, въ свою очередь, на оловянный листъ; во второй части происходитъ возвратное дѣйствіе: острие и пластинка приводятся въ вибраціонное движеніе выступами и углубленіями, полученными на оловянномъ листѣ отъ первоначальнаго вибрированія пластинокъ подъ непосредственнымъ вліяніемъ голоса. Такимъ образомъ пластинка получаетъ рядъ совершенно тѣхъ же колебаній, которыя она испытывала при первомъ вращеніи цилиндра, а потому воспроизводитъ и тѣ же самые звуки. Однако, здѣсь, такъ же, какъ въ телефонѣ, происходитъ значительная потеря живой силы, и слова, повторяемая приборомъ, весьма много утрачиваютъ въ своемъ напряженіи.

Въ опытахъ съ фонографомъ весьма важно, особенно при пѣніи, сообщать цилиндру равномерную скорость движенія; иначе звукъ, воспроизводимый приборомъ, будетъ или выше или ниже того, какой издавалъ экспериментаторъ. Для того, чтобы сколько нибудь регулировать вращательное движеніе, на оси цилиндра насаживается маховикъ. Но вполне совершенное регулированіе достигается при помощи часоваго механизма, который управляетъ вращеніемъ вала.

Фонографъ не на столько вѣрно передаетъ всѣ особенности человѣческаго голоса, чтобы получалась полная иллюзія. Въ первое время нѣкоторые звуки воспроизводились не отчетливо, и изобрѣтателю удалось добиться ихъ ясности только цѣною огромнаго терпѣнія и повторныхъ опытовъ. Особенно придыхательные и шипящіе звуки составляли слабую сторону этого аппарата, и Эдиссонъ цѣлыми часами просиживалъ передъ нимъ, повторяя одно и то же трудное слово и добиваясь точной его передачи.

Въ обширности примѣненія фонографа въ литературѣ, музыкѣ, судебныхъ и коммерческихъ дѣлахъ, съ нимъ едва ли

могутъ поспорить другія изобрѣтенія. Самъ Эдиссонъ, суммируя въ 1878 году будущее значеніе фонографа, говорилъ, что онъ можетъ служить: для записыванія писемъ и всякаго рода инструкцій, замѣняя стенографа; въ качествѣ книгъ для слѣпыхъ; для воспроизведенія музыки, замѣняя музыкальные ящики; для сохраненія спичей, разговоровъ, наставленій, послѣднихъ словъ умирающаго; въ соединеніи съ часовымъ механизмомъ — для напоминанія какой угодно рѣчью о времени вставанія, обѣда и т. д.; для сохраненія хроники семейныхъ событій, наконецъ — при изученіи языка — для воспроизведенія словъ, вѣрно произнесенныхъ. Но сказаннымъ далеко не исчерпывается значеніе фонографа: примѣненіе его касается всѣхъ отраслей наукъ, искусствъ, частной и общественной жизни, и каждый годъ прибавляетъ въ этомъ отношеніи что-нибудь новое. Можно положительно сказать, что онъ незамѣнимъ въ концертномъ залѣ, въ залѣ суда, во всѣхъ служебныхъ мѣстахъ и при всѣхъ обстоятельствахъ жизни, когда желательно сохранить человѣческую рѣчь. Медицина употребляетъ фонографъ для восстановленія потеряннаго слуха, причемъ лѣчебное значеніе его объясняется дѣйствіемъ постоянныхъ колебаній, передаваемыхъ съ правильными промежутками отъ цилиндра къ больному органу; частота, характеръ и интенсивность колебаній могутъ быть регулированы сообразно съ условіями и серьезностью болѣзненнаго случая. Какъ на одну изъ своеобразныхъ услугъ фонографа, можно указать на попытку увѣковѣчить съ его помощью языкъ обезьянъ; съ этой цѣлью спеціально снаряжена была экспедиція въ южную Африку. Если удастся этимъ способомъ упорядочить и открыть извѣстную правильность въ крикахъ обезьянъ, то это будетъ уже большимъ вкладомъ въ естественныя науки, и, быть можетъ, — по словамъ одной газеты, — мы будемъ обязаны фонографу тѣмъ, что научимся понимать языкъ четырехрукихъ, этихъ прототиповъ человѣка.

Широкое распространеніе нашель фонографъ также и...

въ мірѣ игрушекъ: куклы, съ розовыхъ губокъ которыхъ сыпались цѣлыя исторіи изъ дѣтской жизни и невинная дѣтская болтовня, вошли въ такую славу, что составилаь цѣлая фирма „фонографовъ, въ примѣненіи къ игрушкамъ“, которая очень успѣшно вела свои дѣла. Первые три представительницы такихъ говорящихъ куколъ были поднесены маленькой голландской королевѣ и произвели фуроръ въ королевской дѣтской.

Что касается до передачи фонографомъ сложной и разнообразной музыки, то въ этомъ отношеніи сдѣланъ былъ блестящій опытъ въ 1888 году на празднествѣ въ память Генделя: въ огромномъ концертномъ залѣ раздавалось 4,000 голосовъ, вмѣстѣ съ громовыми аккордами величественнаго органа и разнородными звуками громаднаго оркестра,—и вся эта масса звуковъ была воспринята фонографомъ и затѣмъ передана передъ многочисленными слушателями въ главныхъ американскихъ городахъ.

Наконецъ, слѣдуетъ еще указать на приложеніе фонографа къ движущимся картинамъ (кинематографіи). Соединяя здѣсь оптическія иллюзіи съ слуховыми, получаютъ эффектные представленія, образующія, такъ называемый, кинематографическій театръ (см. рис. 31).

Употребляясь постоянно въ коммерческихъ дѣлахъ, фонографъ настолько упростился, что не требуетъ въ обращеніи съ собой никакого особеннаго искусства. Требуется только сказать, что нужно, въ звукоприемникъ, послѣ чего аппаратъ запирается въ маленькій ящикъ и отправляется по назначенію. Цилиндры разнаго обхвата соотвѣтствуютъ бумагѣ различнаго формата и содержатъ отъ 500 и 800 до 4,000 словъ. Получателю такъ называемой „фонограммы“ остается только привести аппаратъ въ дѣйствіе, чтобы узнать желанія отправителя. Въ настоящее время фонографическое производство имѣетъ своихъ представителей въ 44 штатахъ и территоріяхъ. Главное Сѣверо-Американское Фонографическое Общество помѣщается въ Нью-Йоркѣ, а Эдиссоновская

мастерская фонографовъ, состоящая изъ четырехъ огромныхъ зданій, — около его лабораторіи въ Оранжъ; здѣсь кипитъ самая оживленная работа.

Изъ всѣхъ изобрѣтеній Эдиссона фонографъ пользуется наибольшею популярностью и любовью народа, дѣйствуя на его воображеніе. Онъ напоминаетъ старыя сказанія о рогѣ

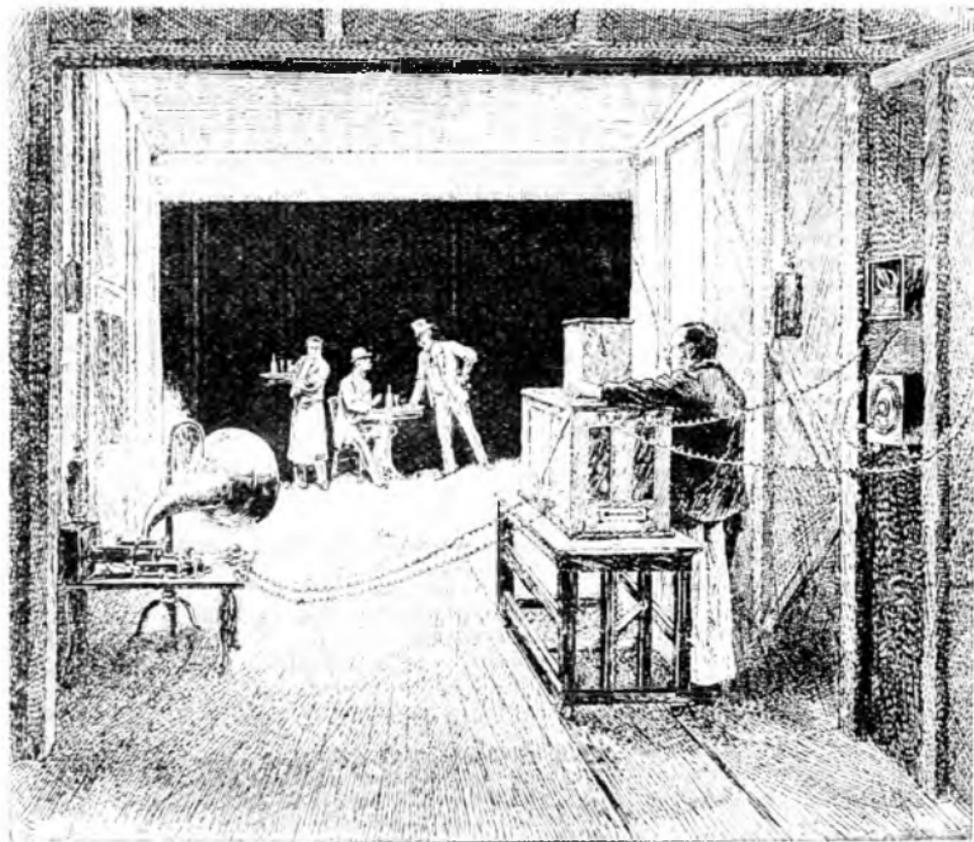


Рис. 31.

почтальона, въ которомъ застывали въ морозный день звуки, которые тотъ тщетно старался извлечь изъ него, по вечеромъ, когда почтальонъ вѣшалъ рогъ около печки, звуки оттаявъ, сами лились изъ него, складываясь въ мелодіи. Чудесное дѣйствіе фонографа сливается въ народномъ представленіи съ магическою силою бамбуковой трости, въ которую, по словамъ легенды, одна мудрая женщина собрала,

чудный голосъ какой-то красавицы. И когда, долго спустя послѣ ея смерти, трость была вскрыта, изъ нея полились золотые звуки чарующаго голоса, такіе сладкіе и пріятные, что, когда послѣдній звукъ замеръ въ воздухѣ, народъ сталь неутѣшно плакать о томъ, что никогда болѣе не услышитъ такого чуднаго голоса. И вотъ теперь, вмѣсто волшебной трости, явилась удивительная машина, при помощи которой можно сохранять, какъ въ сказкѣ, всѣ голоса съ ихъ мельчайшими характерными особенностями!

Большой интересъ представляетъ „телеграфированіе съ движущагося поѣзда“. Въ этомъ остроумномъ изобрѣтеніи воздухъ служитъ средой, по которой электрическіе токи передаются отъ батареи, находящейся въ поѣздѣ, къ обыкновеннымъ телеграфнымъ проволокамъ, которыя тянутся по одной сторонѣ полотна желѣзной дороги. Передача тока черезъ воздухъ на разстояніи 500 футовъ, происходитъ благодаря индукціи, т. е. свойству, въ силу котораго въ проводникѣ обнаруживаются электрическіе токи, подъ вліяніемъ находящагося по близости тока. Такимъ образомъ оказалось возможнымъ посылать съ поѣзда телеграммы во время его движенія, что представляетъ большія удобства при тѣхъ разнообразныхъ случайностяхъ, которымъ постоянно подвергаются путешественники.

Слѣдуетъ указать еще на пироманитные двигатель и паровой котель Эдиссона. Принципы, на которыхъ они основаны, не новы: еще въ Джильбертъ высказалъ въ своемъ сочиненіи „о свойствахъ магнита“, что магнитная сила желѣза ослабѣваетъ по мѣрѣ его накаливанія, и что магнитъ не оказываетъ вліянія на раскаленный до красна металлъ. Эдиссонъ воплотилъ эту идею въ образъ, создавъ пироманитный двигатель, или аппаратъ, въ которомъ полоса желѣза попеременно накаливается и охлаждается, притягиваясь къ электромагниту въ послѣднемъ случаѣ и и оставаясь неподвижной — въ первомъ, слѣдствіемъ чего является вращательное движеніе. На тѣхъ же началахъ основанъ и пироманитный паровой котель, въ которомъ

скрытая энергія каменнаго угля превращается въ электричество.

Среди разныхъ открытій изобрѣтательному уму Эдиссона принадлежитъ также блестящая мысль объ электрической дорогѣ. Имѣя въ виду приспособить ее къ подъемамъ на горы, онъ провелъ полотно на холмъ, образующій съ горизонтальною плоскостью уголь въ  $40^{\circ}$ . Но первые его опыты были неудачны: тормазъ, который долженъ былъ задержать колеса при подъемѣ, лопнулъ, и вагонъ со страшной быстротой полетѣлъ внизъ. Позже устроена была электрическая желѣзная дорога въ Менло-Паркѣ, пользовавшаяся впоследствии значительнымъ успѣхомъ. Какъ только работы по ея сооруженію были закончены, Эдиссонъ послалъ директорамъ ея приглашеніе на пробную поѣздку, которая и была принята съ самой утонченною и довѣрчивою вѣжливостью. Послѣ обмѣна обычныхъ любезностей, директора заняли свои мѣста въ вагонѣ, ожидая пріятной и спокойной прогулки. Но, увы! ожиданія ихъ не сбылись: вмѣсто спокойнаго ознакомленія съ новой системой паровоза, они почувствовали, что мчатся съ необычайною быстротой. Эдиссонъ, въ какомъ-то мальчишескомъ задорѣ, пустилъ поѣздъ со скоростью 40 миль въ часъ, все увеличивая ее по мѣрѣ возрастанія безпокойства своихъ пассажировъ. Поѣздъ летѣлъ все дальше, и все больше поднимался страхъ почтенныхъ директоровъ; шляпы ихъ снесло вѣтромъ, пальто развѣвались, и крики протеста оглашали воздухъ, пока, наконецъ, не насталъ благополучный конецъ этой бѣшеной скачкѣ...

Вскорѣ Эдиссону пришлось встать лицомъ къ лицу съ двумя соперниками его въ новомъ предпріятіи, именно съ Сименсомъ и Фильдомъ. Но первый изъ нихъ самъ отказался въ скоромъ времени отъ борьбы, со вторымъ же Эдиссонъ вступилъ въ товарищество, образуя „Компанію Электрическихъ Желѣзныхъ Дорогъ въ Соединенныхъ Штатахъ“, которой тотчасъ же пришлось участвовать въ выставкѣ въ Чикаго 1883 года. Несмотря на краткость срока, оставша-

гося до открытія выставки, компанія успѣла приготовить для послѣдней экспонатъ—электрической паровозъ, названный „Судьей“ въ честь дяди Фильда и имѣвшій 5 футовъ ширины и 12 длины. Онъ былъ снабженъ регуляторомъ, позволявшимъ контролировать силу электрическаго тока и ускорять или замедлять по желанію ходъ локомотива.

Полотно для этой электрической дороги помѣщалось въ галлерей главнаго зданія выставки, окружающей другія постройки кольцами съ радіусомъ въ 65 фут. На полотнѣ длиною въ  $\frac{1}{3}$  мили, лежали въ 3 ряда рельсы: черезъ центральную линію, осмоленную для изоляціи отъ земли, входилъ электрической токъ въ колеса локомотива, а оттуда шель къ двигателю (динамомашинѣ); по крайнимъ линіямъ токъ возвращался назадъ. Локомотивъ рассчитанъ былъ на максимальную скорость 12 миль въ часъ при двухъ вагонахъ съ пассажирами, но постройка галлерей оказалась настолько непрочною, что возбуждала при такой скорости опасенія, и пришлось, поэтому, ограничить ходъ поѣзда девятью мильми въ часъ. „Судья“ покрылъ себя громкою славою: въ теченіе 13 дней, когда онъ былъ въ дѣйствиі, имъ совершено было 1,588 поѣздокъ и перевезено 28,805 пассажировъ. Послѣ такого успѣшнаго дебюта въ Чикаго, „Судья“ отправленъ былъ на выставку въ Луизвилль.

Хотя Эдиссонъ въ послѣдствіи не оставлялъ своихъ опытовъ въ этомъ направленіи, но его изобрѣтательная дѣятельность была главнымъ образомъ сосредоточена на фонографѣ, электрическомъ свѣтѣ, телефоніи и телеграфіи. Впрочемъ, мысль объ электрической дорогѣ никогда не покидала его, и онъ предвидѣлъ время, когда по ней можно будетъ двигаться со скоростью болѣе 100 миль въ часъ, что, несомнѣнно, представитъ неогнѣнимыя достоинства для дѣловыхъ людей, но мало удобства для того, чтобы любоваться пейзажами.

Много сдѣлано было Эдиссономъ въ области гальванометріи. Въ общеизвѣстномъ гальванометрѣ его изобрѣтенія, электрической токъ, проходя черезъ тонкую платиновую

проволоку, заключенную въ стеклянной трубкѣ, нагреваетъ ее, отчего она расширяется. Это расширение проволоки приводитъ въ движеніе закрученную пружину, заставляя послѣднюю дѣйствовать на стержень, къ которому прикрѣплено маленькое зеркальце. Малѣйшія передвиженія зеркала отмѣчаются лучами свѣта, отбрасываемыми зеркаломъ на скалу.

Въ 1883 году было изобрѣтено Эдиссономъ электрическое



Рис. 32.

перо, или автографическій (самопишущій) аппаратъ (см. рис. 32). Употребленіе этого пера не требуетъ никакого особаго искусства. Оно имѣетъ видъ обыкновеннаго пера съ желобкомъ, въ который вставляется заостренный стальной стержень. Послѣдній быстро двигается вверхъ и внизъ, благодаря маленькому двигателю, прикрѣпленному къ верхушкѣ пера и соединенному съ батареею. Перо производитъ на бумагѣ цѣлый рядъ мельчайшихъ отверстій, видимыхъ только на свѣтъ. Когда затѣмъ кладутъ свѣжій листъ бумаги подъ первый и проводятъ типографскимъ ва-

ливомъ, пропитаннымъ чернилами, по всѣмъ отверстіямъ, то на нижнемъ листѣ получаютъ ряды буквъ, написанныхъ, вслѣдствіе близости между уколами, сплошными линіями.

Видоизмѣненіе электрическаго пера представляетъ миеографъ, который, благодаря простотѣ своей конструкціи и дешевизнѣ, быстро завоевалъ симпатіи тѣхъ людей, для которыхъ время—деньги. Отличіе его отъ пера состоитъ въ томъ, что листъ восковой бумаги, на которомъ дѣлаются уколы заостреннымъ стальнымъ приборомъ, помещается на шероховатый стальной листъ, послѣ чего переводятъ на другой листъ бумаги помощью валька съ чернилами такимъ же образомъ, какъ и при электрическомъ перѣ. Этимъ способомъ можетъ быть приготовлено до 2,000 копій съ одного оригинала, причемъ разборчивость письма нисколько не страдаетъ.

Для изслѣдованія исправнаго дѣйствія громоотвода служить магнито-электрической приборъ Сименса, изображенный на рис. 33. Этотъ приборъ не требуетъ батареи, но состоитъ изъ магнито-электрической машины *M*, токъ въ

которой возбуждается при вращеніи рукоятки, и Уитстонова мостика. Последній заключаетъ въ себѣ кольцо изъ серебряной проволоки, образующей двѣ вѣтви. Контактный рычагъ *P* движется по верху кольца и служитъ какъ бы ключемъ батареи.

Маленькій гальванометръ

*G* указываетъ направленіе тока. Скользящій кусокъ мѣди *S* толкаетъ стрѣлку гальванометра въ ту или другую сторону. Затѣмъ надо указать еще на нѣсколько соединеній *b*, *b'*, *l*, и реостатъ. Маленькій ключъ *K* служитъ для проведенія тока на громоотводъ и для прекращенія его. Кожаная сумка *A* на одной сторонѣ деревяннаго ящика *M*

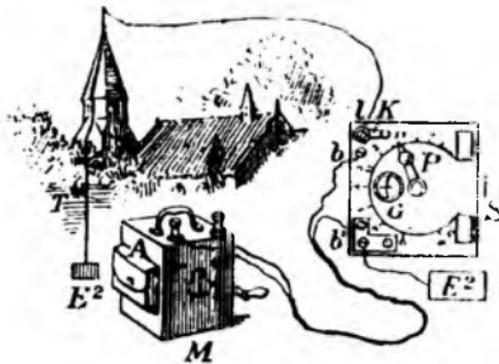


Рис. 33.

заклучаетъ въ себѣ двойной проводникъ главной проволоки, которая сдужить для соединенія магнито электрической машины съ мостикомъ. При поворотѣ рукоятки  $M$  возбуждается токъ, который, при замкнутомъ ключѣ  $K$ , идетъ отъ концовъ машины черезъ мостикъ и громоотводный проводникъ, соединенный съ послѣднимъ. Стрѣлка гальванометра отклоняется до тѣхъ поръ, пока сопротивление въ реостатѣ не равно сопротивленію громоотвода. Въ случаѣ же равенства этихъ сопротивленій, стрѣлка гальванометра остается въ первоначальномъ положеніи. Такимъ образомъ, сопротивление громоотвода будетъ извѣстно и всякое измѣненіе въ немъ будетъ замѣчено. Для лучшей пробы громоотводныхъ проводниковъ необходимо еще имѣть двѣ пластинки  $E_1$  и  $E_2$ , одну ( $E_1$ ) \*) для громоотвода, другую ( $E_2$ ) для соединенія его съ пробнымъ аппаратомъ.

## ГЛАВА XI.

### Круксъ. — Гитторфъ. — Ленардъ. — Открытіе Рентгена.

1896 г. принесъ съ собою новое открытіе въ области электричества, открытіе, которое нѣсколько лѣтъ тому назадъ показалось бы вымысломъ досужей фантазіи: въ этомъ году Рентгенъ открылъ способъ фотографировать скелетъ живого человѣка. Вообще, за послѣдніе двадцать лѣтъ электричество сдѣлало громадный шагъ впередъ: оно дало намъ телефонъ Белля, при помощи котораго можно, находясь въ Лондонѣ, разговаривать съ лицомъ, находящимся въ Парижѣ, или изъ Чикаго передавать живую разговорную рѣчь въ Нью-Йоркъ; микрофонъ Юза, дѣлающій шаги мухи такъ же слышными, какъ топотъ слона, по выраженію лорда Кельвина; фонографъ Эдиссона, въ которомъ мы можемъ слушать голоса умершихъ; электрическій свѣтъ, свѣтящій безъ воздуха и подъ водой, электри-

\*) На рис. пластинка  $E_1$  ошибочно обозначена чрезъ  $E_2$ .

ческое нагрѣваніе безъ топлива и множество другихъ открытій. Фотографированіе невидимаго представляетъ собою триумфъ электричества.

Потому ли что, пресса и публика были уже болѣе ознакомлены съ наукой или потому, что открытіе профессора Рентгена болѣе дѣйствовало на воображеніе, но оно возбудило къ себѣ гораздо большій интересъ, чѣмъ телефонъ, микрофонъ или фонографъ.

Подобно тому, какъ большинство, если не всѣ открытія и изобрѣтенія представляютъ собою результатъ, продолженіе работъ предшественниковъ, такъ и открытіе Рентгена опирается на изслѣдованія другихъ ученыхъ.

Прежде чѣмъ перейти къ открытію Рентгена слѣдуетъ остановиться на работахъ Крукса.

Прототиномъ нынѣшней круковой трубки является, такъ называемое, „электрическое яйцо“, производившее въ срединѣ прошлаго столѣтія фуроръ при французскомъ дворѣ въ рукахъ аббата Нолле — придворнаго лектора физики и искуснаго экспериментатора. На гравюрахъ того времени аббатъ Нолле изображенъ въ кругу нарядныхъ кавалеровъ и дамъ, забавляющихся извлеченіемъ искръ изъ электрической машины и свѣченіемъ въ электрическомъ яйцѣ. Послѣднее состояло изъ прозрачнаго стекляннаго шара, въ который были вставлены два металлическіе стержня, съ шариками на концахъ; когда шаръ былъ наполненъ воздухомъ, то разряды, производившіеся въ немъ, имѣли извилистый видъ молніи; по, по мѣрѣ того, какъ изъ яйца выкачивали воздухъ, разрядъ становился шире и въ темнотѣ казался великолѣпнымъ розовымъ или фіолетовымъ снономъ. Вотъ этотъ-то опытъ, которымъ потѣшались зрители досужіе физики-дилетанты, и повелъ, въ концѣ-концовъ, къ открытію иксъ-лучей. Но путь былъ трудный и долгій.

Прошло почти сто лѣтъ, а свѣченіе въ электрическомъ яйцѣ все оставалось загадкой. Но вотъ въ 1843 г. Абріа въ Бордо, занимавшійся индукціей, пропустилъ токъ черезъ электрическое яйцо; онъ замѣтилъ, что, при извѣстной степени

разрѣженія газа въ яйцѣ, спомъ распадается на слои, попеременно свѣтящіеся и темные; на положительномъ шарикѣ всегда является свѣтъ, на отрицательномъ—темнота. Съ легкой руки Абріа, подобными изслѣдованіями занялись Гассіо, Варренъ де ла Рю, Гитторфъ и Круксъ; шарообразный сосудъ былъ замѣненъ болѣе удлиненнымъ, стержни съ шариками—электродами, электрическая машина — Румкорфовой спиралью. Круксъ вскорѣ замѣтилъ рядъ явленій, неизвѣстныхъ Абріа и не снившихся Полле. По мѣрѣ разрѣженія воздуха въ трубкѣ, темное пятно вокругъ катода все росло и росло, отгоняя отъ себя все далѣе и далѣе свѣтлыя полоски; когда, наконецъ, пятно это заняло всю внутренность трубки, стѣнки послѣдней стали флуоресцировать и при томъ особенно сильно—на сторонѣ противоположной катоду. Круксъ объяснялъ это на основаніи своей теоріи: онъ говорилъ, что частицы разрѣженнаго газа, оттолкнутыя катодомъ, производили удары въ стѣнку трубки и приводили послѣднюю въ свѣченіе. Желая доказать существованіе этихъ безкопечно малыхъ „ядеръ“, извергаемыхъ катодомъ съ громадными скоростями, онъ дѣлаетъ рядъ замѣчательныхъ опытовъ: онъ задерживаетъ летящія частицы вставленнымъ въ трубку алюминіевымъ экраномъ и получаетъ позади экрана тѣнь; онъ заставляетъ частицы приводить во вращеніе маленькое колесо; онъ направляетъ снаряды своей невидимой артиллеріи на одну опредѣленную точку—постоящій фокусъ.

Когда токъ отъ катушки Румкорфа проходитъ не чрезъ обыкновенную Гейслерову трубку, а чрезъ трубку, въ которой разрѣженіе въ 1000 разъ больше, то наступаютъ явленія, изученныя Вильямомъ Круксомъ въ 1879 году. Такое разрѣженное вещество было названо Фарадземъ (1816 г.) лучистой матеріею.

„Если мы вообразимъ, говорить Фарадэй, состояніе вещества, настолько же удаленное отъ газообразнаго, насколько послѣднее удалено отъ жидкаго, то мы получимъ нѣкоторое понятіе о „лучистой матеріи“. Существованіе этого четвер-

таго состоянія вещества, лучистаго состоянія, допущенное Фарадэемъ, было доказано Вильямомъ Круксомъ.

„Въ началѣ нынѣшняго столѣтія, говоритъ Круксъ, газомъ называли разрѣженную матерію, которая не въ состояніи принять опредѣленную форму твердыхъ тѣлъ, или образовать капли, подобныя каплямъ жидкостей; газъ имѣетъ постоянное стремленіе расширяться, если не встрѣчаетъ сопротивленія, и сжиматься подѣ вліяніемъ давленія. Таковы были основныя свойства, которыя приписывали газамъ. Однако, современныя изслѣдованія значительно расширили и измѣнили наше понятіе о строеніи упругихъ жидкостей \*). Въ настоящее время газы разсматриваютъ какъ безчисленное почти множество весьма малыхъ частицъ, находящихся въ безпрестанномъ движеніи со всѣми возможными скоростями. Такъ какъ число этихъ частицъ необычайно велико, то ни одна частица не можетъ подвигаться впередъ, не сталкиваясь съ другою. Но если выкачать изъ закрытаго сосуда большое количество воздуха или газа въ немъ содержащагося, то число частицъ уменьшается и каждая частица въ состояніи будетъ пробѣгать большій путь до столкновенія съ другою. И чѣмъ степень разрѣженія въ сосудѣ будетъ больше, тѣмъ свобода въ движеніи каждой частицы полнѣе. Явленія, наблюдающіяся въ столь разрѣженномъ газѣ настолько отличаются отъ явленій, обнаруживаемыхъ газами, находящимися подѣ обыкновеннымъ давленіемъ, что мы принуждены допустить существованіе четвертаго состоянія матеріи, настолько же отличающагося отъ газообразнаго, насколько послѣднее отлично отъ жидкаго.“

„Давно уже замѣчено, что у отрицательнаго электрода Гейслеровой трубки, чрезъ которую пропущенъ индуктивный токъ, появляется темное пространство. Чѣмъ болѣе разрѣженъ газъ въ трубкѣ, тѣмъ длиннѣе это темное пространство. Послѣднее и представляетъ длину свободнаго пространства, т. е. ту длину, которую частицы газа могутъ

---

\*) Т. е. газовъ.

пробѣжать до столкновенія съ другими. Въ трубкахъ, въ которыхъ степень разрѣженія весьма значительна, частицы пробѣгаютъ большія протяженія почти безъ столкновеній и при томъ частицы, идущія отъ отрицательнаго электрода, обладаютъ громадными скоростями“.

Въ своихъ трубкахъ съ крайне разрѣженными газами Круксъ не получалъ уже свѣченія, замѣчаемаго въ Гейслеровыхъ трубкахъ: свѣтилась только поверхность стекла, діаметрально противоположная отрицательному электроду. Это явленіе Круксъ объясняетъ тѣмъ, что частицы движутся прямолинейно и, ударяясь въ стекло, теряютъ большую часть своей кинетической энергіи, нагрѣвая при этомъ стекло и заставляя его свѣтиться. Такимъ образомъ Круксъ объясняетъ флуоресценцію стекла трубки.

Теорія Крукса встрѣтила возраженія. Замѣчено было, что на стѣнкахъ трубки, чрезъ которую нѣкоторое время пропускались индуктивные токи, появляются металлическія зеркальныя поверхности, происхожденіе которыхъ объясняли переносомъ частицъ электрода (металла) съ значительными скоростями.

Пражскій проф. Пулуи (Pul'ci), не соглашаясь съ теоріей Крукса, объясняетъ происхожденіе катоднаго свѣта и темнаго пространства слѣдующимъ образомъ. При прохожденіи чрезъ Гейслерову трубку индуктивныхъ токовъ, отъ катода отрываются металлическія частицы, заряженные отрицательно и движущіяся затѣмъ внутри трубки съ значительными скоростями. На своемъ пути металлическіе частицы сталкиваются съ частицами газа: происходитъ сильные удары (вслѣдствіе значительныхъ скоростей частицъ), послѣ которыхъ поступательное движеніе превращается въ свѣтъ и теплоту. Достигнувъ стѣнки трубки, частицы металла отлагаются на нихъ, образуя упомянутыя выше зеркальныя поверхности. Относительная темнота пространства, окружающаго катодъ, происходитъ вслѣдствіе того, что электродныя частицы движутся значительно быстрѣе, чѣмъ частицы газовъ и потому отбѣсняютъ эти послѣднія отъ катода. По

такъ какъ давленіе во всѣхъ частяхъ трубки должно быть одно и то же, то въ темномъ пространствѣ должно быть меньшее число частицъ, чѣмъ въ окружающемъ свѣтломъ, потому что такимъ путемъ число ударовъ можетъ уменьшиться \*).

Опыты Крукса, производившіеся въ концѣ 70-хъ годовъ, на мятны всякому, интересующемуся научными новостями; объ нихъ много толковали въ образованномъ обществѣ. Но мода перемѣнилась и круксова трубка одно время была забыта и ее чуть было не сдали въ архивъ — на одну полку съ ея родоначальникомъ — электрическимъ яйцомъ и другими, отжившими свой вѣкъ диковинками. До полного забвенія дѣло, къ счастью, не дошло: Герцъ воскресилъ круксову трубку и показалъ, что частицы газа проникаютъ чрезъ тонкую алюминіевую пластинку; но физикамъ было уже извѣстно, что тонкіе листы серебра, непрозрачны для свѣта, пропускаютъ ультрафіолетовые лучи, а потому они не видѣли въ открытіи Герца ничего особеннаго. Явленіе пріобрѣло иной интересъ, когда Филиппъ Ленардъ, пользуясь этою прозрачностью алюминія, выпустилъ катодные лучи, заключенные до того въ пустотѣ, на воздухъ; для этого онъ продѣлалъ въ круксовой трубкѣ небольшое отверстіе и закрылъ его окошечкомъ изъ тонкой пластинки алюминія. Лучи, профильтрованные чрезъ эту своеобразную раму, вызываютъ флуоресценцію, дѣйствуютъ на фотографическую пластинку, разряжаютъ наэлектризованныя тѣла, проходятъ сквозь зачерненную бумагу. Словомъ, предъ Ленардомъ были иксъ-лучи, которымъ суждено было стать знаменитыми ири помощи Рентгена. Аппараты Ленарда были очень сложны, деликатны и давали только тонкій пучекъ иксъ-лучей; они требовали упрощенія и усовершенствованія, которое давало бы возможность получить сильное и изобильное излученіе.

\*) Величина давленія газа на стѣнку сосуда опредѣляется числомъ ударовъ газовыхъ частицъ въ извѣстное время на извѣстную площадь стѣнки.

Случай, счастливый случай, которымъ умѣютъ воспользоваться только проникательные изслѣдователи, далъ Рентгену въ руки простой и сильный аппаратъ въ окончательной его формѣ. Круксова трубка, заключенная въ картонную коробку, была приведена въ свѣщеніе въ глубинѣ темной лабораторіи; случилась тутъ по близости флуоресцирующая пластинка и... засвѣтилась. Рентгенъ замѣтилъ это; онъ заключилъ тотчасъ же, что катодные лучи, испускаемые простою круксовою трубкою, обладаютъ достаточною силою, чтобы проникнуть чрезъ стекло и толстый картонъ: фотографія сквозь тѣта непрозрачные была изобрѣтена...

Сущность открытія Рентгена заключается въ слѣдующемъ:

Возьмемъ, такъ называемую, гейслерову трубку, т. е. трубку, наполненную разрѣженнымъ воздухомъ или какимъ-либо газомъ, со впаянными по концамъ ея двумя платиновыми электродами, посредствомъ которыхъ ее можно соединить съ катушкою Румфкорфа. При перерываніи въ катушкѣ тока каждый разъ замѣчается у отрицательнаго электрода нѣжный темносиній свѣтъ, а у положительнаго — оранжевый свѣтъ. Впрочемъ, цвѣтъ этихъ свѣтовыхъ явленій измѣняется въ зависимости отъ свойствъ газа, наполняющаго трубку, и отъ степени его разрѣженія. Катодные лучи остаиваются стекломъ трубки, которое при этомъ сильно свѣтится. Если разрѣженіе газа въ трубкѣ довести до тысячныхъ долей миллиметра, то, при прохожденіи достаточно сильнаго тока, свѣтовые лучи распространяются *только* отъ катода; встрѣчая стекло, они заставляютъ его свѣтиться зеленоватымъ свѣтомъ.

Свѣщеніе катодныхъ лучей было открыто и изслѣдовано еще Гитторфомъ, Гольдштейномъ, Круксомъ и др.

Больше всего занимался изслѣдованіемъ этихъ лучей ассистентъ Герца, Ф. Ленардъ, который замѣтилъ, что свѣтящіеся катодные лучи отклоняются подѣ дѣйствіемъ магнита, но, при извѣстной степени разрѣженности газа въ трубкѣ \*), они оказываются нечувствительными къ магниту.

\*) При разрѣженіи до тысячныхъ долей миллиметра.

Венгерскій проф. Эотфось получилъ при помощи катодныхъ лучей превосходныя фотографіи часовъ, ключа и ножицъ, которые были заключены въ папковомъ футлярѣ.

Рентгенъ пошелъ далѣе своихъ предшественниковъ. Ему удалось доказать, что на ряду съ катодными лучами существуютъ другіе лучи, невидимые для глаза, но дѣйствующіе на фотографическую пластинку и свободно проходящіе почти черезъ всѣ непрозрачныя тѣла (дерево, камни, металлы, мускулы и т. д.).

Рентгенъ бралъ гейслерову трубку, падѣвалъ на нее чернѣй картонный футляръ и, поставивъ ее въ темной комнатѣ предъ экраномъ, накрытымъ платино-ціанатомъ барія, прерывалъ токъ. Тогда экранъ болѣе или менѣе ярко освѣщался. Значитъ, и чрезъ чернѣй футляръ изъ трубки прошли какіе-то неизвѣстные лучи (названные Рентгеномъ икс-лучами).

Онъ замѣнялъ картонный футляръ другими предметами, ставилъ предъ трубкой толстыя книги, колоды картъ, доски до 2 — 3 сант. толщины, металлическія пластинки, — неизвѣстные лучи болѣе или менѣе свободно проходили чрезъ эти преграды и давали на экранѣ слабыя тѣневые изображенія данныхъ предметовъ. Наконецъ, онъ ставилъ между трубкой и экраномъ свою руку, ногу, — и, къ удивленію, на экранѣ оказывалось тѣневое изображеніе костей этихъ органовъ тѣла, а мускулы ихъ давали болѣе свѣтлую тѣнь. Наконецъ, случай навелъ Рентгена на мысль фотографировать данные предметы при помощи новыхъ лучей. Однажды, въ его кабинетѣ, недалеко отъ гейслеровой трубки, находилась фотографическая камера, съ свѣточувствительною пластинкою. Камера была закрыта деревянною пластинкою. Не смотря на это, фотографическая пластинка подверглась измѣненію, какъ будто подъ дѣйствіемъ обыкновеннаго свѣта.

Тщательно занявшись изученіемъ этихъ явленій, Рентгенъ нашель, что открытые имъ лучи, въ отличіе отъ катодныхъ, не отклоняются магнитомъ, не преломляются при прохожденіи чрезъ призмы, не поляризуются; они распростра-

ниются прямолинейно и проходятъ болѣе или менѣе свободно чрезъ всѣ тѣла. Бумага легко пропускаетъ новые лучи, пропускаютъ ихъ также дерево, вода и другіе жидкости, алюминіевые фольговые листы, платина (въ 0,2 мм толщины); свинцовая пластинка въ 1,5 мм. почти не пропускаетъ. Свѣченіе экрана наблюдается не только, когда онъ покрытъ платино-ціанатомъ барія, но и при другихъ тѣлахъ, напр., плавиковомъ шпатѣ, известковомъ шпатѣ, каменной соли и пр.

Первые воспользовались новыми лучами врачи, получившіе возможность *видѣть* если не всѣ внутренности, то, по крайней мѣрѣ, скелетъ человѣка. Поэтому, едва разнеслась вѣсть о новомъ способѣ фотографированія, какъ врачи всѣхъ страхъ принялись за опыты съ діагностическими цѣлями.

Первый изъ нихъ былъ произведенъ 21-го января 1896 года въ Вѣнѣ профессоромъ Мозетигомъ надъ двумя больными, подлежащими операціи. Фотографія, снятая съ руки одного, при помощи новыхъ лучей, указала положеніе пули, а фотографія ноги другого—уродливость въ кости.

Подобный же опытъ произведенъ былъ и въ Берлинѣ. Одинъ сторожъ берлинскаго института Urania (учрежденіе для популяризаціи науки среди публики) еще нѣсколько лѣтъ тому назадъ поранилъ себѣ руку осколкомъ стекла; вынуть этотъ осколокъ не удалось,—и онъ все глубже проникалъ въ тѣло. Благодаря открытію Рентгена удалось точно узнать положеніе стекла.

Членъ общества Urania, докторъ Шисъ, получалъ фотографію монетъ въ кошелькѣ, цѣпочки и пр. предметовъ, находящихся въ неироницаемыхъ для обыкновеннаго свѣта футлярахъ, причемъ фотографированіе продолжалось 15 минутъ.

Далѣе, профессоръ Слаби (въ Берлинѣ) сфотографировалъ мышенка и получилъ довольно ясное изображеніе его скелета. Впослѣдствіи удалось получать изображеніе рыбокъ и др. животныхъ.

Болѣе всего опытовъ было произведено съ медицинскими цѣлями. Такъ, проф. Эксеръ снялъ фотографію съ лѣвой

руки одного больного, раненаго выстрѣломъ изъ револьвера. На фотографіи очень ясно отпечаталось мѣсто поврежденія кости и находженіе маленькой пули, причинявшей страданія. На другомъ снимкѣ, сдѣланномъ съ лѣвой ноги одной молодой дѣвушки, можно было съ большою ясностью различить мѣсто находженія и характеръ новообразованія на кости большого пальца.

Не менѣе замѣчательный случай примѣненія новаго метода сообщался въ англійскомъ медицинскомъ журналѣ „Lancet“, за 1896 г. Въ одной лондонской больницѣ нѣсколько мѣсяцевъ лежалъ больной матросъ, на спинѣ котораго, въ области позвоночнаго столба, находилась очень маленькая кровотокающая ранка, которая зажила очень быстро. У больного, однако, оказался полный параличъ конечностей; никакія средства ему не помогали. Главному врачу пришло въ голову примѣнить рентгеновское открытіе, чтобы узнать, въ чемъ дѣло. Онъ снялъ фотографію, при помощи аппарата Крукса, съ разныхъ частей спины паціента и открылъ, что какъ разъ между послѣднимъ спиннымъ и первымъ крестцовымъ позвонкомъ находится какое-то постороннее тѣло. При ближайшемъ разсмотрѣніи, это тѣло оказалось обломкомъ ножа, который ввѣдрился между позвонками. Въ соотвѣтствующемъ мѣстѣ былъ сдѣланъ разрѣзъ и извлеченъ кончикъ ножа, вызывавшій своимъ присутствіемъ параличъ, который немедленно исчезъ по удаленіи причины, и матросъ выписался изъ госпиталя совершенно здоровымъ.

Въ физическомъ институтѣ грацкаго университета доктора Чермакъ и Пфаундлеръ произвели также чрезвычайно интересный опытъ. У маленькой дочери одного учителя три года тому назадъ вошла иголка въ руку. Иголку эту никакъ не могли найти и извлечь изъ раны, и такъ какъ, новидимому, присутствіе иглы въ рукѣ не причиняло дѣвочки никакихъ особенныхъ страданій, то поиски были оставлены и рана скоро зажила. Дѣвочка продолжала брать уроки музыки и играла безпрестанно на фортепіано. Вдругъ у нея снова сдѣлались сильнѣйшія боли въ рукѣ и она со-

вершенно не могла ею двигать; конечно, тотчасъ же всиомнили объ иголкѣ, и врачи принисали ей появленіе болей. Однако, старанія открыть мѣстонахожденіе иглы оставались безуспѣшными. Когда прошелъ слухъ объ открытіи Рентгена, то профессоръ Ифаупдлеръ рѣшилъ немедленно сдѣлать опытъ надъ этою больною. Опытъ увѣнчался блестящимъ успѣхомъ. На фотографическомъ снимкѣ больной руки, сдѣланномъ при помощи аппарата Крукса, можно было ясно разглядѣть иглу, находившуюся между пястными костями указательнаго и большого пальца. Тотчасъ-же произведена была операція удаленія иглы, не представлявшая никакихъ затрудненій, и боли въ рукѣ прекратились совершенно.

Точно такой-же опытъ былъ произведенъ въ Бернѣ, гдѣ тоже одна дѣвочка воткнула себѣ въ руку иголку. Проф. Кохеръ помощью фотографіи, безъ оцупыванія больной, сразу нашель эту иголку. Въ томъ-же городѣ помощью новыхъ лучей была фотографирована сломанная рука. Наконецъ, профессора Винценти изъ Падуй, Музани изъ Милана и Блазерна изъ Рима сообщали о такихъ-же вполне имъ удавшихся опытахъ.

Въ Петербургѣ опыты Рентгена повторяли проф. И. И. Воргманъ въ Университетѣ и Н. Г. Егоровъ въ Медицинской Академіи. Результаты ихъ изслѣдованій были изложены потомъ въ публичныхъ лекціяхъ. Оба профессора получили нѣсколько замѣчательно удачныхъ фотографій костей рукъ, ногъ, скелета разныхъ мелкихъ животныхъ (напр., рыбокъ, лягушекъ, мышей). Проф. Егоровъ нарочно переломилъ заднія ножки лягушки,—и на фотографіи переломъ вышель вполне отчетливо. Тотъ же профессоръ снялъ фотографію съ человѣческаго плода, заключеннаго еще въ материнской утробѣ.

Рентгеновскіе лучи замѣчательно быстро приобрѣли многочисленныя и, можно даже сказать, неожиданныя примѣненія.

Къ нимъ прибѣгли даже ювелиры, раньше съ трудомъ отличавшіе настоящіе алмазы отъ искусныхъ поддѣлокъ. Теперь же въ ихъ рукахъ—вѣрное средство открыть под-

дѣлку, стоитъ только снять, но способомъ Рентгена, изслѣдуемые камни. Настоящіе алмазы не оставляютъ никакихъ слѣдовъ на фотограммѣ,—до того прозраченъ для иксъ-лучей кристаллическій углеродъ (изъ котораго состоитъ алмазь), поддѣльные же алмазы слабо пропускаютъ чрезъ себя иксъ-лучи и потому даютъ на фотографической пластинкѣ тѣнь или даже черное пятно.

Въ Парижѣ, нѣкто Жираръ и химикъ Борда пашли возможнымъ, посредствомъ рентгеновскихъ фотограммъ, опредѣлять содержапіе подозрительныхъ снарядовъ, ящиковъ, пакетовъ и проч., неосторожное или печальное вскрытіе которыхъ представляло раньше страшную опасность. Первый опытъ былъ произведенъ съ книгою, посланною на чье-то имя и заключавшею въ себѣ взрывчатый составъ. Съ книги сняли рентгеновскую фотограмму и открыли въ ней присутствіе коробки. Дальнѣйшіе снимки дали возможность ясно различить въ коробкѣ: пули, дробинки, взрывчатый порошокъ...

Въ томъ же Парижѣ другой ученый, Фернанъ-Ранзесъ, нашель, что иксъ-лучи могутъ оказать немаловажную услугу, съ гигиенической точки зрѣнія, потребителямъ пищевыхъ продуктовъ. Непрозрачность извѣстныхъ веществъ для новыхъ лучей позволяетъ изслѣдовать фотографически тѣ или другіе растительные продукты, нерѣдко фальсифицируемые примѣсями минеральнаго происхожденія. Этотъ способъ представляетъ ту выгоду, съ сравненія съ другими, что удобенъ (не приходится прибѣгать къ химическимъ реактивамъ) и скоръ (не требуетъ болѣе 15 минутъ); наконецъ, онъ понятенъ даже для необразованныхъ людей. Опытъ съ фальсифицированнымъ шафраномъ далъ блестящіе результаты, вполне обнаруживъ поддѣлку: сѣрнистый барій, облежавшій волокна шафрана, обозначался на фотограммѣ явственными темными жилками.

Наконецъ, въ «Врачѣ» сообщалось, со словъ одного нѣмецкаго журнала, о новомъ примѣненіи рентгеновскихъ лучей, открытомъ д-ромъ Шефферомъ:

«Шефферъ указываетъ на то обстоятельство, что до сихъ поръ при пользованіи рентгеновскими лучами для врачебныхъ цѣлей обращали вниманіе по преимуществу на полученіе снимковъ, оставляя болѣе или менѣе въ сторонѣ прямой осмотръ органовъ. Объясняется это тѣмъ, что до сихъ поръ не удавалось приготовить флуоресцирующія перегородки (ширмы) настолько чувствительныя, чтобы можно было явственно видѣть тѣни лежащихъ за ними предметовъ. Учителю реальной гимназіи въ Шарлоттенбургѣ, д-ру Букъ, удалось приготовить подобную ширму. Для этого онъ помещаетъ флуоресцирующее вещество въ плоскій ящикъ, ограниченный, съ одной стороны, стеклянною пластинкою, а съ другой—картономъ. При этомъ флуоресцирующее вещество покрываетъ перегородку (ширму) равномернo слоемъ желаемой толщины. Перегородка ясно свѣтилась еще въ нѣсколькихъ метрахъ разстоянія отъ кружковой трубки. Дѣлая опыты съ этой перегородкою, Шефферъ былъ пораженъ, увидѣвъ гораздо болѣе, чѣмъ онъ ожидалъ. Такъ, онъ видѣлъ Прусацевскую ширинцевку, бывшую въ ящикѣ, и содержимое въ портмоне, причемъ и ящикъ, и портмоне были помещены сзади перегородки. Точно также онъ явственно видѣлъ тѣни свинцоваго креста черезъ отрубокъ дерева въ 20 см. толщиной. Кости кисти, предплечія и плеча были видны съ поразительною ясностью. Также ясно были видны и кости стопы черезъ сапогъ. Самъ Шефферъ и присутствовавшіе при опытахъ товарищи ясно различали ребра, лопатку и позвоночникъ. Наконецъ, они могли распознать тѣнь ключа черезъ голову 10-лѣтняго мальчика. Нечего доказывать, что такой способъ прямого видѣнія представляетъ значительное преимущество передъ способомъ свѣтописныхъ снимковъ: во-первыхъ, видимыя при этомъ изображенія до нѣкоторой степени схватываются мгновенно; слѣдовательно, нѣтъ надобности подвергать больныхъ дѣйствію лучей болѣе или менѣе долгое время; во-вторыхъ, можно въ короткое время изслѣдовать значительныя области тѣла, что особенно важно при

отысканіи инородныхъ тѣлъ; наконецъ, въ третьихъ, данный способъ много проще, чѣмъ получение снимковъ. Наблюдать за флуоресцирующей пластинкой могутъ нѣсколько человекъ заразъ, если комната темпа; въ освѣщенной же комнатѣ наблюдать пластинку можетъ только одинъ, причемъ ее нужно помѣщать въ стереоскопическій ящикъ (крипоскопъ)».

Д-ръ Шефферъ убѣжденъ, что, при условіи дальнѣйшихъ улучшеній, способъ прямого осмотра при помощи рентгеновскихъ лучей будетъ употребляться въ каждой хирургической клиникѣ; въ особенности же имъ будутъ пользоваться военные хирурги.

Вмѣстѣ съ расширеніемъ области примѣненія рентгеновскихъ лучей расширяются и способы полученія ихъ. До послѣдняго времени ихъ получали при помощи безвоздушныхъ трубокъ и Румфкорфовой спирали,—и самая операція сводилась къ слѣдующему.

Укрѣпивъ на столѣ, такъ называемую, крусову трубку, соединили ее проволоками съ индукціоннымъ приборомъ (катушкой Румфкорфа), а надъ нею помѣщали закрытую деревянную кассету съ фотографическою пластинкою; на кассету и клали снимаемые предметы. Послѣ болѣе или менѣе продолжительнаго дѣйствія (10—25 мин.), пластинку вынимали изъ кассеты и проявляли обыкновеннымъ фотографическимъ путемъ.

Но всѣ описанные приборы были не по средствамъ простому любителю. Теперь найдены болѣе дешевые способы полученія новыхъ лучей.

Такъ, проф. Новороссійскаго университета П. Д. Пильчиковъ получалъ превосходные снимки, замѣнивъ трубки Крукса и спираль Румфкорфа электрофорной машиной Фосса и лампой Пулуи. Приборы эти сравнительно дешевы и просты, а между тѣмъ быстрота снимковъ получалась будто бы поразительная: нѣкоторые снимки выполнялись въ минуту, даже въ полминуты.

Еще проще способъ, найденный французскимъ химикомъ

Пру (Proust), который открылъ естественный источникъ рентгеновскихъ лучей. Именно, онъ взялъ нѣкогда полученные имъ, вмѣстѣ съ С.-К.-Девилемъ, гексагональные кристаллы цинковой обманки, сильно флуоресцирующей послѣ выставки на солнечный свѣтъ или какой-нибудь другой свѣтъ, богатый ультрафіолетовыми лучами, напр., свѣтъ вольтовой дуги, магнія и пр. Кристаллы эти онъ освѣтилъ магниевымъ свѣтомъ, помѣстивъ ихъ на нѣкоторомъ разстояніи отъ фотографической пластинки, заключенной въ деревянную кассету, на которую положилъ фотографируемые предметы, и получилъ точно такую же фотограмму, какъ и съ помощью Рентгеновскаго аппарата.

Не трудно представить всю важность этихъ открытій. Теперь всякій любитель, даже съ ограниченными средствами, можетъ получить интересные рентгеновскіе снимки,—а, благодаря этому, можетъ быть еще болѣе расширится и безъ того широкая область примѣненія новыхъ лучей. Пока же замѣтимъ, что по мѣрѣ того, какъ новое открытіе, которое ученые справедливо ставятъ въ ряду величайшихъ открытій нашего вѣка, пріобрѣтаетъ всемірную извѣстность, — появляется все больше и больше претендентовъ на него.

Среди этихъ претендентовъ явился и русскій. Именно, секретарь бакинскаго фотографическаго кружка, А. М. Мишонъ, увѣряетъ, что иксъ-лучи были уже открыты много лѣтъ тому назадъ бывшимъ директоромъ бакинскаго реальнаго училища, Ев. Сем. Каменскимъ, который просто считалъ новооткрытые лучи „фотохимическими“, а тотъ же Мишонъ одиннадцать лѣтъ тому назадъ получалъ при помощи ихъ снимки, аналогичные съ рентгеновскими. Но скромный русскій ученый не далъ, къ сожалѣнію, дальнѣйшаго хода своему открытію,—и оно кануло въ Лету забвенія, какъ множество другихъ русскихъ открытій и изобрѣтеній.

Наконецъ, въ американскихъ газетахъ прошлаго года доказывалось, что иксъ-лучи были открыты нѣсколько лѣтъ

тому назадъ знаменитымъ Теслой, который снялъ фотографически мозгъ человѣка, сквозь кости черепа. Пожаръ лабораторіи помѣшалъ ему своевременно извѣстить объ этомъ ученый міръ.

Проф. Цендеръ на своихъ замѣчательныхъ опытахъ, произведенныхъ имъ въ Цюрихѣ въ 1896 г. предъ собраніемъ естествоиспытателей, получилъ поразительные результаты. На этихъ опытахъ присутствующіе могли видѣть совершенно ясно полный скелетъ и внутренніе органы человѣка, освѣщеннаго иксъ-лучами и флуоресцирующими ширмами. Рентгеновскіе лучи, такъ сказать, проникали чрезъ болѣе прозрачныя для нихъ середины человѣческаго тѣла, а болѣе плотныя и менѣе проходимыя—выдѣлялись въ видѣ отчетливыхъ тѣневыхъ силуэтовъ: всѣ кости скелета, а также сердце, легкія, печень были видны совершенно ясно. вмѣстѣ съ тѣмъ проф. Цендеру, при содѣйствіи художника Кемике, удалось получить совершенно отчетливыя фотографическіе снимки демонстрируемаго человѣка. Для этого, авторы пользовались особыми усовершенствованными трубками и сухими пластинками. Такъ какъ снимки рентгеновскими лучами можно получать только въ натуральную величину, то приходилось фотографировать тѣло человѣка отдѣльными участками. Фотографированіе однихъ частей тѣла требовало болѣе продолжительной экспозиціи, чѣмъ другихъ: такъ, голова, ноги и тазъ должны были находиться подъ дѣйствіемъ иксъ-лучей по цѣлому часу, руки и ноги—по четверти часа, колѣнные сочлененія 50 минутъ, грудная клѣтка всего 6 минутъ и т. д. Такое время экспозиціи требовалось для полученія отчетливыхъ снимковъ. Когда снимки отдѣльныхъ участковъ тѣла были готовы, то ихъ сложили и получили одно цѣлое изображеніе всего человѣка. (См. рис. 34).

На нашемъ рисункѣ отдѣльныя части не вполне соотвѣтствуютъ одна другой, такъ, напр., нижняя часть голени не есть продолженіе верхней; грудь сзади, брюшная область—спереди и т. д. На демонстративныхъ опытахъ и не гнались за тѣмъ, чтобы получить полное соотвѣтствіе:

важно было доказать самую возможность получения внутренних органовъ человеческого тѣла. При дальнѣйшемъ усовершенствованіи техники получения снимковъ будетъ достигнуто, конечно, и точное соотвѣтствіе.

Не менѣе блестящіе результаты получены докторомъ Думстрей, въ Лейпцигѣ. Просвѣчиваніе конечностей и сочлененій было полное, такъ что ясно видно было, дѣйствуютъ-ли они нормально или нѣтъ; просвѣчиваніе большихъ полостей человеческого тѣла было тоже очень удачно. У людей, не слишкомъ богатыхъ отложеніями жира, можно было наблюдать печень и сердце; чрезъ черепную коробку лучи проходили безпрепятственно, такъ что въ ней можно бы было съ точностью опредѣлить положеніе всякаго непрозрачнаго посторонняго тѣла. О скелетѣ нечего и говорить: его можно было видѣть съ поразительною отчетливостью.

И такъ, техника производства снимковъ при помощи иксъ-лучей, да и самые опыты съ этими лучами, сдѣлали, какъ видно, большіе успѣхи. При первыхъ своихъ изслѣдованіяхъ самъ Рентгенъ былъ только въ состояніи получать фотографически извѣстные предметы послѣ продолжительной экспозиціи. Тѣми несовершенными кружковыми трубками, которыми онъ пользовался, нельзя было получить лучшихъ результатовъ. Трубки имѣли грушевидную форму и два электрода; въ настоящее же время дознано, что го-

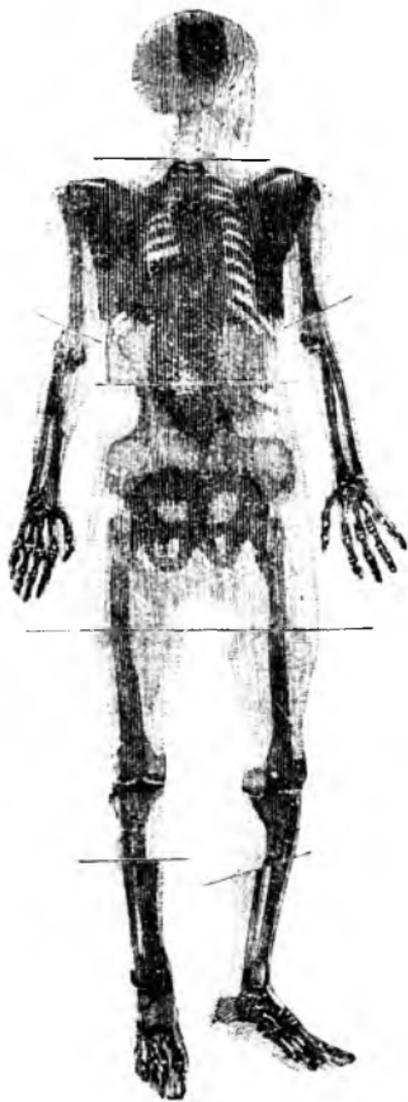


Рис. 34.

раздо лучше пользоваться трубками съ тремя электродами: двумя анодами и одним катодомъ, расположенными другъ относительно друга такимъ образомъ, что на одной анодной платиновой пластинкѣ, расположенной между катодомъ и вторымъ анодомъ, катодные лучи собираются и оттуда уже отражаются дальше. Второе важное усовершенствованіе состоитъ въ изобрѣтеніи флуоресцирующихъ экрановъ, покрытыхъ слоемъ ціаноплатината барія. На такомъ экранѣ можно видѣть съ поразительною отчетливостью не только состояніе какого-нибудь органа въ данный моментъ, но и полную картину всѣхъ послѣдовательныхъ измѣненій, совершающихся въ немъ съ теченіемъ времени; можно видѣть расширеніе и сокращеніе сердца, подъемы и опусканія легкихъ, словомъ, можно видѣть жизнь внутреннихъ органовъ!

Значеніе этихъ усовершенствованій въ примѣненіи рентгеновскихъ лучей для хирургіи, очевидно, громадно. Представимъ себѣ, напр., что хирургъ производитъ перевязку сломанной руки; если онъ поставитъ затѣмъ пациента предъ флуоресцирующимъ экраномъ,—онъ сейчасъ же увидитъ вѣрно-ли наложена перевязка, правильно-ли сходятся концы сломанной кости. Но сказанныя усовершенствованія цѣнны не только для хирургіи: при діагнозѣ внутреннихъ болѣзней имъ также предстоитъ, во всей вѣроятности, играть далеко не маловажную роль: взять хотя бы болѣзни печени, сердца, легкихъ...

Таковы вкратцѣ новѣйшіе уснѣхи въ области практическихъ примѣненій иксъ-лучей. Но подвинулись-ли впередъ наши знанія о природѣ этихъ лучей? Прошло уже болѣе полуторыхъ лѣтъ со времени опубликованія первыхъ опытовъ Рентгена, а между тѣмъ природа иксъ-лучей до сихъ поръ не можетъ считаться выясненною, несмотря на то, что физики всѣхъ національностей занимались изслѣдованіями свойствъ новыхъ лучей. Изъ всѣхъ этихъ изслѣдованій можно, повидимому, вывести только одно несомнѣнное заключеніе: иксъ-лучи обязаны своимъ происхожденіемъ не

поперечному колебанію эфира, а чему-нибудь иному. Къ такому заключенію приходится придти потому, что лучи эти не преломляются и не поляризуются; вотъ этими-то двумя свойствами иксъ-лучи рѣзко отличаются отъ обыкновенныхъ свѣтовыхъ лучей, обязанныхъ своимъ происхожденіемъ, какъ извѣстно, поперечному колебанію частицъ эфира. Въ виду этого несходства съ свѣтовыми лучами, извѣстный ученый Николай Тесла, прославившійся важными открытіями въ области электротехники, склоняется къ предположенію, что иксъ-лучи обязаны своимъ происхожденіемъ поступательному движенію неизмѣримо малыхъ матеріальныхъ частицъ. По мнѣнію Теслы, нѣтъ почти сомнѣній въ томъ, что катодные лучи въ кружковой трубкѣ образуются изъ неизмѣримо малыхъ частицъ, выбрасываемыхъ электродомъ съ громадною скоростью. Этою скоростью и обуславливаются всѣ явленія, сопряженныя съ дѣйствіями иксъ-лучей. Представимъ себѣ теперь, что должно произойти, когда неизмѣримо малыя матеріальныя частицы, оторванныя отъ катода и двигающіяся прямолинейно съ громадными скоростями, встрѣчаютъ на своемъ пути какое-либо препятствіе. Эти частицы производятъ ударъ, подобный тому, какой производятъ тѣла неупругія и въ общей своей совокупности производятъ дѣйствіе неисчислимаго числа безконечно малыхъ ядеръ, то есть пробиваютъ препятствіе. Можно доказать, что скорость движенія этихъ частицъ достигаетъ 100 и болѣе километровъ въ секунду, а при такой скорости онѣ должны или пронизывать, или глубоко проникать въ предметы, встрѣчающіеся на ихъ пути, если только законы механики примѣнимы къ катоднымъ токамъ. Вещество, слагающее катодный токъ, доведено до первичнаго, доселѣ неизвѣстнаго состоянія, потому что такія скорости и такіе сильные удары не удавалось осуществлять и изучать до тѣхъ поръ, пока не было сдѣлано открытіе Рентгена. Всѣ дальнѣйшія изслѣдованія подтвердили главное положеніе Рентгена, установленное имъ еще въ самомъ началѣ; по этому положенію, всякое тѣло тѣмъ непрозрач-

нѣю для иксъ-лучей, чѣмъ оно плотнѣе, и наоборотъ, оно тѣмъ лучше пропускаетъ эти лучи, тѣмъ прозрачнѣе, чѣмъ плотность его меньше. Это свойство лучше всего объясняется гипотезой, по которой иксъ-лучи представляютъ потоки неисчислимо малыхъ матеріальныхъ частицъ; тогда понятно, что чѣмъ плотнѣе тѣло, тѣмъ большее сопротивленіе оно оказываетъ проникновенію въ его среду выбрасываемыхъ катодомъ матеріальныхъ частицъ. Это соотношеніе между прозрачностью и плотностью тѣлъ важнѣе всего для характеристики природы иксъ-лучей; для свѣтовыхъ лучей подобнаго соотношенія не существуетъ, слѣдовательно, по своей природѣ иксъ-лучи не имѣютъ ничего общаго со свѣтовыми. Дальнѣйшее подтвержденіе своей гипотезы Тесла усматриваетъ въ появленіи тѣней въ пространствѣ, на нѣкоторомъ разстояніи отъ круковой трубки. Эти тѣни могутъ быть вызваны только потоками матеріальныхъ частицъ, хотя бы даже частицы эти были неизмѣримо малы.

---

## ОГЛАВЛЕНІЕ.

---

	СТР.
Предисловіе . . . . .	3
Глава I. Электричество отъ тренія . . . . .	5
Глава II. Электричество при химическихъ реакціяхъ . . . . .	23
Глава III. Термоэлектричество . . . . .	38
Глава IV. Магнитизмъ.—Открытіе Эрстеда.— Амперъ.— Араго.— Электро-магнитныя машины . . . . .	42
Глава V. Магнитная индукція.—Фарадэй.—Ленцъ.—Катушка Рум- корфа.—Магнито-электрическія и динамо-электрическія ма- шины . . . . .	56
Глава VI. Законъ Ома.—Тепловое дѣйствіе тока.—Электролизъ.— Гальванопластика.—Золоченіе и серебряніе . . . . .	70
Глава VII. Электрическій свѣтъ.—Примѣненіе теплого дѣйст- вія тока . . . . .	87
Глава VIII. Электрическій телеграфъ.—Телефонъ . . . . .	98
Глава IX. Электрическая тяга.—Объ утилизаціи Ніагарскаго водо- пада . . . . .	118
Глава X. Разныя открытія и изобрѣтенія . . . . .	127
Глава XI. Круксъ.—Гитторфъ.—Ленардъ.—Открытіе Рентгена . . . . .	143

---