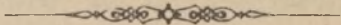


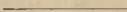
BBK  
92(PF)  
3685




# ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКІЙ СЛОВАРЬ.



## ТОМЪ VIII. Гальбергъ — Германій.



ИЗДАТЕЛИ: { Ф. А. Брокгаузъ (Лейпцигъ).  
И. А. Ефронъ (С.-Петербургъ).



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.  
Типо-Литографія И. А. Ефрова, Прачешный пер., № 6.  
1892.

# „ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКІЙ СЛОВАРЬ“,

начатый проф. И. Е. Андреевскимъ,

*ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДЪ РЕДАКЦІЕЮ*

**К. К. Арсеньева**

и заслуженнаго профессора

**О. О. Петрушевскаго.**

*При участіи редакторовъ отдѣловъ:*

Проф. А. Н. Векетова . .	отдѣлъ біологическихъ наукъ.
С. А. Венгерова . . . . .	„ исторіи литературы.
Проф. А. И. Воейкова . .	„ географіи.
Проф. Н. И. Карѣва . . .	„ исторіи.
Проф. Д. И. Менделѣва .	„ химико-техническій и фабрично- заводскій.
Проф. В. Т. Собичевскаго.	„ сельскохозяйственный и лѣсо- водства.
Владимира Соловьева . .	„ философіи.
Проф. Н. О. Соловьева . .	„ музыки.

---

Болѣ значительныя по объему (оригинальныя) статьи 15 полутома

## „Энциклопедическаго Словаря“.

- ГАЛЬВАНИЗМЪ — проф. О. Петрушевскій.  
ГАЛЬВАНИЧЕСКІЕ ЭЛЕМЕНТЫ И БАТАРЕИ (съ табл. рис.) — проф. О. Петрушевскій.  
ГАЛЬВАНИЧЕСКІЙ ТОКЪ — проф. И. Боргманъ.  
ГАЛЬВАНМЕТАЛЛУРГІЯ (съ рис. въ текстѣ) — проф. И. Канонниковъ.  
ГАЛЬВАНОМЕТРЪ (съ таблицей рис.) — проф. И. Боргманъ.  
ГАЛЬВАНОПЛАСТИКА (съ рис. въ текстѣ) — проф. В. Флоренсовъ.  
ГАЛЬВАНОПРОВОДНОСТЬ — проф. Д. Коноваловъ.  
ГАМБЕТТА — Евг. Утинъ.  
ГАНОИДНЫЯ РЫБЫ (съ рис. въ текстѣ) — В. Фаусекъ.  
ГАНЬ-СУ (китайская пров.) — Г. Грумъ-Гржимайло.  
ГАРМОНИЯ КРАСОКЪ (съ хромофотограф. табл.) — проф. О. Петрушевскій.  
ГАРТМАНЪ (философъ) — Вл. Соловьевъ.  
ГАРШИНЪ (Всеволодъ) — С. Венгеровъ.  
ГАССЕНДИ (философъ) — Э. Р.  
ГЕГЕЛЬ — Вл. Соловьевъ.  
ГЕЙНЕ — П. Вейнбергъ.  
ГЕЛОГРАФЪ (съ рис. въ текстѣ) — Г. Л. и К. В.  
ГЕЛОСТАТЪ (съ рис. въ текстѣ) — В. Л.  
ГЕЛОТРОПИЗМЪ (съ рис.) — Г. Н. и Н. Кн.  
ГЕММА (съ табл. рис.) — А. Сомовъ.  
ГЕМОГЛОБИНЪ — проф. И. Тархановъ.  
ГЕНЕЗИСЪ МИНЕРАЛОВЪ и КРИСТАЛЛОВЪ — прив.-доц. В. Вернадскій и прив.-доц. С. Глинка.  
ГЕНЕРАЛЬНОЕ МЕЖЕВАНІЕ — М. Брунъ и В. С.  
ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СОВѢТЪ (во Франціи) — проф. В. Дерюжинскій.  
ГЕНЕРАТОРНЫЙ ГАЗЪ (съ рис. въ текстѣ) — проф. Д. Менделѣевъ.  
ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРОСТРАНЕНІЕ ЖИВОТНЫХЪ (съ картой) — Н. Книповичъ.  
ГЕОГРАФІЯ — проф. Д. Анучинъ.  
ГЕОГРАФІЯ РАСТЕНІЙ (съ картой) — проф. А. Бекетовъ.  
ГЕОЛОГІЯ — проф. А. Иностранцевъ.  
ГЕОМЕТРІЯ — прив.-доц. Д. Граве.  
ГЕРАКЛИТЪ (философъ) — прив.-доц. кн. С. Трубенкой.  
ГЕРВАРТЪ (философъ) — Я. Колубовскій.  
ГЕРБОВЫЙ СБОРЪ — \*.  
ГЕРБЪ И ГЕРБОВѢДѢНІЕ (съ табл. геральдич. знаковъ, гербовъ гл. европ. госуд. и губ. Россійской Имперіи) — П. ф. Винклеръ.  
ГЕРДЕРЪ — К. Арабакинъ.



# Г.

**Гальбергъ** — фамилія двухъ русскихъ художниковъ: 1) *Самуилъ Ивановичъ Г.*, скульпторъ (1787 — 1839): семи лѣтъ отъ роду былъ привезенъ въ Петербургъ и опредѣленъ въ воспитанники академіи художествъ. Участь въ ней съ рѣдкимъ прилежаніемъ и пользуясь, по части ваянія, руководствомъ профессора И. П. Мартоса, онъ получилъ четыре серебряныя медали за успѣхи въ рисованіи и лѣпкѣ, поощрительную золотую медаль на счетъ сенатора М. Н. Муравьева и малую золотую медаль (въ 1807 г., за исполненный по программѣ барельефъ «Ананія, Азарія и Мисаилъ предъ Навуходоносоромъ»), а при окончаніи академическаго курса, въ 1808 г., былъ удостоенъ большой золотой медали (за барельефъ «Мариа Посадница приводитъ къ своему дѣду, Θεодосію, жениха своей дочери»). Последняя изъ этихъ наградъ давала ему, вмѣстѣ съ чиномъ XIV класса, право ѣхать въ чужіе края для дальнѣйшаго развитія своего таланта, съ содержаніемъ отъ правительства; но, въ виду тогдашняго политическаго положенія Европы, отправка пенсіонеровъ академіи за-границу была вообще приостановлена. Наконецъ, въ 1818 году, онъ отправился въ путешествіе, и, чрезъ Штеттинъ, Берлинъ, Дрезденъ, Вѣну, Триестъ и Венецію, прибылъ въ Римъ. Устроившись здѣсь, Г. принялся усердно работать, пользуясь при этомъ совѣтами знаменитаго Торвальдсена; исполнилъ статуи: «Ахиллесъ», «Изобрѣтеніе музыки» (находятся въ Эрмитажѣ), «Гр. Остерманъ-Толстой, раненый при Кульмѣ» и «Дитя, пускающее мыльные пузыри» (находятся въ музеѣ академіи художествъ), а также большое количество портретныхъ бюстовъ (архитектора В. Глинки, посланника Италінскаго, г-жи Мальцовой, В. Корсаковой, княжны А. П. Волконской, княгини Трубецкой и др.), и въ этихъ занятіяхъ провелъ десять лѣтъ. По возвращеніи своемъ въ Петербургъ, въ 1828 г., вскорѣ занявъ въ академіи мѣсто преподавателя скульптуры, съ званіемъ адъюнкта, въ 1831 г. былъ назначенъ исправляющимъ должность профессора 2-й степени, а въ 1836 г. утвержденъ въ этомъ званіи безъ исполненія программы, обыкновенно требующагося для его получения, какъ художникъ, уже сняскавшій себѣ извѣстность прежними трудами. Изъ произведеній, исполненныхъ имъ по приѣздѣ изъ чужихъ краевъ, въ особенности достойны вниманія

изваянія двухъ ангеловъ, для портика Троицкой церкви, что въ Измайловскомъ полку (въ настоящее время сильно искаженныя многократными поправками), статуя сидящей императрицы Екатерины II для конференцъ-залы академіи художествъ (впослѣдствіи вырублена изъ мрамора профессоромъ Бродскимъ), бюсты президента академіи А. Оленина, скульптора И. Мартоса, гр. Каподистріи, баснописца Крылова и А. С. Пушкина, надгробный памятникъ живописцу Сильв. Щедрину, въ Сорренто (за смертью Г. окончень А. Ивановымъ и Ставассеромъ), модели монументовъ Карамзина, въ Симбирскѣ (выполненнаго имъ же), и Державина, въ Казани (выполненнаго Рамазановымъ и Климченкой). Какъ эти, такъ и римскія работы Г. свидѣтельствуютъ, что это былъ художникъ, обладавшій не столько живостью фантазіи, сколько знаніемъ природы и антиковъ, строго обдумывавшій свои задачи и глубоко вникавшій въ сущность изображаемаго. Поэтому ему особенно удавались портреты, въ которыхъ онъ удивительно точно передавалъ и внѣшнія черты, и индивидуальныя черты, и выраженіе, наиболѣе собственное позировавшимъ предъ нимъ лицамъ. Своею преподавательскою дѣятельностью онъ принесъ значительную пользу русскому искусству, образовавъ многихъ учениковъ, въ томъ числѣ даровитыхъ П. Ставассера, Н. Рамазанова, А. Иванова и К. Климченко. Его любопытныя заграничныя письма и записки изданы В. Ф. Эвальдомъ въ видѣ приложенія къ журналу «Вѣстникъ изящныхъ искусствъ» за 1884 г. — 2) *Иванъ Ивановичъ Г.* (1782 — 1863), братъ предыдущаго, архитекторъ, воспитаніе получилъ въ академіи художествъ, сначала состоялъ помощникомъ при извѣстномъ Кваренги, потомъ служилъ при кабинетѣ Его Императорскаго Величества и участвовалъ въ постройкѣ Михайловскаго дворца, Александринскаго театра и нѣкоторыхъ другихъ капитальныхъ зданій въ Петербургѣ; получилъ отъ академіи въ 1840 г. званіе академика, а въ 1842 г. профессора 2-й степени; нѣсколько лѣтъ преподавалъ архитектуру и занималъ должность профессора строительнаго искусства въ институтѣ инженерновъ путей сообщенія и строительномъ училищѣ.

*А. Сомовъ.*

**Гальберштадтъ** (Halberstadt) — городъ въ прусской Саксоніи; жит. слишкомъ 30 тыс. Древняя церковь (Liebfrauenkirche), заве-

деніе для глухонемыхъ, 2 библиотеки, «Храмъ дружбы» Глейма (Gleimsches Freundschafts Tempel) съ 120 портретами поэтовъ, ученыхъ и государственныхъ дѣятелей XVIII-го вѣка; замѣчательныя частныя собранія картинъ, монетъ и древностей. Со временъ Глейма такъ наз. гальберштадтской школы поэтовъ въ Г. не прекращается оживленная умственная дѣятельность. Нѣсколько фабрикъ и заводовъ; торговля мѣдью и друг. продуктами горнодѣлія.

**Гальбергъ** (Юганнъ Halbig, 1814—1882)—скульпторъ, ученикъ мюнхенской академіи художествъ, впоследствии профессоръ тамошняго политехническаго училища. Въ своихъ многочисленныхъ произведеніяхъ, имѣющихъ преимущественно декоративный характеръ, держался направленія Швантасера, стараясь, однако, внести въ его стиль болѣе значительную реальность. Изъ этихъ произведеній достойны вниманія въ особенности: фигуры четырехъ львовъ, везущихъ колесницу, на «Побѣдныхъ воротахъ» въ Мюнхенѣ (1847); бронзовое «Распятие» на старомъ кладбищѣ (1850) и другое «Распятие» на новомъ кладбищѣ, въ томъ же городѣ; 18 колоссальныхъ фигуръ, олицетворяющихъ различныя германскія области, въ Befreiungshalle, близъ Кельгейма; бронзовая статуя баварскаго короля Максимилиана II, съ колоссальнымъ львомъ, на молѣ пристани въ Линдау (1856); памятникъ поэту Авг. ф. Шлатену, въ Айсбахѣ (1858); «Нимфы, окончившія купаться»—группа для фонтана въ Нью-Йоркѣ (1867); «Страсти Господни»—колоссальная группа въ Обераммергау (1875); мраморная группа: «Ангель уноситъ на небо душу младенца»; 12 фигуръ знаменитыхъ художниковъ, моделированныя по заказу императора Николая I и украшающія собою внѣшнія стѣны Имп. Эрмитажа въ СПб., колоссальныя атланы на подъѣздѣ этого музея (высѣчены изъ камня Теребеневымъ); «Вакханка, влущая на тирѣ», взвѣшенная для вел. княг. Елены Павловны, и нѣкоторыя др.

А. Сомовъ.

**Гальбштадтъ**—нѣмецкое селеніе на границѣ Бердянскаго и Мелитопольскаго уѣздовъ. Г. и выселокъ его Ней-Гальбштадтъ населены меннонитами, владѣющими чугуно-литейными заведеніями, паровыми валцовыми мельницами, крахмальнымъ и крупянымъ заводами, пивоваренными, черепичными и кирпичными заведеніями и разными другими мастерскими. Въ Ней-Гальбштадтѣ находится волостное правленіе, въ вѣдомство котораго входятъ 32 колоніи, съ населеніемъ въ 16729 душъ, владѣющихъ 53242 десятинами удобной земли. Для русскихъ, работающихъ на фабрикахъ Г., въ 1883 г. устроена православная церковь; при ней церковно-приходская школа. Меннонитскій молитвенный домъ, сельское училище и училище центральное (волостное) для приготовления народныхъ учителей.

Ө. Синицкій.

**Гальвани** (Luigi Galvani)—знаменитый итальянскій анатомъ и фیزیологъ (1737—1798), родился въ Болоннѣ. Сначала занимался богословскими науками, но потомъ перешелъ къ медицинѣ и съ 1772 г. началъ читать лекціи этой науки въ болонскомъ университетѣ, а съ 1775 г. въ частности практическую анатомію,

наконецъ съ 1782 г. былъ даже профессоромъ акушерства. Онъ потерялъ это мѣсто во время революціи, приведшей къ возникновенію Цизальпинской республики (1797), за то, что не хотѣлъ принести присягу новому правительству; но вскорѣ все было ему возвращено. Нѣкоторыя ученія его работы относятся къ фیزیологій птицъ; но главнѣйшая его заслуга заключается въ открытіи явленія, получившаго названіе гальванизма; исторія этого открытія, изложенная подробно въ статьѣ «Гальванизмъ», показываетъ, что, хотя Г. и не понималъ всего значенія своихъ опытовъ, тѣмъ не менѣе онъ открылъ фактъ, имѣвшій неслыханныя послѣдствія первостепенной важности для науки объ электричествѣ. Въ Болоннѣ воздвигнута статуя Г. въ 1879 г.; полное собраніе его сочиненій издано тамъ же въ 1841 г.

**Гальванизація**—см. Электризація.

**Гальванизмъ**—отрасль ученія объ электричествѣ. Названіе гальванизмъ произошло отъ имени итальянскаго (болонскаго) анатома Гальвани (Алоизій или Луиджи Гальвани, 1737—1798), котораго опыты впервые указали на новый для его времени случай возбужденія электричества. Однако вѣрное толкованіе факта, замѣченнаго Гальвани, принадлежитъ его знаменитому современнику и ученому противнику Александру Вольту, который показалъ, что соприкосновеніе разнородныхъ металловъ приводитъ ихъ въ электрическое состояніе и что отъ присоединенія къ нимъ жидкости, проводящей электричество, образуется непосредственное теченіе электричества. Токъ, получающійся въ названномъ случаѣ, называется гальваническимъ токомъ и само явленіе гальванизмомъ, но нынѣ полное ученіе о Г. рассматриваетъ не только явленіе соприкосновенія, но и другія отъ нихъ зависящія, а также явленія соприкосновенія, соединеннаго съ нагреваніемъ или охлажденіемъ и т. п., такъ что сюда относятся и электромагнитизмъ, индуктированные токи, термоэлектрическіе токи и другіе отдѣлы этого ученія, рассматриваемые по своимъ особенностямъ въ отдѣльныхъ его главахъ. Въ настоящей статьѣ рассматривается исторически открытіе гальванизма, знаменитый въ наукѣ споръ между Гальвани и Вольтою, изобрѣтеніе Вольтова столба и развитіе главнѣйшихъ сторонъ ученія объ электрическихъ токахъ. Статья раздѣлена на части, съ нижелюбименнованными заглавіями, изъ которыхъ 1—5 суть названія открытій, составившихъ главнѣйшія эпохи въ исторіи ученія о гальванизмѣ. Эти заглавія суть: 1) опыты Гальвани и Вольты; 2) Вольтовъ столбъ; 3) электромагнитизмъ и электродинамика; 4) формула Ома; 5) индуктированные токи; 6) теорія гальваническаго тока.

**Опыты Гальвани и Вольты** (1790—1800). Гальвани замѣтилъ, что препарированныя ноги лягушки, находясь вблизи электрической машины, всякій разъ приходили въ движеніе, когда изъ машины была извлекаема искра, а мускуловъ и нервовъ касались въ то же время металлическимъ предметомъ. Изъ описанія этого явленія, сдѣланнаго самимъ Гальвани, можно думать, что даже не онъ самъ, но кто-то дру-



гой въ его присутствіи замѣтилъ необходимость извлеченія искры изъ электрической машины для возбужденія мускульнаго движенія лягушки. Явленіе могло происходить отъ электрической индукціи; но Гальвани, къ счастью для науки, сталъ искать причину явленія въ другомъ направленіи и, производя много опытовъ, при различныхъ обстоятельствахъ, высказалъ въ своемъ сочиненіи «De viribus electricitatis in motu musculari» («Comment.» Bonon. VIII, 1791, въ нѣмецк. переводѣ Dr. Joh. Mayer, Прага, 1794) предположеніе, что причина движеній лягушки, происходившихъ при вышеописанныхъ обстоятельствахъ, есть электричество, развивающееся въ самомъ животномъ, металлъ же служить только проводникомъ электричества. Въ то время были извѣстны электрическая рыба и Гальвани распространилъ этотъ фактъ на организмъ лягушки.

Впрочемъ, Гальвани нашелъ весьма существенный и важный новый фактъ, что лишь прикосновеніе двумя металлами къ лягушкѣ навѣрное производитъ въ ней движенія, одинъ же металлъ или совсѣмъ ничего не обнаруживаетъ, или же производитъ только очень слабыя движенія. Мнѣніе Гальвани о животномъ электричествѣ скорѣй было поддержано Вальи, но Вольта заявилъ сомнѣнія въ правильности объясненія, даннаго Гальвани. Онъ показалъ, что прикосновеніемъ двухъ металловъ къ языку производится вкусовое ощущеніе, кислое или щелочное, смотря по тому, какой изъ двухъ взятыхъ металловъ будетъ прикасаться къ кончику языка (распространеніе стараго опыта Зульцера), а также, что если наложить на глазное яблоко оловянный листокъ, а въ ротъ взять серебряную ложку, то прикосновеніе какой-нибудь проволоки къ олову и серебру сопровождается свѣтовымъ ощущеніемъ въ глазу. Не находя въ этихъ явленіяхъ ничего говорящаго въ пользу животнаго электричества въ переходѣ путемъ разнообразныхъ опытовъ отъ явленія къ явленію, Вольта въ 1794 г. наконецъ рѣшительно отвергъ гипотезу животнаго электричества и приписалъ замѣченный Гальвани явленія именно соприкосновенію двухъ разнородныхъ металловъ, причѣмъ на одномъ обнаруживается электричество одного рода (напр. положительное), а на другомъ—другого (отрицательное). Препарированная же лягушка является только болѣе чувствительнымъ указателемъ электричества, чѣмъ какой-либо электроскопъ (того времени). На основаніи всѣхъ соображеній Вольта предложилъ замѣнить названіе «животное электричество» названіемъ «металлическое электричество». Испытанные имъ металлы Вольта расположилъ въ рядъ, который имѣлъ такое свойство, что наиболѣе отстоящіе одинъ отъ другого металлы наиболѣе сильно электризуются отъ соприкосновенія. Всякая неоднородность частей металлическаго предмета, напр. закалываніе одной части, даетъ способность такому проводнику дѣйствовать какъ два разнородныхъ металла, только въ гораздо слабѣйшей степени. Въ тѣхъ случаяхъ, когда въ опытахъ Гальвани были замѣчены движенія лягушки при употребленіи одного проводника, вѣроятно, части проводника были неоднородны.

Однако Гальвани и приверженцы его гипотезы, въ особенности Альдини, продолжая ее поддерживать, доказали путемъ новыхъ опытовъ, что можно произвести движенія въ препарированной лягушкѣ, вовсе не употребляя металлическихъ проводниковъ и составляя замкнутое цѣлое (цѣпь) лишь изъ частей самаго животнаго (1793). Вольта же, съ своей стороны, пользуясь конденсаторомъ, который имъ былъ впервые примѣненъ къ электроскопу, получилъ совершенно явно электричество изъ металловъ. Тогда мнѣнія ученаго міра приняла двойное направленіе: нѣмецкіе физики склонялись въ пользу животнаго электричества, а Алекс. Гумбольдтъ даже допускалъ въ явленіяхъ, замѣченныхъ Гальвани, проявленіе особой жизненной силы, но не электричества,—англійскіе же, какъ Монро и Кавалло, признавали въ нихъ тождество съ электрическими. Фуллеръ хотя и думалъ одинаково съ нѣмецкими учеными, тѣмъ не менѣе, повторяя опыты, даже составилъ столбикъ изъ серебряныхъ и цинковыхъ кружковъ, который будто бы дѣйствовалъ сильнѣе одной пары. Нельзя видѣть въ этомъ столбикѣ предшественника знаменитому вольтову столбу, такъ какъ для сходства между обоими недоставало весьма существеннаго, а именно жидкости. Фаброни открылъ, что соприкосновеніе разнородныхъ металловъ въ водѣ сопровождается скорымъ ихъ окисленіемъ (химическое дѣйствіе тока).

*Вольтовъ столбъ.* Не имѣя возможности слѣдить здѣсь за всѣми перипетіями этой знаменитой ученой борьбы между двумя гипотезами, во время которой Гальвани умеръ, остановимся на 1799 г., когда Вольта устроилъ первый столбъ, первообразъ всѣхъ нынѣшнихъ гальваническихъ батарей. Въ письмѣ 20 марта 1800 г. изъ Комо къ предсѣдателю лондонскаго королевскаго общества, Джозефу Бенксу, Вольта описалъ дѣйствія первого столба, состоявшаго изъ серебряныхъ и цинковыхъ кружочковъ, сложенныхъ въ извѣстномъ порядкѣ; каждая пара отдѣлялась отъ другой картонными или кожаными кружочками, пропитанными щелочнымъ растворомъ (см. Гальваническіе элементы, черт. 1 въ текстѣ). Оконечности столба были названы полюсами: на одномъ изъ нихъ обнаруживалось положительное электричество, на другомъ — отрицательное. Никольсонъ и Карлейль, узнавшіе отъ Бенкса о новомъ открытіи, тотчасъ же принялись за повтореніе опытовъ Вольты и, устроивъ столбъ, скорѣй замѣтили новое явленіе — отдѣленіе пузырьковъ газа изъ калды воды, чрезъ которую проходилъ токъ. Вольта построилъ раѣе вольтова столбъ свой приборъ еще въ другой формѣ, которую однако считалъ менѣе удобною; это былъ вѣнечъ изъ чашекъ (cogona di tazze). Въ концѣ 1800 г. Вольта въ двухъ чтеніяхъ во французскомъ институтѣ изложилъ свое изобрѣтеніе, показавъ, что электричество столба не отличается отъ электр., получасмаго треніемъ. Учреждена была коммиссія подъ предсѣдательствомъ Біо, которая занялась проверкою работъ Вольты и въ докладѣ институту, читанномъ 1 декабря 1801 г., вполнѣ подтвердила всѣ заключенія изобрѣтателя. По предложенію Бонапарта, институтъ назначилъ



2 преміи: одну большую (60000 фр.) за дальнѣйшія, особенно важныя открытія въ области гальванизма, и другую ежегодную малую (3000 фр.).

Опытъ Никольсона и Карлейля, указавшій на химическое дѣйствіе тока, имѣлъ большую важность, хотя и прежде было извѣстно, что искры электрической машины выделяютъ газы изъ воды. Крюкшанкъ (въ Англіи) и Риттеръ (въ Германіи) въ томъ же 1800 г. убѣдились въ разложеніи вольтовымъ столбомъ многихъ солей и осажденіи металла (мѣди) изъ мѣдной соли. Тогда же и знаменитый Гумфри Деви (Даву) началъ свои электрохимическія изслѣдованія, въ послѣдствіи приведшія его къ замѣчательнѣйшимъ результатамъ. Любопытно, что, подъ вліяніемъ идей Гальвани, Деви въ первыхъ своихъ изслѣдованіяхъ, употребляя два стакана съ жидкостью съ опрокинутыми надъ ними сосудами для собиранія кислорода и водорода, выделяющихся изъ воды, соединилъ жидкости этихъ стакановъ волокнами мускуловъ; впрочемъ, вскорѣ онъ убѣдился, что мускулы исполняютъ въ этомъ случаѣ лишь роль проводника \*). Вообще движеніе, сообщенное наукѣ изобрѣтеніемъ вольтова столба, составившаго блестящую эпоху въ исторіи физики и химіи, было такъ сильно, что открытія послѣдовали одно за другимъ. Открытія начинались иногда мелочнымъ фактомъ, который велъ къ большимъ послѣдствіямъ, обнаруживавшимся часто черезъ большой промежутокъ времени. Такъ въ 1802 г. нѣкто Готеро замѣтилъ, что двѣ золотыя проволоки, служившія въ приборѣ для разложенія воды, будучи потомъ приложены къ языку, давали слабыя вкусовыя ощущенія. Это, вѣроятно, случайное наблюденіе, сдѣланное къ тому же учителемъ музыки, привело, однако, черезъ нѣсколько десятковъ лѣтъ къ устройству особеннаго рода гальваническихъ элементовъ и батарей, нынѣ съ такой пользой употребляемыхъ, а именно аккумуляторовъ. Наблюденіе Готеро произвело большое впечатлѣніе на Риттера (1776—1810), который, повторивъ и разнообразивъ только что названный опытъ, додумался до устройства столба изъ пластинокъ только одного металла (мѣди), перемежающихся смоченною фланелью или сукномъ. Пропуская черезъ такой столбъ, состоявшій изъ 40 мѣдныхъ кружковъ, токъ отъ вольтова столба въ 100 паръ, Риттеръ убѣдился, что его мѣдный столбъ послѣ того самъ былъ заряженъ, т. е. сталъ обнаруживать всѣ электрическія дѣйствія, какія производитъ обыкновенный столбъ, только въ слабѣйшей степени и въ продолженіе болѣе короткаго времени, по истеченіи котораго можно было, однако, попрежнему *зарядить* его, повторяя это произвольное число разъ. Дѣйствіи этихъ *вторичныхъ* столбовъ Риттеръ далъ не удач-

ное объясненіе, но Вольта указалъ, что электричество происходитъ оттого, что мѣдные кружки, вслѣдствіе разложенія воды, дѣйствіемъ первичнаго тока, покрываются съ одной стороны водородомъ, а съ другой—окисляются кислородомъ, что и дѣлаетъ ихъ достаточно разнородными (поляризуетъ ихъ) для того, чтобы они сами служили возбудителями электричества. Такъ произошло открытіе явленія гальванической поляризаціи. Второстепенные столбы Риттера, оставшіеся долгое время безъ вниманія, въ ближайшее къ намъ время усовершенствованы Плате, который устроилъ элементы изъ свинца, получившіе недавно окончательную форму аккумуляторовъ (см. Гальваническіе элементы). Нѣтъ возможности даже и въ подробномъ историческомъ изложеніи, а тѣмъ менѣе здѣсь, перечислить разнообразныя и многочисленныя повторенія опытовъ съ вольтовымъ столбомъ. Въ дѣлахъ историческаго безпристрастія слѣдуетъ упомянуть объ опытахъ Василія Петрова, профессора медицинской академіи въ Петербургѣ, мало извѣстныхъ у насъ и всецѣмъ неизвѣстныхъ въ Западной Европѣ. Въ своемъ сочиненіи, нынѣ составляющемъ порядочную рѣдкость («Извѣстія о гальвани-вольтовскихъ опытахъ», СПб., 1803), В. Петровъ описываетъ, между прочимъ, что построенный имъ вольтовъ столбъ, состоявшій иногда изъ 4200 паръ, давалъ сильный токъ, который могъ проходить черезъ воздухъ между концами проводниковъ, образуя свѣтовое явленіе, въ послѣдствіи названное вольтовой дугою. Стр. 175 этого сочиненія содержитъ слѣдующія строки: «когда свѣщеніе продолжалось около полчаса въ безвоздушномъ колоколѣ, то не только при впусценіи въ оныя малыхъ количествъ воздуха... оное свѣтоносное явленіе не прекращалось; но даже, и по возстановленіи совершеннаго равновѣсія плотности воздуха въ колоколѣ, продолжалось иногда около четверти часа, однако послѣ опять совершенно прекращалось, и уже не иначе возобновлялось, какъ по изрѣженіи воздуха и т. д.». Повтореніе опыта съ описаніемъ дѣйствія явленія помѣщено на стр. 178. На стр. 180 сообщено объ обугливаніи дерева и бумаги этимъ способомъ въ безвоздушномъ пространствѣ. Въ статьѣ V—о поглотеніи кислорода изъ воздуха дѣйствіемъ вольтова столба (стр. 139 и слѣд.). Въ это время стали давать предпочтеніе передъ столбомъ шашечному аппарату Вольты, видоизмѣняя частности его устройства (см. Гальван. элем.). Деви, пользуясь подобною батареею сначала въ 100 паръ, а позднѣе другою въ 2540 паръ, разложилъ флѣкы щелочи и замѣтилъ отдѣленіе пламени въ жидкости. Результатомъ изслѣдованія (1807 \*) было открытіе металловъ калия и натрія, чрезвычайно важное само по себѣ для развитія химіи, такъ и тѣмъ, что въ связи съ этимъ находилась возникшая идея

\*) Для разложенія воды въ двухъ сосудахъ и отдѣленія кислорода въ одномъ, а водорода—въ другомъ, опускаютъ въ одинъ пластинку не окисляющагося металла, соединенную проволокою съ однимъ полюсомъ столба, и другую пластинку отъ противоположнаго полюса столба—въ другой стаканъ, и накладываютъ пучекъ смоченныхъ нитей на края стакановъ въ видѣ соединительнаго для жидкостей канала; для того же можетъ служить согнутая стеклянная трубка съ водою.

\*) Въ 1810 г. Деви могъ пользоваться уже батареею въ 2000 паръ, подаренной королевскому институту въ Лондонѣ. Тогда онъ замѣтилъ и изучилъ вольтовую дугу, которой описаніе онъ обнародовалъ въ 1812 г. Деви плавилъ въ дугѣ, имѣвшей около 100 мм. длины, платину, вѣрш, известъ; осколки алмаза и кусочки графита, повидимому, улетучивались.



(Девя, 1806) о происхожденіи химическихъ и электрическихъ притяженій отъ одной причины. Особое развитіе этому взгляду далъ Верцеліусъ, создавшій полную электрохимическую систему, которая потомъ долго господствовала безраздѣльно (до сороковыхъ годовъ). Движеніе составныхъ частей разлагаемого токаго тѣла, — однихъ къ положительному полюсу, а другихъ къ отрицательному, оставалось безъ всякаго удовлетворительнаго объясненія до появленія гипотезы Гротгуса (1805 г.), которая уяснила, какимъ образомъ совершается кажущееся движеніе кислорода и водорода при разложеніи воды. Электрохимическія работы, о которыхъ было упомянуто, и многія другія привели къ мысли, что химическое сродство, а не прикосновеніе разнородныхъ тѣлъ, есть первая причина возбужденія электричества. Въ числѣ первыхъ распространителей этой идеи видимъ имена Фабброни, Риттера, Паррота; но развитіе ея и понынѣ еще не закончено; далѣе увидимъ исторію работъ, стремившихся къ разъясненію основныхъ причинъ, возбуждающихъ электричество при соприкосновеніи. Частое употребленіе вольтова столба, а именно, процедура его заряжанія и разряжанія, сопровождавшаяся значительнымъ механическимъ трудомъ, заставило искать улучшенія его формы. Крюкшанкъ, Вилькинсонъ, Чильдренъ, Волластонъ оказали первыя услуги въ этомъ отношеніи (см. Гальваническіе элементы); въ сущности ими сдѣланы улучшенія не въ вольтовомъ столбѣ, а въ чашечномъ приборѣ Вольты. Облегченіе манипуляцій съ вольтовымъ столбомъ косвеннымъ образомъ содѣйствовало развитію науки; однако для успѣшнаго пользованія гальваническимъ токомъ не доставало способовъ измѣренія его силы; средства къ тому были найдены въ новомъ періодѣ теченія науки, начинающемся съ 1820 г.

**Электромагнетизмъ и электродинамика.** Датскій физикъ Эрстедтъ въ 1820 г. замѣтилъ, что проводникъ, по которому проходитъ гальваническій токъ, дѣйствуетъ на магнитную стрѣлку, отклоняя ее изъ первоначальнаго ея положенія («Experimenta circa efficaciam conflictus electrici in Acum magneticam», Hafniae, 1820). Впослѣдствіи нѣкоторые итальянскіе писатели старались доказать, что ихъ соотечественникъ Романьози гораздо ранѣе замѣтилъ дѣйствіе тока на стрѣлку; но еслибы и въ самомъ дѣлѣ это было такъ, то во всякомъ случаѣ Романьози не понималъ важности замѣченнаго имъ факта. Да и Эрстедтъ сначала полагалъ, что проволока для дѣйствія на магнитную стрѣлку должна быть раскалена токомъ, такъ что Мунке первый убѣдился, что это дѣйствіе обнаруживается не только при сильномъ токѣ (отъ 106 паръ), но и при слабомъ (отъ одной пары); къ тому же заключенію пришелъ вскорѣ и самъ Эрстедтъ. Въ томъ же 1820 г. Швейгеръ устроилъ первый гальванометръ — мультипликаторъ (см. Гальванометръ) для слабыхъ токовъ. Въ томъ же году Амперъ (1775—1836) далъ правило, известное нынѣ подъ его именемъ, для опредѣленія направленія отклоненія магнитной стрѣлки въ зависимости отъ ея положенія относительно провод-

ника. Вообще въ этомъ періодѣ Амперъ занимаетъ выдающееся мѣсто: онъ показалъ, что существуетъ взаимное дѣйствіе проводниковъ, по которымъ проходитъ токъ, что проводникъ, которому дана форма винтовой линіи (соленоидъ), обладаетъ, при прохожденіи чрезъ него тока, многими свойствами магнита. Взаимное дѣйствіе соленоидовъ между собою и между соленоидами и магнитами повело Ампера къ гипотезѣ, объяснявшей намагничиваніе и связывавшей явленія электричества и магнетизма. Онъ первый предложилъ раздѣлить ученіе объ электричествѣ на электростатику и электродинамику, и закончилъ свои работы классическимъ сочиненіемъ — математической теоріей электродинамики («Théorie des phénomènes électrodynamiques uniquement déduite de l'expérience», въ «Mém. de l'Acad.», 1823). Эрстедтъ тоже пытался установить теорію дѣйствія тока на магнитную стрѣлку, но неполно и неясно. Открытія Фарадеемъ явленія вращенія проводника около магнита, объясненные имъ особенной гипотезой, вполне объясняются и по теоріи Ампера. Однако физики того времени возстали противъ гипотезы Ампера относительно существованія токовъ, кружившихся около частицъ магнитныхъ металловъ, такъ какъ она исключала существованіе двухъ магнитныхъ жидкостей. Бю почти приравнивалъ гипотезу Ампера къ Декартовымъ вихрямъ (см. Декартъ) и, съ своей стороны, придумалъ гипотезу, по которой токъ, проходя по проводнику, сообщаетъ ему поперечное намагничиваніе, вслѣдствіе чего проводникъ и дѣйствуетъ на магнитную стрѣлку. Шмигтъ, Алтгауцъ, Прехтъ, Зеебекъ, Поль — всѣ объясняли замѣченныя явленія подобнымъ же образомъ, но мало-по-малу гипотеза Ампера заняла добавочное ей мѣсто. Мало понятная по существу, какъ вѣчное движеніе электричества, и неудобная для математическаго анализа, она тѣмъ не менѣе связывала столь разнородныя на первый взглядъ явленія, каковы электричество и магнетизмъ. Черезъ нѣсколько лѣтъ послѣ соленоида Ампера появились электромагниты. Брюстеръ и Стурдженъ впервые устроили ихъ, первый — даже электромагнитъ подковообразной формы. Вскорѣ затѣмъ стали устраивать электромагниты такихъ размѣровъ, что они могли притягивать якорь съ грузомъ въ нѣсколько центнеровъ и даже въ цѣлую тонну.

То десятилѣтіе (1820—30) было богато открытіями: кромѣ того, что было выше перечислено, въ 1821 г. Зеебекъ открылъ термоэлектричество, въ 1825 г. Араго — явленіе, названное (несовѣстено) магнетизмомъ вращенія. Омъ — знаменитый законъ, касающійся измѣренія силы тока. Двѣ, соприкасающіяся концами, пластинки разнородныхъ металловъ не могутъ образовать теченія электричества при соединеніи ихъ свободныхъ концовъ какими бы то ни было проводниками; но если соприкасающіеся концы будутъ нагрѣваемы или охлаждаемы, то во все это время происходитъ токъ. Зеебекъ, видя при этомъ дѣйствіе на магнитную стрѣлку, описалъ это явленіе подъ названіемъ «термомагнетизма», объясняя и земной магнетизмъ, какъ возбужденный нагрѣваніемъ.



Теллинь, Эрстедтъ и Фурье занялись изслѣдованіемъ термоэлектрическаго тока, условіями измѣненія его силы въ зависимости отъ числа взятыхъ паръ и вѣншихъ сопротивленій; замѣтили химическія дѣйствія этого тока, который и назвали термоэлектрическимъ, но Зеебекъ еще два года держался гипотезы о термомагнитизмѣ. Онъ первый, для усиленія термоэлектрическихъ явленій, составилъ столбъ или столбикъ изъ нѣсколькихъ паръ, который впоследствии въ рукахъ Меллони послужилъ не источникомъ электричества, а чувствительнымъ указателемъ весьма слабыхъ нагрѣваній. Много лѣтъ спустя (1836) Антинори и Линари построили изъ висмута и сурьмы столбикъ, который могъ заряжать конденсаторъ и давать искры, а въ ближайшее къ намъ время Маркусъ и въ особенности Ноэ и Клямонъ устроили термоэлектрическія батареи, которыя обещали одно время быть полезными для нѣкоторыхъ второстепенныхъ техническихъ приложений, напр. для гальваническаго золоченія и т. п. Въ научномъ же отношеніи было доказано, что термоэлектричество и термоэлектрический токъ ничѣмъ не отличаются отъ электричества, добываемаго треніемъ и токомъ volta въ столба. Въ концѣ этого десятилѣтія (1820—30) А. С. Беккерель внесъ значительное усовершенствованіе въ гальваническія батареи, устроивъ мѣдно-цинковый элементъ съ двумя жидкостями; подобный же, но болѣе удобной формы, элементъ построилъ (значительно позже) Даниэль (1836); еще позже явился элементъ Грове и за нимъ Бунзена (см. Гальваническіе элементы). Араго замѣтилъ, что металлическое тѣло, приведенное во вращательное движеніе вблизи подвижнаго магнита, дѣйствуетъ на этотъ послѣдній, какъ будто оно само получило магнитныя свойства, обнаруживающіяся въ немъ лишь во время вращенія; отсюда и названіе этого явленія — магнитизмомъ вращенія. Зеебекъ, Нобили, Дж. Гершель и Баббеджъ подвергли подробно изученію это явленіе, но объясненіе причины его было дано только впоследствии Фарадеемъ, доказавшимъ, что образованіе индуктированныхъ токовъ въ металлическихъ тѣлахъ, вращающихся вблизи магнита, есть причина воздѣйствія этихъ тѣлъ на магнитъ.

**Формула Ома.** Такимъ образомъ наука объ электрическихъ токахъ постоянно обогащалась, но не доставало еще количественныхъ законовъ, которые опредѣляли бы силу тока при различныхъ условіяхъ его дѣйствія. Уже Деви при работахъ надъ химическимъ дѣйствіемъ тока зналъ, что проволока представляетъ току сопротивленіе, пропорціональное ей длинѣ, обратно пропорціональное ей поперечному сѣченію, и даже расположилъ металлы въ рядъ по степенямъ ихъ электропроводности, но первый Георгъ-Симонъ Омъ (1787—1854) теоретически и экспериментально показалъ связь между силою тока, электровозбудительной силой батареи и сопротивленіемъ всѣхъ частей цѣпи. Непостоянство дѣйствій тогдашнихъ гальваническихъ батарей заставило Ома для опытовъ пользоваться преимущественно термоэлектрическими элементами. Его сочиненіе («Die galvanische Kette, mathematisch bear-

beitet») вышло въ 1827 г., и его формула, выражавшая, что сила тока пропорціональна электровозбудительной силѣ и обратно пропорціональна сопротивленію (см. Гальваническій токъ) была подтверждена опытами Фехнера и тогда же повсемѣстно принята въ Германіи. Во Франціи же плодотворный законъ Ома оставался неизвѣстнымъ до 1839 г.; смутныя понятія о количествѣ электричества (quantité) и его напряженности (tension) въ батареяхъ замѣняли этотъ законъ\*). Пулье (1790—1868) познакомился съ работою Ома въ неполномъ извлеченіи, изъ котораго заключилъ, что выводы, сдѣланные Омомъ, требуютъ пополненія. Опыты Пулье привели его къ тѣмъ же результатамъ, которыхъ достигъ Омъ. Въ Англіи королевское общество присудило Ому медаль Коплея (1841); но, несмотря на то, только въ 1843 г. Витстонъ обратилъ общее вниманіе на важность закона Ома. Во всякомъ случаѣ работа Пулье, считавшагося нѣкоторое время во Франціи за перваго открывателя сказаннаго закона, была очень полезна: она содержитъ опредѣленіе сопротивленія жидкостей и установила электрохимическую мѣру силы тока, которой численная величина замѣнена въ настоящее время другой. Къ большой заслугѣ Пулье должно быть отнесено устройство имъ приборовъ измѣрителей силы тока (гальванометры, см. это сл.), хотя онъ имѣлъ уже въ этомъ предшественника—Нернандера.

Законъ Ома и впоследствии неоднократно подвергался критикѣ, неблагоприятной со стороны Марія-Деви, Дебре, Секки, но благоприятной со стороны Кольрауша (1848 и 1849), Кирхгофа (1849), и наконецъ былъ подтвержденъ Гельмгольцомъ (1851); въ заключеніе коммиссіи британской ассоціаціи (1876) еще разъ подтвердила его вѣрность. Кольраушъ измѣрялъ электрометромъ напряженія электричества на полюсахъ незамкнутой батареи, и распредѣленіе электричества въ замкнутой цѣпи; Кирхгофъ далъ новый выводъ формулы Ома, замѣнивъ неустойчивое въ нѣкоторыхъ случаяхъ понятіе объ электрической напряженности понятіемъ объ электрическомъ потенциалѣ. Гельмгольцъ вывелъ выраженіе для измѣренія силы неуставовившагося тока, показавъ, что отсюда проистекаетъ законъ Ома въ его обыкновенной формѣ, и тѣмъ расширилъ значеніе послѣдняго. Вопросы о силѣ тока въ развѣтвленной системѣ проводниковъ были отчасти обработаны самими Омомъ, потомъ Пулье, Витстономъ, Поггендорфомъ, Дюбуа-Реймономъ, Веберомъ и другими, но общее его рѣшеніе, принадлежащее Кирхгофу (1847), замѣчательно по простотѣ и множеству легко истекающихъ изъ него частныхъ приложений (см. Гальваническій токъ).

**Индуктированные токи.** Работы Фарадея (1791—1867) открываютъ блестящій періодъ въ исторіи электричества и магнитизма вообще, и въ частности — электрическихъ токовъ. Уже въ 1822 г. онъ указалъ нѣсколько любопытныхъ случаевъ электрома-

\*) Переводъ сочиненія Ома на французскомъ языкѣ сдѣланъ Гогеномъ въ 1860 г.



гивныхъ движеній, но исключительно заявлять электричествомъ отдался съ 1831 г. Здѣсь не мѣсто говорить о совокупности его работъ, продолжавшихся до 1855 г. и изложенныхъ авторомъ въ 30 серияхъ, содержащихъ 3000 параграфовъ; уже первая серія заключается въ себѣ открытіе гальванической индукціи, которое еслибъ и было единственнымъ, дало бы Фарадею мѣсто въ ряду великихъ ученыхъ. Оригинальность замысла и смѣлость его исполненія почти не имѣютъ себѣ равныхъ въ исторіи научныхъ открытій. Сущность открытія Фарадея заключалась въ необходимости и достаточности движенія проводника въ присутствіи другого, по которому проходитъ токъ, чтобы въ первомъ обнаружился (индуцировался) кратковременный токъ. Развивая этотъ основной законъ явленій индукціи, Фарадей нашелъ цѣлый рядъ категорій индуцированныхъ токовъ. Характеръ этихъ явленій былъ до того новъ, неожиданный и необыкновененъ, что слухъ о нихъ прежде всего порождаетъ сомнѣніе, разсѣивавшееся лишь при личномъ присутствіи при повтореніи опыта. Открытіе индукціи сразу объяснило, какъ уже упомянуто выше, магнетизмъ вращенія. Частный случай индукціи—самоиндукціи—послужилъ для объясненія различія между искрой, весьма яркой при прерываніи тока и едва замѣтной искрой при замыканіи той же цѣпи. Сначала способъ, употребленный Фарадеемъ для отдѣленія индуцированного тока отъ индуцирующаго, проходящаго въ той же проволоцѣ, возбудилъ сильнѣйшія возраженія, но потомъ существованіе этихъ токовъ (экстратокровъ, по Фарадею) было признано несомнѣннымъ.

Удивительно, что геніальный Фарадей не дошелъ до формулированія общаго закона для явленій индукціи и что первый шагъ къ этому сдѣлалъ второстепенный ученый Ричи, видѣвшій въ нихъ осуществленіе ньютоновскаго закона дѣйствія и противодѣйствія. Конкретнѣе формулировалъ этотъ законъ Э. Х. Ленцъ, выражая связь между явленіями индукціи и взаимными дѣйствіями токовъ, и также токовъ и магнитовъ. Гипотеза Ампера (вращающіеся элементарные токи) опять съ открытѣемъ индукціи выдвинулась впередъ. Оставляя до статьи Индукція изложеніе явленій и законовъ этой отрасли электрическихъ явленій, отмѣтимъ теперь только, что, кромѣ огромнаго научнаго значенія этого открытія Фарадея, въ немъ лежитъ основаніе многихъ современныхъ техническихъ примѣненій, изъ которыхъ достаточно назвать электрическое освѣщеніе и передачу силы на разстояніе дѣйствіемъ динамомашинъ на отдаленный электродвигатель. Попытки воспользоваться большою притягательною силою электромагнитовъ для устройства двигателей начались съ 1830 г. (Даль Негро) и продолжались около 60 лѣтъ, пока не получили практическое осуществленіе послѣ изобрѣтенія кольца Грамма (см. Электродвигательныя машины и Передача работы на разстоянія). Фарадей устроилъ магнито-электрическую машину, состоящую изъ мѣднаго круга, приводимаго во вращательное движеніе между оконечностями магнита, но Даль Негро, Пихи (Pixii), Ричи, Клеркъ, Сак-

стонъ, Штереръ (1844) придумали другой типъ машины, состоявшій изъ магнитовъ и якорей электромагнитовъ. Ближе къ нашему времени большія магнитоэлектрическія машины французской компаніи L'Alliance, приводимыя въ движеніе паровой машиной, производили сильныя токи, примѣненные между прочимъ къ накаливанію углей въ электрическихъ лампахъ на маякахъ. Гальваническія батареи стали постепенно получать второстепенное значеніе, понизившееся еще болѣе со времени изобрѣтенія и постепеннаго улучшенія динамомашиной, составляющихъ видоизмѣненія магнитоэлектрическихъ машинъ. Если вращать электромагнитной формы якорь между оконечностей большого электромагнита, по которому въ это время *не проходитъ* токъ, то вслѣдствіе всегдѣшняго присутствія слабаго магнетизма въ желѣзѣ, отъ сказаннаго движенія въ проволоцѣхъ якоря индуцируется токъ, который, будучи пропущенъ въ проволочную обмотку неподвижнаго электромагнита, усиливаетъ въ немъ развитіе магнетизма, такъ что, послѣ нѣсколькихъ десятковъ оборотовъ якоря, динамомашина образуетъ сильный электрическій токъ. Изобрѣтеніе динамомашиной, постоянно нынѣ совершенствуемое, отодвинуло на второй планъ не только гальваническія (гидро-электрическія) батареи, но и магнито-электрическія машины.

*Теорія гальваническаго тока.* Мы видѣли, что идеи Вольты о происхожденіи электричества отъ соприкосновенія металловъ привели его къ устройству вольтова столба и чашечнаго прибора, изъ которыхъ развились всѣ познѣйшія гальваническія батареи. По его мнѣнію, жидкость играла въ образованіи электричества лишь пассивную роль. Фабрици, Волластонъ, Риттеръ считали, что химическое дѣйствіе жидкости на металлъ есть необходимое условіе возбужденія тока. Парротъ, Авр. Деларивъ и позднѣе Беккерель (Antoine Cesar) построили цѣлыя системы, принимая въ основаніе, что химическое дѣйствіе есть основная причина постояннаго возбужденія электричества. Фарадей (1840) высказывался вполнѣ за химическую теорію образованія тока какъ апіоретическими разсужденіями, такъ и разнообразными опытами. Въ первый періодъ разработки этого вопроса изобрѣтеніе сухого столба Замбони на время рѣшило споръ въ пользу гипотезы Вольты; но вслѣдствіи обнаружился химическія явленія и въ сухомъ столбѣ. Но такъ какъ существованіе электрическаго направленія при соприкосновеніи разнородныхъ тѣлъ несомнѣнно и безъ химическаго дѣйствія, то Шенбейнъ, послѣ продолжительныхъ работъ, высказалъ взглядъ на происхожденіе тока, примиряющій обѣ гипотезы, а именно допуская, что соприкосновеніе разнородныхъ тѣлъ въ батареѣ дѣйствительно приводитъ ихъ въ электрическое состояніе и возбуждаетъ первое электрическое напряженіе и распредѣленіе, чѣмъ возбуждается химическая дѣятельность между жидкостями и металлами, которая и становится съ этого момента дѣйствующимъ источникомъ электрическаго тока. Подобное мнѣніе поддерживаетъ и Гельмгольцъ («Ueber die Erhaltung der Kraft», 1847). Особенно прочную опору химической гипотезы



далъ открытій Фарадеемъ электролитическій законъ, что вода разлагается токомъ въ количествахъ, пропорціональныхъ проходящему чрезъ нее электричеству (см. Вольтметры, Гальванопроводность), а другія сложныя тѣла (расплавленные — хлористое олово и хлористый свинецъ) разлагаются одинаковыми количествами протекающаго электричества въ эквивалентныхъ между собою и съ водою вѣсовыхъ количествахъ. Этотъ законъ былъ подтвержденъ и обобщенъ трудами Беккереля, Деларива и другихъ ученыхъ; разработка его продолжается и понынѣ, о чемъ будетъ изложено въ статьѣ «электрохимія». Такъ какъ химическія явленія суть несомнѣныя измѣненія вещества, сопровождаемыя въдобавокъ тепловыми явленіями, то, казалось, было полное основаніе допустить, что электричество есть слѣдствіе химизма и трудно было бы отыскать другой источникъ, на счетъ котораго могло бы происходить безпрестанное возбужденіе электричества, взаимныя протекающаго и постоянно какъ бы уничтожающагося. Однако немного времени спустя была высказана гипотеза (Горз. Бути и въ особенности Горвегъ, 1880), что при соприкосновеніи разнородныхъ тѣлъ происходитъ уравниваніе происходящихъ въ нихъ тепловыхъ движеній, которое можетъ производить молекулярныя измѣненія, влекущія за собою приведеніе тѣлъ въ электрическое состояніе. Возбужденное электричество, находясь въ движеніи, производитъ химическія измѣненія въ составныхъ частяхъ батарей, черезъ что опять выделяется теплота, необходимая для новаго возбужденія электричества. По этому взгляду всѣ вольтовы токи суть термо-токи.

Теорія возбужденія электричества можетъ пониматься лишь съ проясненіемъ взгляда на самую сущность того, что называется движеніемъ электричества или токомъ; вообще въ этомъ обширномъ и трудно разрѣшимомъ вопросѣ есть много взаимно зависящихъ частей, постепенное изученіе которыхъ идетъ, какъ видно изъ историческаго изложенія ихъ развитія, не въ такой тѣсной и непрерывно — логической связи, какую можно требовать отъ изложенія уже законченной части науки въ строгой системѣ. Амперъ установилъ въ своей электродинамикѣ, что взаимодѣйствіе двухъ элементовъ различной силы токовъ пропорціонально произведенію изъ этихъ силъ и обратно пропорціонально нѣкоторой степени разстоянія, которая потомъ оказалась равною 2, на основаніи нѣкоторыхъ найденныхъ опытовъ условій равновѣсія опредѣленныхъ проводниковъ. Веберъ задался мыслію слѣтъ электростатическій законъ Кулона съ закономъ Ампера, вывода понятіе о силѣ тока изъ основныхъ представленій о взаимодѣйствіи электрическихъ массъ. Допуская два рода электричествъ, должно рассматривать взаимное дѣйствіе двухъ элементовъ тока, какъ слагающееся изъ четырехъ элементарныхъ электрическихъ дѣйствій. Взаимное дѣйствіе электрическихъ массъ въ движеніи зависитъ не только отъ величины ихъ и взаимныхъ разстояній, но и отъ скорости ихъ движенія и ускоренія. Выводъ, достигнутый Веберомъ изъ преобра-

зованія формулы Ампера, можетъ быть полученъ и прямо изъ основныхъ опытовъ электродинамики. При этомъ Веберъ пришелъ по нѣкоторымъ частностямъ въ противорѣчіе съ Гроссманомъ, прежде его занимавшимся электродинамическимъ закономъ, а также съ теоріей индуцированныхъ токовъ Неймана. Однако въ дальнѣйшей разработкѣ вопроса Веберъ сумѣлъ устранить сдѣланныя ему возраженія, давъ своей формулѣ такой видъ, что изъ нея происходило математическое выраженіе не только взаимодѣйствія двухъ элементовъ тока, но и общаго закона индукціи въ томъ видѣ, какъ его представилъ Нейманъ. Для своихъ экспериментальныхъ работъ Веберъ устроилъ электродинамометръ — приборъ, котораго употребленіе во многихъ случаяхъ полезно. Весьма большую заслугу Вебера составляетъ введеніе въ ученіе объ электричествѣ абсолютныхъ мѣръ (т.-е. мѣръ длины, времени и массы), чѣмъ измѣренія электрическія связывались съ другими общими измѣреніями. Сила тока можетъ быть измѣряема по его химическимъ, магнитнымъ и электродинамическимъ дѣйствіямъ. Веберъ опредѣлилъ эти три рода единицъ и вывелъ ихъ численныя отношенія («Electrodynamische Maassbestimmungen, insbesondere Zurückführung auf mechanisches Maass» von W. Weber und R. Koherschl, 1857). Электровозбудительная сила и сопротивленіе току были также выражены абсолютными мѣрами. Гауссъ, еще ранѣ Вебера, далъ абсолютную мѣру магнетизма («Intensitäts vis magneticae ad mensuram absolutam revocata»); но въ электрическія единицы надлежало ввести еще элементъ скорости (см. Единицы мѣръ). До тѣхъ поръ существовали условныя единицы сопротивленія — Якоби и Сименса (такъ называемая ртутная единица). Британская ассоціація и королевское общество приняли въ принципѣ веберовскую единицу сопротивленія (1861). Практическое опредѣленіе матеріальной величины этихъ мѣръ представляло такія трудности, что только чрезъ 20 лѣтъ послѣ того (1881) на электрическомъ конгрессѣ въ Парижѣ были приняты величины абсолютныхъ мѣръ и то еще только какъ первое приближеніе. Въ этихъ единицахъ (омъ, вольтъ, амперъ) въ основаніе, вмѣсто веберовскихъ миллиметра, секунды, миллиграмма, приняты сантиметръ, секунда и граммъ; всѣ единицы находясь въ опредѣленныхъ отношеніяхъ съ веберовскими. Вопросъ о скорости движенія электричества многократно разрабатывался путемъ опыта. Валькеръ, Митчелъ, Гульдъ, Витстонъ, Физо и Гуннелъ выражали ее числами, очень различающимися между собою. Гогенъ и позднѣ Гагенбахъ (1886) пришли къ заключенію, что во всѣхъ измѣреніяхъ этого рода опредѣляется собственно большая или меньшая продолжительность приведенія проволоки въ электрическое состояніе, и что эта продолжительность есть и должна быть непостоянной величиной, зависящей отъ физическихъ условій, въ которыхъ находится проводникъ.

Теорія Вебера подверглась возраженіямъ, направленнымъ на основныя ея положенія. Между Гельмгольцомъ и Веберомъ (1870, 1871)



возникла ученая полемика, въ которой принялъ участіе Нейманъ, Целнеръ, Бертрайтъ, Роулантъ. Объ этихъ вопросахъ математической физики будетъ дано понятіе въ статьѣ «электродинамика». Клаузіусъ противопоставилъ гипотезѣ Вебера о противоположныхъ теченіяхъ двухъ электричествъ предположеніе о теченіи одной жидкости, какъ достаточное для объясненія явленій электродинамики. Упомянемъ о вихревомъ движеніи по Ганкелю, Рейнару, Мутѣ о натяженіи среды по Фанъ-деръ-Флиутъ и т. п. У Клаузіуса однако явились противники; Лорбергъ выступилъ въ защиту теории Вебера, и хотя Клаузіусъ не оставилъ возраженій Лорберга безъ отвѣта, но ни тотъ ни другой авторъ, говоря о дѣйствіи электричества на разстояніи, еще не принимаютъ во вниманіе вліянія промежуточной среды (диэлектрикъ — по Фарадею), а слѣдовательно и времени, необходимаго для передачи дѣйствія. Эдлундъ (1871) допускаетъ одну жидкость, свѣтовой эфиръ, которой приписываетъ нѣкоторыя свойства, не стоящія въ противорѣчій съ оптическими явленіями. Гальванический токъ состоитъ въ движеніи эвира отъ одной точки проводника къ другой; сила тока пропорціональна количеству эвира, протекающаго въ единицу времени. Въ сильныхъ токахъ скорость теченія достигаетъ тысячъ километровъ, въ слабыхъ—нѣсколькихъ метровъ въ секунду. Эта теорія объясняетъ явленія сопротивленія, электролизъ, дѣйствія на разстояніи и въ числѣ ихъ индукцію. Формула Эдлунда для электровозбудительной силы индукціи найдена, по сравненію ея съ прямыми опытами Сунделя, вѣрною. Эдлунду противуставляетъ свои опыты Ройтъ, который, воспользовавшись методомъ Физо для увлеченія свѣтового эвира движеніемъ жидкости, думалъ доказать неизмѣняемостью явленій дифракціи, при пропусканіи электрическаго тока по направленію движенія жидкости или противоположно, что теченіе электричества не представляетъ свойствъ теченія эвира. Это заключеніе не было оставлено Эдлундомъ безъ возраженія. Максвелль, опираясь на представленія Фарадея о роли среды въ передачѣ дѣйствія силъ на разстояніе, развилъ полную математическую теорію распространенія электрическихъ и магнитныхъ дѣйствій, принимая, что всякая среда въ присутствіи наэлектризованныхъ тѣлъ приходитъ въ состояніе натяженія. Эта весьма важная теорія не подлежитъ краткому анализу, возможному въ настоящей статьѣ; ея значеніе, равно какъ и теорія Гельмгольца, которую здѣсь только называемъ, будетъ определена въ словахъ «Максвелль и Электродинамика». Максвелль вывелъ формулы, выражающія распространеніе магнитныхъ и электрическихъ дѣйствій, сблжающихъ причины происхожденія этого рода явленій съ явленіями свѣта; таковы же результаты теоріи Гельмгольца (см. «Свѣтъ, теорія»). Въ ближайшіе къ намъ годы идеи о колебаніяхъ эвира, какъ производящихъ электрическія и магнитныя дѣйствія на разстояніи, были приняты въ ученомъ мірѣ съ большимъ энтузіазмомъ, который былъ особенно усиленъ недавними опытами Герца (см. Герцъ). Источниками для

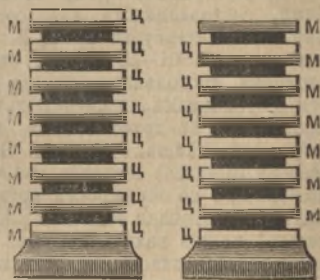
составленія этой статьи служили: «Physikalisches Wörterbuch» von Gehler; «Die Geschichte der Physik» von Rosenberger; «Die Lehre von der Electricität» von Wiedemann; «Resumé de l'histoire de l'électricité et du magnétisme» par Becquerel.

Ө. Петрушевскій.

**Гальванизованное желѣзо**—см. Жестъ.

**Гальванические элементы и батареи.**—Г. элементомъ или гальваническою парой называется приборъ, состоящій изъ двухъ металлических пластинокъ (одна изъ которыхъ можетъ быть замѣнена коксовою), погружаемыхъ въ одну или двѣ различныя жидкости, и служащій источникомъ гальваническаго тока. Нѣкоторое число Г. элементовъ, соединенныхъ между собою извѣстнымъ образомъ, составляетъ гальваническую батарею. Простейшій по устройству Г. элементъ состоитъ изъ двухъ пластинокъ, погружаемыхъ въ глиняный или стекл. стаканъ, въ которомъ налита жидкость, соотвѣтствующая роду пластинокъ; пластинки не должны имѣть металлическаго соприкосновенія въ жидкости. Г. элементы называются *первичными*, если они суть самостоятельные источники тока, и *вторичными*, если становятся дѣйствующими лишь послѣ болѣе или менѣе продолжительнаго дѣйствія на нихъ источниковъ электричества, ихъ заряжающихъ. Разсматривая происхожденіе Г. элементовъ, нужно начать съ вольтова столба, родоначальника всѣхъ послѣдующихъ гальваническихъ батарей, или съ чашечной батареи Вольты.

**Вольтовъ столбъ.** Для составленія его Вольта бралъ пары разнородныхъ металлических кружковъ, сложенныхъ или даже спаянныхъ по основанію, и картонные или суконные кружки, смоченные водою или растворомъ ѣдкаго кали. Первоначально употреблялись серебряные и мѣдные кружки, а потомъ обыкновенно цинковые и мѣдные. Изъ нихъ составлялся столбъ, какъ показано на черт. 1, а именно, сперва кладется мѣдная и на нее цинковая пластинка (или наоборотъ), на которую



Чертежъ 1.

которую вкладывается смоченный картонный кружокъ; это составляло одну пару, на которую накладывалась вторая, составленная опять изъ мѣднаго, цинковаго и картонныхъ кружковъ, наложенныхъ другъ на друга въ такомъ же порядкѣ, какъ и въ первой парѣ. Продолжая накладывать въ такомъ же порядкѣ послѣдующія пары можно составить столбъ; изображенный на черт. 1, слѣва состоитъ изъ 11 вольтовыхъ паръ. Если столбъ установленъ на пластинкѣ изолирующаго, т.-е. непроводящаго электричество, вещества, напр., на стеклянной, то, начиная отъ середины его, одна половина столба (нижняя на нашемъ чертежѣ) окажется



заряженною положительнымъ электричествомъ, а другая (верхняя по чертежу)—отрицательнымъ. Напряженность электричества, неощутимая посрединѣ, растетъ по мѣрѣ приближенія къ концамъ, на которыхъ она наибольшая. Къ самой нижней и самой верхней пластинкамъ припаиваются проволоки; приведеніе въ соприкосновеніе свободныхъ концовъ проволокъ даетъ начало движенію положительнаго электричества отъ нижняго конца столба черезъ проволоку къ верхнему и движенію отрицательнаго электричества по противоположному направленію; образуется электрический или гальванический токъ (см. это сл.). Вольта считалъ парю двѣ пластинки разнородныхъ металловъ, а жидкости приписывалъ только способность проводить электричество (см. Гальванизмъ); но по взгляду, установившемуся позднѣе, пара состоитъ изъ двухъ разнородныхъ пластинокъ и жидкаго слоя *между ними*; поэтому самая верхняя и самая нижняя пластинки столба (черт. 1 справа) могутъ быть сняты. Такой столбъ будетъ состоять изъ 10 паръ, и тогда самая нижняя пластинка его будетъ мѣдная, а самая верхняя—цинковая, и направленіе движенія электричества, или направленіе гальваническаго тока въ немъ останется прежнее: отъ нижняго конца столба (теперь отъ цинка) къ верхнему (къ мѣди). Мѣдный конецъ столба былъ названъ положительнымъ полюсомъ, цинковый — отрицательнымъ. Впоследствии, по терминологіи Фарадея, положительный полюсъ названъ *анодомъ*, отрицат.—*катодомъ*. Вольтовъ столбъ можетъ быть уложенъ горизонтально въ корыто, покрытое внутри изолирующимъ слоемъ воска, сплавленнаго съ гарпіусомъ. Нынѣ вольтовъ столбъ не употребляется по причинѣ большого труда и времени, нужныхъ на его составленіе и разборку; но въ прежнее время пользовались столбами, составленными изъ сотенъ и тысячъ паръ; въ Петербургѣ проф. В. Петровъ пользовался въ 1801—2 гг. при своихъ опытахъ столбомъ, состоявшимъ иногда изъ 4200 паръ (см. Гальванизмъ, стр. 4). Вольта строилъ свой аппаратъ и въ другой формѣ, которая и есть форма позднѣйшихъ батарей. Батарея Вольты (sogola di tazze) состояла изъ чашекъ, расположенныхъ по окружности круга, въ которыя наливалась теплая вода или растворъ соли; въ каждой чашкѣ находились двѣ металлическія разнородныя пластинки, одна противъ другой. Каждая пластинка соединена проволокой съ разнородной пластинкой сосѣдней чашки, такъ что отъ одной чашки къ другой по всей окружности пластинки постоянно чередуются: цинкъ, мѣдь, потомъ опять цинкъ и мѣдь и т. д. Въ томъ мѣстѣ, гдѣ окружность замыкается, въ одной чашкѣ имѣется цинковая пластинка, въ другой—мѣдная; по проволокѣ, соединяющей эти крайнія пластинки, будетъ идти токъ отъ мѣдной пластинки (положительнаго полюса) къ цинковой (отрицательному полюсу). Эту батарею Вольта считалъ менѣе удобною, чѣмъ столбъ, но на самомъ дѣлѣ, именно форма батареи получила всеобщее распространеніе. Въ самомъ дѣлѣ устройство вольтова столба вскорѣ было измѣнено (Крюкшанкъ): продолговатый деревянный ящикъ, раздѣленный по-

перекъ пластинками мѣди и цинка, спаянными между собою, на маленькія отдѣленія, въ которыя наливалась жидкость, былъ удобнѣе обыкновеннаго вольтова столба. Еще лучше былъ ящикъ, раздѣленный на отдѣленія деревянными поперечными стѣнками; мѣдная и цинковая пластинки ставились по обѣ стороны каждой перегородки, будучи спаяны между собою сверху, гдѣ оставлялось, кромѣ того, ушко. Деревянная палка, проходившая черезъ всѣ ушки, служила для поднятія всѣхъ пластинокъ изъ жидкости или для погруженія ихъ.

*Элементы съ одной жидкостью.* Вскорѣ послѣ того стали дѣлать отдѣльныя пары или элементы, которые могли быть соединяемыми въ батареи различными способами, польза которыхъ особенно ясно обнаружилась послѣ того, какъ Омъ выразилъ формулу силу тока въ зависимости отъ электро-возбудительной (или электродвижущей) силы элементовъ и отъ сопротивленій, встречаемыхъ токомъ какъ во внѣшнихъ проводникахъ, такъ и внутри элементовъ (см. Гальванический токъ, стр. 17). Электровозбудительная сила элементовъ зависитъ отъ металловъ и жидкостей ихъ составляющихъ, а внутреннее сопротивленіе—отъ жидкостей и отъ размѣровъ элементовъ. Для уменьшенія сопротивленія и увеличенія тѣмъ силы тока надо толщину слоя жидкости между разнородными пластинками уменьшать, а размѣры погружаемой поверхности металловъ увеличивать. Это выполнено въ *элементѣ Волластона* (Wollaston—по болѣе правильному выговору Вульстенъ). Цинкъ помѣщенъ внутри согнутой мѣдной пластинки, въ которой вставлены кусочки дерева или пробки, не допускающіе соприкосновенія пластинокъ; къ каждой изъ пластинокъ припаяна проволока, обыкновенно мѣдная; концы этихъ проволокъ приводятся въ прикосновеніе съ предметомъ, чрезъ который хотятъ пропустить токъ, идущій по направленію отъ мѣди къ цинку по внѣшнимъ проводникамъ и отъ цинка къ мѣди по внутреннимъ частямъ элемента. Вообще токъ идетъ внутри жидкости *отъ металла, на который жидкость дѣйствуетъ химически сильнѣе, къ другому, на который она дѣйствуетъ слабѣе*. Въ этомъ элементѣ обѣ поверхности цинковой пластинки служатъ для истеченія электричества; такой способъ удвоенія поверхности одной изъ пластинокъ потомъ вошелъ въ употребленіе при устройствѣ всѣхъ элементовъ съ одною жидкостью. Въ элементѣ Волластона употребляется разведенная сѣрная кислота, разлагающаяся во время дѣйствія тока (см. Гальванопроводность); результатомъ разложенія будетъ окисленіе цинка и образованіе цинковаго купороса, растворяющагося въ водѣ, и выдѣленіе водорода на мѣдной пластинкѣ, приходящей отъ этого въ поляризованное состояніе (см. Поляризация гальваническая и Гальванопроводность), уменьшающее силу тока. Измѣняемость этого поляризованнаго состоянія сопровождается измѣняемостью силы тока.

Изъ многихъ элементовъ съ одною жидкостью называемъ *элементы Сми* (Smee) и *Грене*; въ первомъ — платина или платинированное серебро среди двухъ цинковыхъ пластинокъ,



все—погруженное въ разбавленную сѣрную кислоту. Химическое дѣйствіе такое же, какъ и въ элементѣ Волластона, и поляризуется водородомъ платина; но токъ менѣе переменчивъ. Электровозбудительная сила больше, чѣмъ въ мѣдноцинковомъ.

Элементъ Грене состоитъ изъ цинковой пластинки, помѣщаемой между двухъ плитокъ, выпиленныхъ изъ кокса; жидкость для этого элемента готовится по разнымъ рецептамъ, но всегда изъ двухромановокалиевой соли, сѣрной кислоты и воды. По одному рецепту на 2500 грм. воды надо взять 340 грм. названной соли и 925 грм. сѣрной кислоты. Электровозбудительная сила больше, чѣмъ въ элементѣ Волластона.

Во время дѣйствія элемента Грене образуется, какъ и въ предыдущихъ случаяхъ, цинковый купоросъ; но водородъ, соединяясь съ кислородомъ хромовой кислоты, образуетъ воду; въ жидкости образуются хромовые квасцы; поляризація уменьшена, но не уничтожена. Для элемента Грене употребляется стеклянный сосудъ съ расширенной нижней частью, какъ то изображено на фиг. 7 таблицы «Гальванические элементы и батареи». Жидкости наливается столько, чтобы цинковую пластинку Z, которая короче коксовых C, можно было, потянувъ прикрепленный къ ней стержень T, вынуть изъ жидкости на то время, когда элементъ долженъ оставаться безъ дѣйствія. Зажимы B, B, соединенные—одинъ съ оправою стержня T, а слѣдовательно съ цинкомъ, а другой съ оправою углей, назначены для концовъ проволоки-проводниковъ. Ни пластинки, ни ихъ оправы не имѣютъ металлическаго соприкосновенія между собою; токъ идетъ по соединительнымъ проволокамъ чрезъ внѣшніе предметы по направленію отъ кокса къ цинку. Угльно-цинковый элементъ можетъ быть употребляемъ съ растворомъ поваренной соли (въ Швейцаріи, для телеграфовъ, звонковъ) и тогда дѣйствуетъ 9—12 мѣс. безъ ухода.

Элементъ Лаланда и Шаперона, усовершенствованный Эдисономъ, состоитъ изъ плитки цинка и другой, спрессованной изъ окиси мѣди. Жидкость—растворъ фдкаго кали. Химическое дѣйствіе—окисленіе цинка, образующаго потомъ соединеніе съ кали; отдѣляющийся водородъ, окисляясь кислородомъ окиси цинка, входитъ въ составъ образующейся воды, а мѣдь восстанавливается. Внутреннее сопротивленіе малое. Возбудительная сила не опредѣлена съ точностью, но меньше чѣмъ эл. Даніэля.

Элементы съ двумя жидкостями. Такъ какъ выдѣленіе водорода на одномъ изъ твердыхъ тѣлъ Г. элементовъ есть причина, уменьшающая силу тока (собственно электровозбудительную) и сообщающая ему неустойчивость, то помѣщеніе пластинки, на которой водородъ выдѣляется, въ жидкости, способной отдавать кислородъ на соединеніе его съ водородомъ, должно сдѣлать токъ постояннымъ. Беккерель первый устроилъ (1829) мѣдноцинковый элементъ съ двумя жидкостями для названной цѣли, когда еще не были извѣстны элементы Грене и Лаланда. Позднѣе Даніэль (1836) устроилъ подобный же элементъ, но болѣе

удобный въ употребленіи. Для раздѣленія жидкостей нужны два сосуда: одинъ стеклянный или глазурованный глиняный, содержитъ въ себѣ цилиндрической глиняный слабоокисленный, а потому пористый, сосудъ, въ который наливается одна изъ жидкостей и помѣщается одинъ изъ металловъ; въ кольцеобразномъ промежуткѣ между двумя сосудидами налита другая жидкость, въ которую погружена пластинка другого металла. Въ элементѣ Даніэля цинкъ погруженъ въ слабую сѣрную кислоту, а мѣдь въ водный растворъ мѣднаго (синяго) купороса. Фиг. 1 таблицы изображаетъ 3 элемента Даніэля, соединенные въ батарею; цилиндры, гнущие изъ цинка, помѣщены во внѣшнихъ стеклянныхъ стаканахъ, мѣдныя пластинки тоже въ формѣ цилиндра или согнуты на подобіе буквы S—помѣщены во внутреннихъ глиняныхъ цилиндрахъ. Можно расположить и обратно, т.е. мѣдь во внѣшнихъ сосудахъ. Токъ идетъ отъ мѣди къ цинку по внѣшнимъ проводникамъ и отъ цинка къ мѣди чрезъ жидкость въ самомъ элементѣ или батарее, причемъ разлагаются одновременно обѣ жидкости: въ сосудѣ съ сѣрной кислотой образуется цинковый купоросъ, а водородъ идетъ къ мѣдной пластинкѣ, въ то же время мѣдный купоросъ ( $\text{CuSO}_4$ ) разлагается на мѣдь ( $\text{Cu}$ ), осаждающуюся на мѣдную пластинку, и отдѣльно несуществующее соединеніе ( $\text{SO}_4$ ), которое химическимъ процессомъ образуетъ съ водородомъ воду прежде, чѣмъ онъ успѣетъ выдѣлиться въ видѣ пузырьковъ на мѣди. Пористая глина, легко смачиваемая обѣими жидкостями, даетъ возможность передаваться химическимъ процессамъ отъ частицы къ частицамъ чрезъ обѣ жидкости отъ одного металла къ другому. Послѣ дѣйствія тока, продолжительность котораго зависитъ отъ его силы (а эта послѣдняя отчасти отъ внѣшнихъ сопротивленій), а также отъ количества жидкостей, содержащихся въ сосудахъ, весь мѣдный купоросъ издерживается, на что указываетъ обезвѣчиваніе его раствора; тогда начинается отдѣленіе пузырьковъ водорода на мѣди, а вмѣстѣ съ тѣмъ поляризація этого металла. Этотъ элементъ называется постояннымъ, что однако надо понимать относительно: въпервыхъ и при насыщенномъ купоросѣ есть слабая поляризація, но главное—внутреннее сопротивленіе элемента сначала уменьшается, а потомъ растетъ. По этой второй и главной причинѣ замѣчается въ началѣ дѣйствія элемента постепенное усиленіе тока, тѣмъ значительнѣйшее, чѣмъ менѣе ослаблена сила тока внѣшними или внутренними сопротивленіями. Черезъ полчаса, часъ и болѣе (продолжительность) растетъ съ количествомъ жидкости при цинкѣ) токъ начинаетъ ослабѣвать медленно, чѣмъ возрастаетъ, и еще чрезъ нѣсколько часовъ доходитъ до первоначальной силы, постепенно ослабѣвая далѣе. Если въ сосудѣ съ растворомъ мѣднаго купороса помѣщенъ запасъ этой соли въ нерастворенномъ видѣ, то это продолжаетъ существованіе тока, равно какъ и замѣна образовавшагося раствора цинковаго купороса свѣжею разбавленною сѣрною кислотой. Однако при замкнутомъ эле-



ментъ уровень жидкости при цинкѣ мало-помалу понижается, а при мѣди повышается — обстоятельство само по себѣ ослабляющее токъ (отъ увеличенія сопротивленія по этой причинѣ) и притомъ указывающее на переходъ жидкости изъ одного сосуда въ другой (переносъ ионовъ см. Гальванопроводность, осмосъ гальванический). Въ сосудъ съ цинкомъ просачивается мѣдный купоросъ, изъ котораго цинкъ чисто химическимъ путемъ выдѣляетъ мѣдь, заставляя ее осаждаться частью на цинкъ, частью на стѣнки глинянаго сосуда. По этимъ причинамъ происходитъ большая бесполезная для тока трата цинка и мѣднаго купороса. Однако все же элементъ Даниэля принадлежитъ къ числу самыхъ постоянныхъ. Глиняный стаканъ, хотя и смачиваемый жидкостью, представляетъ большое сопротивление току; употребляя пергаментъ вмѣсто глины, можно значительно усилить токъ путемъ уменьшенія сопротивленія (*элементъ Карре*); пергаментъ можетъ быть замѣненъ животнымъ пузыремъ. Вмѣсто разбавленной сѣрной кислоты можно при цинкѣ употреблять растворъ поваренной или морской соли; возбудительная сила остается почти та же. Химическія дѣйствія не изслѣдованы.

*Элементъ Мейдингера.* Для частаго и продолжительнаго и притомъ довольно постояннаго, но слабаго тока, можетъ служить элементъ Мейдингера (фиг. 2 таблицы), состояющій изъ видоизмѣненія элемента Даниэля. Внешній стаканъ имѣетъ расширение наверху, гдѣ на внутреннюю закраину ставится цинковый цилиндръ; на днѣ стакана помѣщенъ другой маленчій, въ который поставленъ цилиндрикъ, свернутый изъ листовой мѣди, или же кладется мѣдный кружокъ на дно внутренняго сосуда, наполняемого потомъ растворомъ мѣднаго купороса. Послѣ этого осторожно наливаютъ сверху растворъ сѣрнокислой магнезии, который заполняетъ все свободное пространство внѣшняго сосуда и не смѣшается раствора купороса, какъ имѣющаго большій удѣльный вѣсъ. Тѣмъ не менѣе по диффузіи жидкостей купоросъ медленно достигаетъ цинка, гдѣ и отдаетъ свою мѣдь. Для поддержанія насыщенности этого раствора внутри элемента ставится еще опрокинутая стеклянная колба съ кусками мѣднаго купороса и водою. Отъ металловъ идутъ наружу проводники; части ихъ, находящіяся въ жидкости, имѣютъ гуттаперчевую оболочку. Отсутствие глиняной банки въ элем. позволяетъ пользоваться имъ долгое время безъ перемѣны его частей; но внутреннее сопротивление его велико, переносить его съ мѣста на мѣсто надо очень осторожно и въ немъ бесполезно для тока издерживается много мѣднаго купороса; въ колбѣ даже маленькаго элемента помѣщается около  $\frac{1}{2}$  килогр. купороса. Онъ весьма пригоденъ для телеграфовъ, электрическихъ звонковъ и въ другихъ подобныхъ случаяхъ и выставляется мѣсяцы. *Элементы Калло и Труве-Калло* похожи на элементы Мейдингера, но проще послѣднихъ. *Крестенъ* въ Петербургѣ также устроилъ полезное видоизмѣненіе элемента Мейдингера. *Элементъ Томсона* въ формѣ блюда или подноса есть измѣ-

ненный даниэлевскій; пористыя плоскія черепки изъ пергаментной бумаги отдѣляютъ одну жидкость отъ другой, но можно обходиться и безъ перепонокъ. *Элементъ Сименса и Гальске* также относится къ разряду даниэлевскихъ. *Элементъ Минотто.* Мѣдный кружокъ на днѣ стеклянной банки, на который насыпаются кристаллы мѣднаго купороса, а сверху толстый слой кремнистаго песку, на который накладывается цинковый кружокъ. Все заливается водою. Служить отъ  $1\frac{1}{2}$  до 2 лѣтъ на телеграфныхъ линіяхъ. Вмѣсто песку можно взять порошокъ животнаго угля (Дарсонваль). *Элементъ Труве.* Мѣдный кружокъ, на которомъ столбикъ кружковъ изъ пропускной бумаги, снизу пропитанный мѣднымъ купоросомъ, сверху — цинковымъ купоросомъ. Небольшое количество воды, смачивающей бумагу, приводитъ элементъ въ дѣйствіе. Сопротивленіе довольно большое. Дѣйствіе продолжительно и постоянно.

*Элементъ Грове,* платиновъ-цинковый; платина погружается въ крѣпкую азотную кислоту, цинкъ въ слабую сѣрную кислоту. Выдѣляющійся дѣйствіемъ тока водородъ окисляется на счетъ кислорода азотной кислоты ( $\text{HNO}_3$ ), переходящей въ азотноватый ангидридъ ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ), которой выдѣляющіеся красно-оранжевыя пары вредны для дыханія и портятъ всѣ мѣдныя части аппарата, которыя потому лучше дѣлать изъ свинца. Эти элементы могутъ быть употребляемы лишь въ лабораторіяхъ, гдѣ имѣются вытяжные шкафы, а въ обыкновенной комнатѣ должны быть поставлены въ печь или каминъ; они имѣютъ большую возбудительную силу и малое внутреннее сопротивление — всѣ условія для большой силы тока, которая тѣмъ постояннѣе, чѣмъ большій объемъ жидкости содержится въ элементѣ. Фиг. 6 таблицы изображаетъ такой элементъ плоской формы; внѣ его справа изображена соединенная съ платиновымъ листкомъ элемента согнутая цинковая пластинка *Z* второго элемента, въ сгибъ которой стоитъ плоскій глиняный сосудъ *V* для платины. Слѣва изображенъ платиновый листокъ, соединенный зажимомъ съ цинкомъ элемента и принадлежащій третьему элементу. При этой формѣ элементъ въ внутреннее сопротивление его очень мало, но сильное дѣйствіе тока не продолжительно по причинѣ малаго количества жидкостей. Токъ идетъ отъ платины по внѣшнимъ проводникамъ къ цинку, согласно высказанному выше общему правилу.

*Элементъ Бунзена* (1843), угольно-цинковый, вполне замѣняетъ предыдущій и дешевле его, такъ какъ дорогая платина замѣнена коксовой плиткой. Жидкости тѣ же, что въ элем. Грове, электровозбудительная сила и сопротивление приблизительно такія же; направленіе тока такое же. Подобный элементъ изображенъ на фиг. 3 таблицы; угольная плитка, обозначенная буквою *C*, съ металлическимъ зажимомъ, при которомъ поставленъ знак  $+$ ; это положительный полюсъ или анодъ элемента. Отъ цинковаго цилиндра *Z* съ зажимомъ (отрицательный полюсъ или катодъ) идетъ пластинка съ другимъ зажимомъ, накладываемымъ на угольную плитку второго элемента, въ случаѣ со-



ставления батарей. Грове первый заменил платину въ своемъ элементѣ уголемъ, но его опыты были забыты. *Элементъ Дарсоналя*, угольно-цинковый; при углѣ смѣсь азотной и соляной кислоты по 1 объему съ 2 объемами воды, содержащей  $\frac{1}{10}$  сѣрной кислоты. *Элементъ Фора*.—Вмѣсто коксовой плитки употребляется бутылка изъ графита и глины; туда наливается азотная кислота. Это, повидимому, вѣдшее измѣненіе элем. Бунзена дѣлаетъ употребленіе азотной кислоты болѣе полнымъ.

*Элементъ Сосновскаго*.—Цинкъ въ растворѣ бѣлаго натра или бѣлаго кали; уголь въ жидкости, состоящей изъ 1 объема азотной кислоты, 1 объема сѣрной, 1 объема соляной, 1 объема воды. Замѣчательна очень высокой электровозбудительной силой.

*Элементъ Каллана*.—Уголь бунзеновскихъ элементовъ замѣняется желѣзомъ; возбудительная сила остается та же, что при употребленіи угля. Желѣзо не подвергается дѣйствию азотной кислоты, находясь въ пассивномъ состояніи. Вмѣсто желѣза можно съ пользою употреблять чугунъ съ нѣкоторымъ содержаніемъ кремнія.

*Элементъ Поендорфа* отличается отъ эл. Бунзена замѣною азотной кислоты жидкостью, подобной той, которая употребляется въ элементѣ Грене. На 12 вѣсовыхъ частей двухромовокислаго кали, растворенныхъ въ 100 ч. воды, прибавляется 25 частей крѣпкой сѣрной кислоты. Возбудительная сила такая же, какъ элем. Бунзена; но внутреннее сопротивленіе болѣе. Кислорода въ названной жидкости, отдаваемого на окисленіе водорода, меньше, чѣмъ въ азотной кислотѣ при томъ же объемѣ. Отсутствие запаха при пользованіи этими элементами, въ соединеніи съ другими достоинствами, дѣлало его самымъ удобнымъ къ употребленію. Однако поляризація не вполне устранена. *Элементъ Имшенецкаго*, угольно-цинковый. Графитовая (углеродъ) пластинка въ растворѣ хромовой кислоты, цинкъ—въ растворѣ сѣрноватистонатріевой соли. Большая возбудительная сила, малое внутреннее сопротивленіе, почти полная утилизація цинка и весьма хорошее пользованіе хромовою кислотою.

*Элементъ Деклание*, угольно - цинковый; вмѣсто окисляющей жидкости, содержитъ при угольной плиткѣ порошокъ (крупный) перекиси марганца, смѣшанный съ порошокомъ кокса (фиг. 5 табл.) во внутренней, проникаемой для жидкости, глиняной банкѣ; снаружи въ одномъ изъ угловъ стекляни особенной формы помѣщается цинковая палочка. Жидкость—водный растворъ нашатыря—наливается снаружи и проникаетъ внутрь глиняной банки до угля (кокса), смачивая перекись марганца; верхъ банки обыкновенно заливается смолою; оставлены отверстія для выхода газовъ. Возбудительная сила—средняя между даніевскимъ и бунзеновскимъ элементами, сопротивленіе большое. Элементъ этотъ, оставленный замкнутымъ, даетъ токъ быстро убывающей силы, но для телеграфовъ и домашняго употребленія выстаетъ одинъ - два года при подливаніи жидкости. При разложеніи нашатыря ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) хлоръ выдѣляется на цинкѣ, образуя хлористый

цинкъ и аммиакъ при углѣ. Перекись марганца, богатая кислородомъ, переходитъ мало-по-малу въ соединеніе низшей степени окисленія, но не во всѣхъ частяхъ массы, наполняющей глиняный сосудъ. Для болѣе полного пользованія перекисью марганца и уменьшенія внутренняго сопротивленія устраиваютъ эти элементы безъ глиняной банки, а изъ перекиси марганца и угля спрессовываютъ плитки, между которыми помѣщаютъ коксовую, какъ показано на фиг. 4 таблицы. Этого рода элементы могутъ быть сдѣланы закрытыми и удобными къ переноскѣ; стекло замѣняется роговымъ каучукомъ. Видоизмѣнилъ этотъ элементъ также Гейфъ, замѣняя растворъ нашатыря растворомъ хлористаго цинка.

*Элементъ Маріе-Девы*, угольно - цинковый, содержитъ при углѣ тѣстообразную массу изъ сѣрнокислой закиси ртути ( $\text{Hg}_2\text{SO}_4$ ), смоченной водою, помѣщенную въ пористой глиняной банкѣ. Къ цинку наливается слабая сѣрная кислота или даже вода, такъ какъ первая и безъ того выдѣлится изъ соли ртути дѣйствіемъ тока, прачемъ водородъ окисляется, а при углѣ выдѣляется металлическая ртуть, такъ что по истеченіи нѣкотораго времени элементъ становится цинково-ртутнымъ. Электровозбудительная сила не измѣняется отъ употребленія чистой ртути вмѣсто угля; она нѣсколько больше, чѣмъ въ элементѣ Деклание, внутреннее сопротивленіе большое. Пригоденъ для телеграфовъ и вообще для прерывистаго дѣйствія тока. Эти элементы употребляются и для медицинскихъ цѣлей, причѣмъ предпочитаютъ заряжать ихъ сѣрнокислой окисью ртути ( $\text{HgSO}_4$ ). Удобная для медицинскихъ и другихъ цѣлей форма этого элемента представляетъ высокій цилиндръ изъ рогового каучука, котораго верхняя половина заключаетъ въ себѣ цинкъ и уголь, а нижняя—воду и сѣрнокислую ртуть. Если элементъ перевернуть верхомъ внизъ, онъ дѣйствуетъ, а въ первомъ положеніи—не образуетъ тока.

*Элементъ Варрена Деларю*—цинково-серебряный. Узкая серебряная полоска выступаетъ изъ цилиндрика плавленнаго хлористаго серебра ( $\text{Ag Cl}$ ), помѣщеннаго въ трубчкѣ изъ пергаментной бумаги; цинкъ имѣетъ форму тонкаго стерженька. Оба металла помѣщаются въ стеклянной трубкѣ, закупоренной парафиновой пробкой. Жидкость—растворъ нашатыря (23 ч. соли на 1 литръ воды). Электровозбудительная сила почти такая (немного больше), какъ эл. Даніеля. Изъ хлористаго серебра осаждается металлическое серебро на серебряную полоску элемента и поляризація не происходитъ. Батареи, изъ нихъ составленныя, служили для опытовъ надъ прохожденіемъ свѣта въ разряженныхъ газахъ (V, Варренъ Деларю). Гейфъ далъ этимъ элементамъ устройство, дѣлающее ихъ удобными для переноски; употребляются для медицинскихъ индукціонныхъ катушекъ и для постоянныхъ токовъ.

*Элементы Дюшамена, Париа, Фиге*. Первый—цинково - угольный; цинкъ въ слабомъ растворѣ поваренной соли, уголь—въ растворѣ хлорнаго желѣза. Непостояненъ и мало изслѣдованъ. Парцъ замѣнилъ цинкъ желѣзомъ; растворъ поваренной соли имѣетъ плотность 1,15,

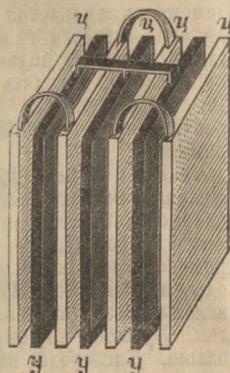


растворъ хлорнаго желѣза плотности 1,26. Лучшее предыдущаго, хотя электровозбудительная сила меньше. Фиге употребляетъ въ желѣзно-угольномъ элементѣ одну жидкость, получаемую пропусканиемъ струи хлора чрезъ насыщенный растворъ желѣзнаго купороса. Элементъ Нюде, угольно-цинковый. Цинкъ имѣетъ форму цилиндра, окружающаго пористый глиняный цилиндръ, содержащій въ себѣ коксовую плитку, засыпанную хлорою известию. Элементъ закупоренъ пробкою, залитою воскомъ; чрезъ отверстие въ ней наливается растворъ поваренной соли (24 части на 100 част. воды). Электровозбудительная сила большая; при постоянномъ, нѣсколько продолжительномъ дѣйствіи на вышнее малое сопротивление скоро ослабѣваетъ, но черезъ часъ или два бездѣйствія элемента она достигаетъ прежней величины.

*Сухіе элементы.* Это названіе можно дать элементамъ, въ которыхъ присутствіе жидкости неявно, когда она всасывается въ пористыя тѣла элемента; скорѣе слѣдовало бы ихъ назвать *влажными*. Къ такимъ можно отнести вышеописанный мѣдноцинковый элементъ Труве и элементъ Лекланше, измѣненный Жерменомъ. Въ этомъ послѣднемъ употребляется кѣтчатка, извлекаемая изъ коксовыхъ орѣховъ; изъ нея готовится масса, сильно поглощающая жидкость и газы, на видъ сухая и только при давленіи принимающая влажный видъ. Очень переносны и пригодны для походныхъ телеграфныхъ и телефонныхъ станцій. Элементы Гаснера (угольно-цинковые), въ составъ которыхъ входитъ гипсъ, пропитанный, вѣроятно, хлористымъ цинкомъ или нашатыремъ (держится въ секретѣ). Возбудительная сила приблизительно такая, какъ въ элементѣ Лекланше, спустя нѣкоторое время послѣ начала дѣйствія послѣдняго; внутреннее сопротивление меньше, чѣмъ у Лекланше. Въ сухомъ элементѣ Лекланше-Барбье промежутокъ между вышнимъ цинковымъ цилиндромъ и внутреннимъ полымъ цилиндромъ изъ агломерата, въ составъ котораго входитъ перекипъ марганца, наполненъ гипсомъ, насыщеннымъ растворомъ неизвѣстнаго состава. Первые, довольно продолжительныя испытанія этихъ элементовъ были благоприятны для нихъ. Желатино-глицериновый элементъ Кузнецова есть мѣдно-цинковый; состоитъ изъ картоннаго, пропитаннаго параффиномъ ящичка съ дномъ, выклееннымъ оловомъ внутри и снаружи. На одово насыпаютъ слой толченаго мѣднаго купороса, на который наливаютъ желатино-глицериновую массу, содержащую серную кислоту. Когда эта масса застынетъ — насыпаютъ слой измельченнаго амальгамированнаго цинка, опять заливаемый тою же массою. Изъ такихъ элементовъ составляютъ батареи на подобіе вольтова столба. Назначается для звонковъ, телеграфовъ и телефоновъ. Вообще же число различныхъ сухихъ элементовъ очень значительно; но въ большинствѣ по причинѣ секретнаго состава жидкостей и агломератовъ сужденіе о нихъ возможно только практическое, не научное.

*Элементъ большой поверхности и малого сопротивления.* Въ тѣхъ случаяхъ, когда нужно

накалывать короткія, довольно толстыя проволоки или пластинки, какъ, напримѣръ, при нѣкоторыхъ хирургическихъ операціяхъ (см. Гальванокаустика), употребляютъ элементы съ большими металлическими поверхностями, погруженными въ жидкости, что уменьшаетъ внутреннее сопротивление и тѣмъ усиливаетъ токъ. Волластоновъ способъ удвоенія поверхности примѣняется къ составленію поверхностей изъ большого числа пластинокъ, какъ показано на фиг. 3, гдѣ *у, у, у* — пластинки изъ одного металла помѣщены въ промежуткахъ между пластинками *и, и, и, и* другого металла. Всѣ пластинки параллельны между собою и не соприкасаются, но всѣ одного наименованія соединены внѣшними проволоками въ одно цѣлое. Вся эта система равномѣрна элементу изъ двухъ пластинокъ, каждая шестикратной поверхности сравнительно съ изображенными, при толщинѣ слоя жидкости между пластинками, равной разстоянію между каждыми двумя пластинками, изображенному на чертежѣ. Уже въ началѣ нынѣшняго столѣтія (1822) устраивались приборы съ большой металлической поверхностью. Къ числу ихъ относится большой элементъ Гаре, названный дефлаграторомъ. Цинковый и мѣдный листы большой длины, отдѣленные фланелью или деревянными палочками, свертываются въ катокъ, въ которомъ листы не соприкасаются между собою металлически. Этотъ катокъ погружается въ кадку съ жидкостью и даетъ токъ весьма большой силы, при дѣйствіи на очень малую внѣшнюю сопротивленія. Поверхность каждого листа — около 50 кв. ф. (4 кв. метра). Въ наше время вообще стараются уменьшить внутреннее сопротивление элементовъ, но даютъ имъ особенно большую поверхность для нѣкоторыхъ частныхъ примѣненій, напримѣръ въ хирургіи для срѣзыванія болѣзненныхъ наростовъ раскаленной проволокой или пластинкой, для прижиганій (см. Гальванокаустика). Такъ какъ накалываются проводники малого сопротивления, то можно получить токъ именно уменьшеніемъ внутреннего сопротивления. Поэтому въ гальванокаустическихъ элементахъ помѣщаютъ большое число пластинокъ, расположенныхъ подобно тому, какъ изображено на черт. 2 текста. Устройство не представляетъ особенностей, но приспособлено къ удобному употребленію; таковы, напримѣръ, угольно-цинковые элементы или батареи Шардена, съ хромовой жидкостью, примѣняемые въ Парижѣ, Лионѣ, Монпелье и Брюсселѣ. Слѣдуетъ обратить вниманіе операторовъ на необходимость употребленія измѣрителя силы тока съ весьма малымъ сопротивленіемъ (амперметра или амметра), чтобы имѣть увѣренность въ исправности батареи передъ операціей.



Чертежъ 2.



Нормальные элементы должны сохранять свою электровозбудительную силу или имѣть разность потенциаловъ постоянною въ продолженіе возможно долгаго времени, когда они хранятся разомкнутыми для того, чтобы служить нормальной единицей мѣры при сравненіи электровозбудительныхъ силъ между собою. Ренье предложилъ для этой цѣли мѣдно-цинковую пару, въ которой поверхность мѣди очень велика сравнительно съ цинковой. Жидкость есть растворъ 200 частей сухой поваренной соли въ 1000 частяхъ воды. При этомъ условіи поляризація мѣди очень слаба, если этотъ элементъ вводится въ цѣпь съ большимъ сопротивленіемъ и на короткое время. Нормальный элементъ *Латимера Кларка* состоитъ изъ цинка въ растворѣ цинковаго купороса, ртути и сѣрной ртутной соли ( $Hg_2SO_4$ ). Нормальный элементъ *Флеминга*, мѣдно-цинковый, съ растворомъ мѣднаго купороса и цинковаго купороса опредѣленной, всегда постоянной плотности. Нормальный элементъ *лондонскаго почтово-телеграфнаго ведомства*, мѣдноцинковый, съ растворомъ цинковаго купороса и кристаллами мѣднаго купороса при мѣди весьма пригоденъ. Электровозбудительную силу элемента Флеминга, см. таблицку въ концѣ статьи.

*Вторичные элементы или аккумуляторы* ведутъ происхожденіе отъ вторичныхъ столбовъ Риттера (см. Гальванизмъ, стр. 4), въ продолженіе 50 лѣтъ оставшихся безъ особеннаго вниманія. Столбъ Риттера, состоявшій изъ мѣдныхъ пластинокъ, погруженныхъ въ нѣкоторую жидкость, послѣ дѣйствія на него вольтова столба, становился поляризованнымъ и послѣ этого самъ могъ образовывать токъ, котораго направленіе было противоположно первичному току. Въ 1859 г. Планте устроилъ элементъ, состоявшій изъ двухъ свинцовыхъ листовъ, свернутыхъ спирально на подобіе дефлагратора Гаре, безъ взаимнаго металлическаго соприкосновенія и погруженныхъ въ слабую сѣрную кислоту. Соединявъ одинъ свинцовый листъ съ анодомъ (положительнымъ полюсомъ), а другой съ катодомъ батареи по меньшей мѣрѣ изъ 2 эл. Бунзена или Потенддорфа, соединенныхъ послѣдовательно, и пропуская такимъ образомъ токъ, идущій въ жидкости отъ свинца къ свинцу, вызывающій тѣмъ отдѣленіе кислорода на свинцовой пластинкѣ, соединенной съ анодомъ и водорода на листѣ, соединенномъ съ катодомъ. На анодной пластинкѣ образуется слой свинцовой перекиси, тогда какъ катодная совершенно очищается отъ окисловъ. Въ слѣдствіе разнородности пластинокъ они образуютъ пары съ большою электровозбудительной силой, дающей токъ, по направленію противоположный прежнему. Большая возбудительная сила, развивающаяся во вторичномъ элементѣ, и направленная противоположно возбудительной силѣ первичной батареи, и есть причина требованія, чтобы послѣдняя превосходила первую. Два элем. Потенддорфа, соединенные послѣдовательно, имѣютъ возбудительную силу около 4 вольтъ, а элементъ Планте лишь около 2½. Для заряженія 3 или 4 элем. Планте, соединенныхъ параллельно (см. далѣе гальван. батареи), собственно было бы

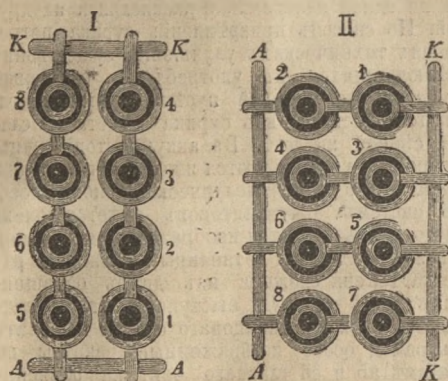
достаточно прежнихъ 2 элем. Потенддорфа, но дѣйствіе ихъ было бы очень медленно для окисленія такой большой поверхности свинца; поэтому для одновременнаго заряженія, напр., 12 элем. Планте, соединенныхъ параллельно, нужно дѣйствіе 3—4 эл. Бунзена съ возбудительной силой 6—8 вольтъ въ продолженіе нѣсколькихъ часовъ. Заряженные элем. Планте, соединенные послѣдовательно, развиваютъ электровозбудительную силу въ 24 вольтъ и производятъ большее, напр., накаливаніе, чѣмъ заряжающая батарея, но зато дѣйствіе вторичной батареи будетъ кратковременнѣе. Количество электричества, приведеннаго въ движеніе вторичной батареей, не болѣе количества прошедшаго чрезъ нее электричества отъ первичной батареи, но, будучи пропущено чрезъ вѣтвистые проводники при большей напряженности или разности потенциаловъ, издерживается въ болѣе короткое время.

Элементы Планте послѣ различныхъ практическихъ улучшеній получили названіе аккумуляторовъ. Въ 1880 г. Форъ придумалъ покрывать свинцовыя пластинки слоемъ сурика, т. е. готоваго свинцоваго окисла, который отъ дѣйствія первичнаго тока еще болѣе окислялся на одной пластинкѣ и раскислялся на другой. Но способъ прикрѣпленія сурика потребовалъ техническихъ улучшеній, существенно заключавшихся въ употребленіи свинцовой рѣшетки, въ которой пустыя кѣтки наполняются тѣстомъ изъ сурика и глета на слабой сѣрной кислотѣ. Въ аккумуляторѣ Финч-Джеральда употребляются плитки изъ окисловъ свинца безъ всякой меллической основы; вообще системѣ аккумуляторовъ имѣется очень много и здѣсь дается изображеніе лишь одной изъ лучшихъ (фиг. 7 таблицъ). Свинцовая рѣшетка Гагена сложена изъ двухъ обращенныхъ другъ къ другу выступами, что препятствуетъ кускамъ свинцоваго окисла выпадать изъ рамы; особо изображенные разрывы по линіямъ аb и cd главнаго чертежа объясняютъ устройство этой рамы. Одна рама заполняется сурикомъ, другая глетомъ (низшая степень окисленія свинца). Нечетное число, обыкновенно пять или семь, пластинокъ соединяется на подобіе того, какъ объяснено при черт. 2; въ первомъ случаѣ 3, во второмъ 4 покрыты глетомъ. Изъ русскихъ техниковъ принесли пользу устройству аккумуляторовъ Яблочковъ и Хотинскій. Эти вторичные элементы, представляющіе одно техническое неудобство—очень большой вѣсъ, получили разнообразныя техническія примѣненія, между прочимъ, къ домашнему электрическому освѣщенію въ тѣхъ случаяхъ, когда нельзя пользоваться прямо токомъ динамомашинъ для этой цѣли. Аккумуляторы, заряженные въ одномъ мѣстѣ, могутъ быть перевезены въ другое. Ихъ заряжаютъ теперь не первичными элементами, а динамомашинами, съ соблюденіемъ нѣкоторыхъ специальныхъ правилъ (см. Динамомашинны, Электрическое освѣщеніе).

*Составленіе гальваническихъ батарей.* Батарея составляется изъ элементовъ тремя способами: 1) послѣдовательнымъ соединеніемъ, 2) параллельнымъ соединеніемъ, 3) сложнымъ изъ обоихъ предыдущихъ. На фиг. 1 таблицы



изображено послѣдовательное соединеніе 3 элементовъ Давіаля: цинкъ первой пары, считая справа, соединенъ мѣдной лентой съ мѣдью второй пары, цинкъ второй пары—съ мѣдью третьей. Свободный конецъ мѣды первой пары есть анодъ, или положительный полюсъ батареи; свободный конецъ третьей пары есть катодъ или отрицательный полюсъ батареи. Для параллельнаго соединенія этихъ же элементовъ надо всѣ цинки соединить между собою металлическими лентами, и всѣ мѣдные листы соединить лентами или проволоками въ одно отдѣльное отъ цинковъ цѣлое; сложная цинковая поверхность будетъ катодомъ, сложная мѣдная—анодомъ. Дѣйствіе такой батареи одинаково съ дѣйствіемъ одного элемента, который имѣлъ бы поверхность втрое большую, чѣмъ единичный элементъ батареи. Наконецъ третій способъ соединенія можетъ быть приложенъ не менѣе какъ къ 4 элементамъ. Соединяя ихъ по двое параллельно, получимъ два сложныхъ анода и такихъ же два катода; соединяя первый сложный анодъ со вторымъ сложнымъ катодомъ, получимъ батарею изъ двухъ элементовъ удвоенной поверхности. На черт. 3 текста изображены два различныхъ



Чертежъ 3.

сложныхъ соединенія изъ 8 элементовъ, представленныхъ каждый двумя концентрическими кольцами, раздѣленными черными промежутками. Не входя въ подробности, замѣтимъ, что по внѣшности способъ составленія этихъ батарей отличается отъ только что описанныхъ. Въ (I) по 4 элемента соединены послѣдовательно, но съ одного конца два крайнихъ цинка соединены металлической полоской КК, а съ противоположнаго двѣ крайнія мѣдные пластинки соединены пластинкой АА, которая и есть анодъ, тогда какъ КК—катодъ сложной батареи, равносильной послѣдовательно соединеннымъ 4 элементамъ удвоенной поверхности. На чертежѣ 3 (II) изображена батарея, равносильная послѣдовательно соединеннымъ двумъ элементамъ учетверенной поверхности. Случай, когда нужны батареи, опредѣленнымъ образомъ составленныя, совершенно выясняются формулою Ома (гальваническій токъ) при соблюденіи проститекающаго изъ нея правила, что для полученія наилучшаго дѣйствія на какойнибудь проводникъ даннымъ чи-

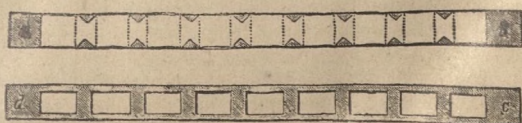
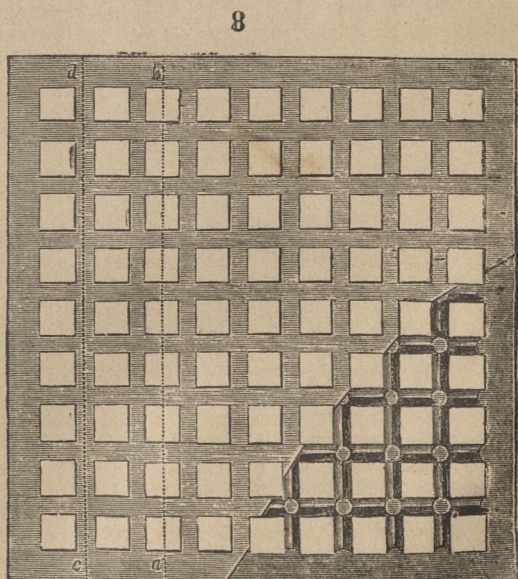
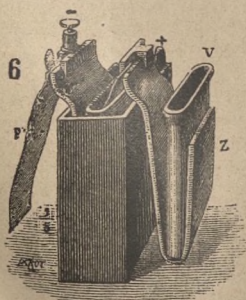
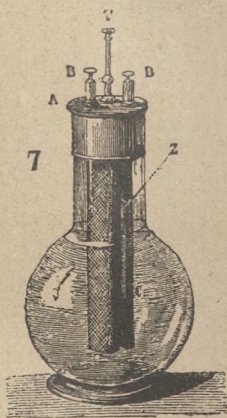
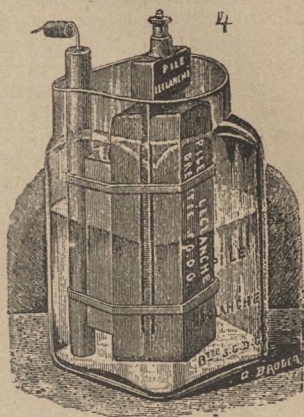
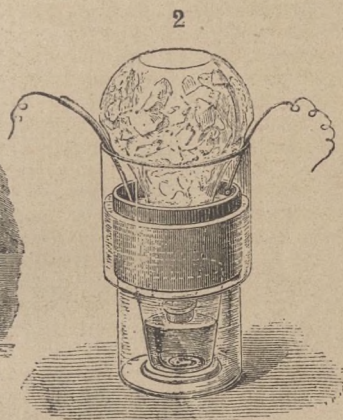
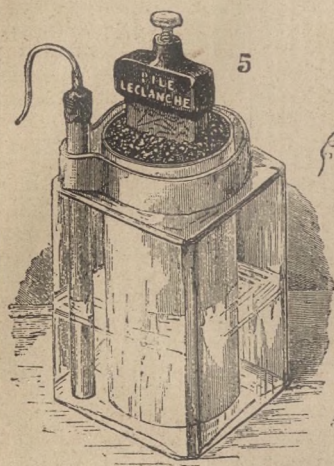
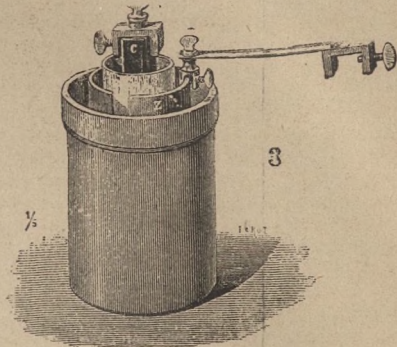
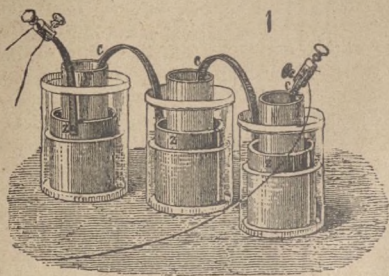
слонъ гальваническихъ элементовъ надо изъ нихъ составить батарею такимъ образомъ, чтобы внутреннее ея сопротивленіе было равно сопротивленію внѣшняго проводника или по крайней мѣрѣ по возможности къ нему приближалось. Къ этому надо еще прибавить, что при послѣдовательномъ соединеніи внутреннее сопротивленіе возрастаетъ пропорционально числу соединенныхъ паръ, а при параллельномъ сопротивленіи, напротивъ, уменьшается пропорционально этому числу. Поэтому на телеграфныхъ линіяхъ, представляющихъ большое сопротивленіе гальваническому току, батареи состоятъ изъ послѣдовательно соединенныхъ элементовъ; въ хирургическихъ операціяхъ (гальванокаустика) нужна батарея изъ параллельно соединенныхъ элементовъ. Изображенная на черт. 3 (I) батарея представляетъ наилучшее соединеніе изъ 8 элементовъ для дѣйствія на внѣшнее сопротивленіе, которое вдвое больше внутренняго сопротивленія единичнаго элемента. Если бы внѣшнее сопротивленіе было вчетверо меньше, чѣмъ въ первомъ случаѣ, то батарея надо дать видъ черт. 3 (II). Это слѣдуетъ изъ расчетовъ по формулѣ Ома \*).

Сравненіе гальваническихъ элементовъ между собою. Замѣчанія, сюда относящіяся, были отчасти приведены при описаніи элементовъ. Достоинство гальваническаго элемента измѣняется силою тока, имъ развиваемаго, и продолжительностью его дѣйствія, а именно произведеніемъ первой величины на другую. Если принять за единицу силы тока амперъ (см. Гальваническій токъ), а за единицу времени—часъ, то можно измѣрять работоспособность гальваническаго элемента амперъ-часами. Напримѣръ, аккумуляторы, смотря по размѣрамъ, могутъ дать отъ 40 до 90 амперъ-часовъ. О способахъ измѣренія работы, доставляемой электрическимъ токомъ, эквивалентной работѣ, такъ называемой, паровой лошади въ продолженіе одного часа—см. Работа, Энергія электрическаго тока.

Стоимость устройства и пользованія батареею имѣетъ большое значеніе въ техническихъ вопросахъ. Почти во всѣхъ лучшихъ элементахъ употребляется цинкъ, который во время дѣйствія элемента окисляется и растворяется въ количествѣ эквивалентномъ количеству электричества, протекающему въ это время по проводникамъ, т. е. силѣ тока. Но цинкъ расходуется также отъ внутреннихъ мѣстныхъ чисто химическихъ дѣйствій какъ при замкнутой, такъ и при разомкнутой, т. е. не дающей тока батарее. Поэтому опредѣленіе практической стоимости нѣкоторой работы гальваническаго тока весьма сложно, завися, между прочимъ, отъ степени непрерывности работы. Всѣ эти вопросы, которыхъ разсмотрѣніе очень полезно, отнесены къ статьѣ Работа, Энергія электрическаго тока; здѣсь же дается лишь таблица электровозбудительныхъ силъ нѣкоторыхъ изъ Г. элементовъ, опи-

\* Объ элементахъ и батареяхъ см. сочиненіе Niodet (въ русск. перев. Д. Голова—«Электрическіе элементы», 1891); также подробно: «Die galvanischen Batterien», Nauck, 1883. Статьи въ журналѣ «Электричество», 1891 и 1892 гг.





\*) Объясненіе см. въ текстѣ.



санныхъ въ настоящей статьѣ, какъ одинъ изъ факторовъ, опредѣляющихъ достоинство элементовъ; сопротивленія же элементовъ, какъ зависящія отъ размѣровъ пластинокъ, величины погруженной части ихъ въ жидкость, отъ качества глиняныхъ банокъ въ элементахъ, гдѣ таковыя содержатся, представляютъ величины, имѣющія опредѣленное значеніе лишь въ конкретныхъ частныхъ случаяхъ. Электровозбудительныя силы не зависятъ отъ размѣровъ элементовъ, но зависятъ отъ крѣпости кислоты и

степени насыщенности солей, въ которыя погружены однѣ и тѣ же пластинки. Поэтому въ таблицѣ приведены относящіяся сюда, гдѣ можно, опредѣленные данныя; сначала приводится названіе элемента, потомъ названы металлъ и жидкость, въ которую онъ погруженъ, затѣмъ вторая жидкость и наконецъ металлъ, въ нее погруженный. Возбудительная сила показана въ вольтахъ (см. это сл. и Электро-возбудительная сила). Составъ жидкостей опредѣляется числомъ вѣсовыхъ частей:

Даниель.	Амалг.	цинкѣ.	(1 ч. сѣрной кисл.) (4 ч. воды.)	(насыщен. раств.) (мѣдн. купороса.)	мѣдь . . . .	1,079
»	»	»	(1 ч. сѣрной кисл.) (12 ч. воды.)	»	» . . . .	0,978
»	»	»	(1 ч. повар. соли) (4 ч. воды.)	»	» . . . .	1,060
Грове	»	»	(1 ч. сѣрной кисл.) (4 ч. воды.)	(дымящаяся азотн. кислота.)	платина . . .	1,956
»	»	»	(1 ч. сѣрной кисл.) (12 ч. воды.)	(азотн. кисл.) (относит. в. = 1,33)	» . . .	1,810
Бунзенъ	»	»	(развед. сѣрн. кисл.)	(азотн. кислота.)	уголь . . . .	1,734
Понендорфъ	»	»	»	(хромовая жидк.)	» . . .	1,796—2,028
Маріе Деви	»	»	(1 ч. сѣрной кисл.) (12 ч. воды.)	(тѣсто изъ сѣрнок. закиси ртути.)	» . . . .	1,524
Лекланше	»	»	(насыщен. раств.) нашатыря	(перекись марг.)	» . . . .	1,481 *)
Деларю	»	»	»	(хлористое сер.)	серебро . . .	1,059
Нюде	»	»	(раств. 25 ч. пов. соли въ 100 ч. в.)	(хлорная известь.)	уголь . . . .	1,650
Норм. элем. Флеминга	Цинкѣ въ раств. цинк. куп. относ. в. 1,2; мѣдь въ раств. м. куп. относ. в. 1,2; темп. 15° Ц. . . . . 1,102					
Цинкѣ въ раств. цинк. куп. относ. в. 1,4; мѣдь въ раств. м. куп. относ. в. 1,2; темп. 15° Ц. . . . . 1,072						
Ө. Петрушевскій.						

**Гальваническій токъ**—явленіе, какое происходитъ, когда два полюса гальваническаго элемента (или батареи изъ нихъ) соединяются другъ съ другомъ при посредствѣ какого-либо проводника электричества. Гальваническій токъ представляетъ собою лишь частный случай вообще явленія электрическаго тока. По отношенію къ электричеству всѣ тѣла природы раздѣляются на двѣ категории: тѣла, проводящія электричество, проводники, и тѣла непроводящія электричество — изоляторы или діэлектрики. Свойство тѣла проводить электричество выражается въ томъ, что при соединеніи помощью испытуемаго тѣла другъ съ другомъ двухъ другихъ тѣлъ, изъ которыхъ одно наэлектризовано, а другое нѣтъ, въ одномъ случаѣ тѣло, раньше не наэлектризованное, становится наэлектризованнымъ, электрическое состояніе передается ему отъ другого, наэлектризованнаго, причемъ ослабляется электрическое состояніе послѣдняго; въ другомъ случаѣ не замѣчается при этомъ измѣненія въ состояніи обоихъ тѣлъ, не наэлектризованное предварительно тѣло остается безъ признаковъ электризаціи и послѣ такого соединенія. Всѣ металлы, графитъ, коксъ, обыкновенная вода, растворы въ ней солей, кислотъ—все это проводники электричества. Различныя смолы, каучукъ, шелкъ,

стекло, сѣра, парафинъ, воскъ, весьма многіе минералы, органическія соединенія, наконецъ газы при обыкновенной упругости — представляютъ собою тѣла, непроводящія электричество \*\*). При соединеніи другъ съ другомъ помощью проводника двухъ какихъ-нибудь проводящихъ тѣлъ, различно наэлектризованныхъ (одно изъ нихъ можетъ быть совсѣмъ не наэлектризовано, можетъ быть сама земля), т. е. оказывающихъ неодинаковыя дѣйствія на присоединяемый къ нимъ электроскопъ или электрометръ, имѣющихъ, точнѣе говоря, неодинаковые электрическіе потенциалы (см. Потенціалъ), эти тѣла приходятъ въ близко одинаковое электрическое состояніе \*\*\*) , а вмѣстѣ съ этимъ въ соединяющемъ ихъ проводникѣ происходитъ особое явленіе, сопровождающееся дѣльмъ рядомъ разнообразныхъ дѣйствій. Проводникъ нагревается, и это

\*) Возбудительная сила въ началѣ дѣйствія.

\*\*) Нужно замѣтить, однако, что нѣтъ абсолютныхъ непроводниковъ электричества. Всѣ тѣла, называемыя непроводниками, взятые въ тонкомъ слое, до нѣкоторой степени проводятъ электричество и при обыкновенныхъ условіяхъ, безъ нагреванія (см. дальше).

\*\*\*) Электрическія состоянія, точнѣе — потенциалы двухъ различно наэлектризованныхъ тѣлъ, дѣлаются равными при соединеніи этихъ тѣлъ проводникомъ въ томъ случаѣ, когда эти тѣла химически и физически имѣли одинаковыя.



особенно рѣзко замѣчается, когда такимъ проводникомъ берется очень тонкая проволока; послѣдняя можетъ даже вполне разрушиться, обратившись въ мелкій порошокъ (для этого необходима лишь очень сильная электризація одного изъ соединяемыхъ тѣлъ); этотъ проводникъ дѣйствуетъ на находящуюся вблизи магнитную стрѣлку, какъ бы сообщаетъ ей толчокъ; если соединеніе различнаго наэлектризованныхъ тѣлъ дѣлается одновременно при посредствѣ твердыхъ и жидкихъ веществъ, можетъ случиться, что на границахъ, отдѣляющихъ твердые тѣла отъ жидкихъ, будутъ замѣнены продукты химическаго разложенія жидкостей; этотъ проводникъ, наконецъ, въ другомъ соосѣдномъ съ нимъ проводникѣ вызываетъ явленіе, вполне подобное тому, какое происходитъ въ немъ самомъ. Такое явленіе въ проводникѣ и носитъ названіе электрическаго тока. Оно выражается въ измѣненіяхъ состоянія самого проводника (внутреннія дѣйствія тока) и также въ дѣйствіяхъ внѣ его (внѣшнія дѣйствія тока). По существовавшему въ прежнее время предположенію присутствія въ тѣлахъ особыхъ электрическихъ жидкостей, какъ причины, вызывающей въ нихъ электризацію, электрический токъ принимался за теченіе этой жидкости изъ одного тѣла въ другое (отсюда и названіе токъ) и направленіе, въ какомъ допускалось перемѣщеніе положительнаго электричества, считалось за направленіе самого тока. При сказанныхъ условіяхъ, т. е. при соединеніи проводникомъ двухъ тѣлъ, предварительно наэлектризованныхъ не въ одинаковой степени, электрический токъ въ проводникѣ ограничивается лишь очень короткимъ промежуткомъ времени, измѣряющимся весьма малою долей секунды. Но подобное явленіе возможно удержать и произвольно долгое время; для этого необходимо только сохранять все это время электрическія состоянія обоихъ тѣлъ неодинаковыми. Простая электрическая машина даетъ къ этому средства. Пока поддерживается такую машиною различіе въ электрическомъ состояніи двухъ проводящихъ тѣлъ, въ проводникѣ, соединяющемъ ихъ, продолжается существованіе электрическаго тока. Въ проводникѣ непрерывно выдѣляется теплота; магнитная стрѣлка, помѣщенная на вертикальной оси вблизи такого проводника (подъ нимъ или надъ нимъ) и въ своемъ положеніи равновѣсія подѣ дѣйствіемъ земнаго магнетизма, когда въ проводникѣ нѣтъ тока, параллельная ему, удерживается отклоненною на нѣкоторый уголъ отъ этого положенія (плоскости магнитнаго меридіана); въ жидкости, составляющей часть всего проводника, соединяющаго тѣла, наблюдается химическое разложеніе; продукты этого разложенія выдѣляются на границахъ, отдѣляющихъ твердыя части проводника отъ жидкости; проводникъ притягиваетъ или отталкиваетъ другой проводникъ, въ которомъ также поддерживается электрический токъ. Такимъ образомъ выдѣленіе теплоты въ проводникѣ, отклоненіе магнитной стрѣлки изъ ея естественнаго положенія, химическое разложеніе проводящей жидкости (электролизъ), притяженіе или отталкиваніе другого проводника также съ токомъ

(явленія электродинамическія)—вотъ *наибольше* характерныя дѣйствія, вызываемыя явленіемъ электрическаго тока. Къ этому нужно прибавить еще намагничиваніе, какое получается въ стальной или желѣзной иглѣ, если помѣстить послѣднюю въ катушку, сдѣланную изъ обмотанной шелкомъ или бумагой проволоки и пропустить чрезъ эту проволоку электрический токъ, а также возбужденіе электрическаго тока въ соосѣдномъ, отдѣленномъ непроводящею средою, другомъ проводникѣ въ моментъ появленія или исчезновенія тока въ разсматриваемомъ. Всѣ упомянутыя дѣйствія тока при употребленіи электрической машины для сохраненія постояннаго различія между электрическими состояніями двухъ тѣлъ, между которыми въ проводникѣ получается такой токъ, будутъ вообще очень слабыя. Говорятъ, что сила электрическаго тока въ проводникѣ въ этомъ случаѣ мала. Эти дѣйствія получаются значительно сильнѣе, если взять гальваническій элементъ (или, лучше, батарею изъ нѣсколькихъ элементовъ) и соединитъ подобнымъ же проводникомъ оба полюса. На этихъ полюсахъ, пока нѣтъ соединительнаго проводника, пока элементъ, какъ говорятъ, разомкнутъ и тщательно изолированъ, наблюдается различная по знаку электризація. Электроскопъ обнаруживаетъ положительное электричество на одномъ полюсѣ и отрицательное на другомъ. Электрометръ даетъ величины потенциаловъ на томъ и другомъ полюсѣ вообще близко равныя, но противоположныя по знаку. Такимъ образомъ получается нѣкоторая разность потенциаловъ на обоихъ полюсахъ, которая остается безъ измѣненія и въ томъ случаѣ, когда съ полюсами элемента соединяются какія-нибудь другія проводящія тѣла или одинъ изъ полюсовъ элемента проводникомъ соединяется съ землею. Пока элементъ не замкнутъ, наблюдаемая на его полюсахъ разность потенциаловъ зависитъ исключительно отъ состава элемента, температуры его и въ незначительной степени отъ давленія окружающей элементъ среды. Послѣднее, впрочемъ, обнаруживается только при значительномъ существенномъ измѣненіи упругости этой среды. Эта разность потенциаловъ не мѣняется при сохраненіи состава элемента съ измѣненіемъ формы и размѣровъ его. Когда полюсы элемента соединены другъ съ другомъ при посредствѣ какого-либо проводника (элементъ, какъ говорятъ, замкнутъ этимъ проводникомъ), они остаются попрежнему различно наэлектризованными. Электрометръ обнаруживаетъ и теперь разность потенциаловъ между ними. Эта разность потенциаловъ, однако, иная, чѣмъ тогда, когда элементъ разомкнутъ. Она измѣняется, кромѣ того, вмѣстѣ съ измѣненіемъ проводника, соединяющаго собою полюсы. Итакъ, въ проводникѣ, соединяющемъ полюсы, долженъ явиться электрический токъ. Этотъ-то токъ и носитъ названіе *тока гальваническаго*. По всѣмъ своимъ свойствамъ *качественно* онъ ничѣмъ не отличается отъ вышеупомянутаго тока электрическаго. Да и по существу явленіе гальваническаго тока одинаково съ явленіемъ тока между двумя, различно электризуемыми электрическою маши-



ною, тѣлами. Здѣсь также полюсы элемента непрерывно поддерживаются наэлектризованными, одинъ положительно, другой отрицательно, производитъ лишь послѣднее не дѣйствіемъ посторонней машины, а постоянно происходящими при этомъ химическими соединеніями тѣлъ, входящихъ въ составъ элемента. Гальваническій токъ наблюдается не только въ проводникѣ (обыкновенно въ видѣ проволоки или столбовъ жидкости), соединяющемъ полюсы элемента (внѣшняя часть цѣпи), онъ существуетъ и проявляетъ всѣ свои дѣйствія и въ жидкостяхъ самого элемента (внутренняя часть цѣпи). Если въ проволоку между полюсами элемента Вульстена (мѣдь и цинкъ въ подкисленной водѣ) токъ имѣетъ направленіе отъ мѣди къ цинку \*), то въ водѣ внутри этого элемента онъ направляется отъ цинка къ мѣди. Г. токъ, такимъ образомъ, образуетъ собою замкнутое кольцо (замкнутую цѣпь), идя отъ одного полюса элемента къ другому чрезъ внѣшній проводникъ и продолжая свой путь внутри элемента чрезъ его жидкость отъ этого второго полюса къ первому. Съ точки зрѣнія теоріи двухъ электрическихъ жидкостей обратное направленіе электрическаго теченія между полюсами внутри элемента, сравнительно съ направленіемъ движенія электричества во внѣшнемъ проводникѣ, объясняется непрерывно происходящимъ вслѣдствіе химическихъ дѣйствій въ элементѣ разединеніемъ двухъ электрическихъ въ каждой частицѣ жидкости, которыя соединяются затѣмъ съ противоположными жидкостями въ сосѣднихъ съ этою частицахъ и, наконецъ, отъ частицъ, прилегающихъ къ полюсамъ, сообщаются этимъ послѣднимъ; при чемъ каждый полюсъ получаетъ лишь одно электричество. Явленіе гальваническаго тока, а вмѣстѣ съ этимъ химическія соединенія и распадѣнія внутри элемента существуютъ, пока полюсы элемента соединены проводникомъ. То и другое прекращается тотчасъ, какъ только будетъ нарушено соединеніе полюсовъ проводникомъ или внѣшній проводникъ будетъ раздѣленъ поперекъ тока какимъ либо непроводящимъ электричество веществомъ.

Замѣтимъ прежде всего весьма важное положеніе, выведенное теоретически и подтвержденное путемъ опытныхъ изслѣдованій. Какъ уже сказано, существованіе тока отъ элемента обязано непрерывно поддерживающейся разности электрическихъ потенциаловъ на полюсахъ элемента. Послѣднее же вызывается непрерывно происходящими химическими дѣйствіями внутри самого элемента. Если вычислить на основаніи данныхъ термохиміи все количество тепла, какое должно выдѣляться вслѣдствіе такихъ химическихъ дѣйствій (комбинація тѣлъ только тогда и составляетъ элементъ, т. е. можетъ дать токъ, когда химическія дѣйствія, происходящія между этими тѣлами, даютъ въ результатъ выдѣленіе тепла), осмолженныя измѣненіями и физичес-

кихъ свойствъ тѣлъ, составляющихъ элементъ, когда внутри его произойдетъ извѣстное по количеству химическое соединеніе и затѣмъ наблюдаютъ, что происходитъ на самомъ дѣлѣ, когда элементъ замкнутъ и химическія реакціи въ немъ существуютъ, — окажется, что внутри элемента, при образованіи подобнаго по количеству химическаго соединенія, не образуется столько тепла. Теплоты внутри элемента получается вообще меньше. Но, если опредѣлить вмѣстѣ съ этимъ и то тепло, какое развивается за это время во внѣшней части цѣпи, сумма количествъ обоихъ теплотъ получается равной количеству теплоты, вычисленному по даннымъ термохиміи. При этомъ, однако, прохожденіе тока по внѣшней части цѣпи не должно сопровождаться приведеніемъ въ движеніе токомъ какого-либо механизма, совершающаго работу (электродвигателя), или же разложеніемъ какой-либо жидкости, помѣщенной въ этой внѣшней части цѣпи. Въ двухъ послѣднихъ случаяхъ вычисленная, по даннымъ термохиміи, теплота получается по количеству больше, чѣмъ теплота, наблюдаемая во всей цѣпи. Разность между двумя этими количествами оказывается равною количеству тепла, эквивалентному совершенной токомъ работѣ. Мы имѣемъ здѣсь подтвержденіе закона сохраненія энергіи. Итакъ, электрическій токъ, образующійся въ цѣпи отъ какого-либо элемента, разноситъ по всей цѣпи тепло (часть его можетъ преобразовываться въ работу), какое должно было бы получиться внутри элемента на счетъ химическихъ дѣйствій, въ немъ происходящихъ.

Болѣе или менѣе сильныя дѣйствія тока опредѣляютъ большую или меньшую силу его. Сила тока, такимъ образомъ, — количественная характеристика тока въ отношеніи тѣхъ явленій, какія могутъ быть вызваны имъ. Но можетъ быть дано и иное опредѣленіе силы тока, соответствующее теоріи электрическихъ жидкостей. *Сила тока есть количество электричества, протекающаго по расчету въ единицу времени чрезъ поперечное сѣченіе цѣпи.* Это количество для всякаго поперечнаго сѣченія цѣпи, если только току представляется одинъ путь (внѣшняя часть цѣпи безъ развѣтвленій), должно быть одно и то же. Иначе происходило бы въ отдѣльныхъ мѣстахъ проводника непрерывное накопленіе электричества. Путемъ опыта, наблюдая дѣйствіе тока на магнитную стрѣлку, можно также убѣдиться, что сила тока во всѣхъ частяхъ неразвѣтвленной цѣпи одна и та же. Изученіе различныхъ дѣйствій тока приводитъ къ заключенію, что между всѣми этими дѣйствіями существуетъ соответствіе. Пропуская токъ чрезъ какой либо проводникъ, находящійся вблизи магнитной стрѣлки (лучше, если за такой проводникъ будетъ взята плоская катушка изъ изолированной проволоки, помѣщенная своими оборотами въ вертикальной плоскости, параллельной съ плоскостью, въ которой устанавливается вращающаяся на вертикальной оси магнитная стрѣлка подъ дѣйствіемъ земного магнетизма, т. е. будетъ взята гальванометръ) и одновременно чрезъ сосудъ съ жидкостью, продукты разложенія которой отъ дѣйствія тока могутъ быть количественно

\*) Направленіе тока легче всего опредѣляется по отклоненію токомъ сѣвернаго конца магнитной стрѣлки на основаніи правила Ампера: для наблюдателя, вообразившаго себя влѣзшимъ по направленію тока съ лѣвою, обращеннымъ къ сѣверному полюсу стрѣлки, отклоненіе сѣвернаго конца этой стрѣлки будетъ казаться вѣрно.



определены (вольтметр), можно заметить, что количество жидкости, разлагаемой в определенный промежуток времени, и сила, с какою взятый проводник действует на магнитную стрелку, стремясь отклонить последнюю из ее положения равновесия (из плоскости магнитного меридиана), при различных токах, строго пропорциональны друг к другу. Если, кроме того, определять количество теплоты, выделяемой в какойнибудь части цепи, всегда состоящей из одного и того же проводника, то окажется, что при различных токах это количество теплоты, получаемое в определенное время, изменяется быстрее, чѣм действие тока на магнитную стрелку или количество разлагаемой им в это же время жидкости. Выделение тепла пропорционально квадрату величины, выражающей действие тока на магнитную стрелку и количество разлагающейся жидкости. Оба послѣднія действия, какъ показываютъ опыты, пропорциональны силѣ тока, определяемой количествомъ электричества, протекающего в единицу времени чрезъ поперечное сѣчение проводника. Выделение тепла в данномъ проводникѣ в известное время пропорционально, следовательно, квадрату силы тока.

На основаніи сказаннаго по каждому изъ упомянутыхъ трехъ различныхъ действий тока является возможность измѣрять его силу (см. Вольтметр, Гальванометръ, Калориметръ, Тепловые явления тока). Измѣрѣніе силы является возможнымъ еще и по действию, какое оказываетъ одна часть цепи на другую часть подвижную (см. Электродинамометръ). Это действие, какъ показали опыты Ампера, пропорционально квадрату силы тока.

За единицу силы тока в настоящее время обыкновенно принимается сила тока, выделяющаго изъ раствора азотно-серебряной соли в одну секунду 1,118 м. гр. серебра. Такая сила тока носитъ названіе *амперъ*. В теоріи электричества за единицу силы тока принимается сила в 10 разъ большая Ампера. Такая единица называется абсолютною электромагнитною единицею силы тока (см. Единицы).

Употребляющіеся на практикѣ токи весьма разнятся между собою по силѣ. Такъ, приводящіе в действие телеграфные аппараты токи измѣряются въ тысячныхъ доляхъ Ампера, еще значительно слабѣе токи телефонные; напротивъ, токи, распространяющіеся по главнымъ проводникамъ при электрическомъ освѣщеніи, нерѣдко достигаютъ тысячъ Амперовъ.

Измѣривъ силу тока, существующаго в какой-либо цепи элемента, и затѣмъ раздѣливъ внѣшнюю часть цепи поперекъ тока на двѣ части и помѣстивъ между этими частями какой-нибудь новый лишній проводникъ, мы замѣтимъ уменьшеніе силы тока. Итѣмъ, введеніе новаго проводника в существующую цепь сопровождается ослабленіемъ тока. Это ослабленіе тока будетъ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ длиннѣе вводимый в цепь проводникъ при томъ же веществѣ его и томъ же сѣченіи, или чѣмъ меньше его поперечное сѣченіе при той же длинѣ и томъ же веществѣ его. При одинаковыхъ размѣрахъ и формѣ проводниковъ ослабленіе тока, производимое помѣщеніемъ

ихъ в цепь, неодинаково для различныхъ веществъ, изъ которыхъ приготовлены эти проводники. Меньше всего произведетъ ослабленіе проводникъ изъ серебра, нѣсколько больше—изъ мѣди, еще больше—изъ желѣза, висмута и особенно значительное ослабленіе получается при введеніи в цепь столба жидкости. Такое уменьшеніе силы тока при помѣщеніи в цепь новаго проводника приписывается «гальваническому сопротивленію» послѣдняго. Сравненіе действий, оказываемыхъ на силу тока различными, вводимыми в цепь проводниками, даетъ возможность сравненія сопротивленій этихъ проводниковъ и выраженія сопротивленія какого-либо проводника в принятой единицѣ такого сопротивленія. Простая подстановка на мѣсто испытываемаго проводника другого, производящаго одинаковое ослабленіе тока, можетъ дать средство опредѣленія искомага сопротивленія. Такой способъ однако не надеженъ. Несравненно точнѣе достигается это при употребленіи во внѣшней части цепи системы расположенія проводниковъ, известной подъ названіемъ системы мостика Витстона (см. Мостикъ Витстона).

Опыты показываютъ, что величина сопротивления всякаго тѣла, имѣющаго форму цилиндра, бруска, каковаго-нибудь одного и того же по всей длинѣ сѣченія, или ленты, можетъ быть

выражено формулою  $r = \frac{l}{s} \rho$ . Здѣсь  $r$  сопротивление этого проводника,  $l$ —длина и  $s$ —поперечное сѣченіе его,  $\rho$ —относительное сопротивление вещества проводника, т. е. выраженное в принятой единицѣ сопротивление приготовленнаго изъ этого вещества бруска, имѣющаго единицу длины и единицу поперечнаго сѣченія. Сопротивленіе проводника, котораго поперечное сѣченіе не одинаково по всей длинѣ или которъ составленъ изъ нѣсколькихъ проводниковъ, различныхъ по веществамъ и соединенныхъ другъ съ другомъ своими концами, можетъ быть выражено суммою сопротивленій отдѣльныхъ частей, имѣющихъ одно и то же сѣченіе и состоящихъ изъ одного вещества.

Температура тѣла оказываетъ существенное вліяніе на величину его сопротивленія. В твердыхъ и жидкихъ проводникахъ, химически не разлагающихся на составныя части при прохожденіи по нимъ тока, за исключеніемъ всѣхъ сортовъ угля, кокса, графита и недавно приготовленнаго сплава, названнаго манганиномъ (этотъ сплавъ состоитъ изъ мѣди, 83%, никеля, 4%, и марганца, 13%), повышеніе температуры сопровождается увеличеніемъ сопротивленія. В графитѣ, коксѣ, углѣхъ и манганинѣ, напротивъ, увеличеніе температуры вызываетъ уменьшеніе сопротивленія\*). Особенно сильно это проявляется в графитѣ и коксѣ, въ манганинѣ же измѣненіе сопротивленія очень мало.

\*) В металлахъ уменьшеніе сопротивленія при охлажденіи происходитъ и при очень низкихъ температурахъ. По опытамъ Dewar и Fleming'a такое уменьшеніе сопротивления наблюдалось до—197° (температуры кипѣнія жидкаго кислорода подъ давленіемъ ртутнаго столба в 25 мм. высоты). Для чистыхъ металловъ сопротивленіе при абсолютномъ нулѣ температуры вычисляется близко равнымъ нулю. Уголь, напротивъ, и при такихъ охлажденіяхъ показываетъ увеличеніе сопротивленія.



Во всѣхъ жидкостяхъ и твердыхъ тѣлахъ, разлагающихся токомъ, увеличение температуры производить уменьшение сопротивленія. Такое же дѣйствіе оказываетъ нагреваніе и на тѣла, дурно проводящія электричество, такъ называемые изоляторы. Всѣ изоляторы, даже совсѣмъ не проводящіе электричества при обыкновенной температурѣ (какъ, напр., газы при обыкновенной упругости), являются проводниками, когда они нагрѣты до известнаго числа градусовъ. Вообще сопротивление тѣла при какой-нибудь температурѣ  $t$  можно выразить, въ зависимости отъ сопротивленія этого тѣла при  $0^\circ$ , формулою:  $r_t = r_0 (1 + \alpha t)$ . Здѣсь

$\alpha$  температурный коэффициентъ сопротивленія. Въ отношеніи гальваническаго сопротивленія весьма интереснымъ является селенъ въ кристаллическомъ состояніи. Такой селенъ является чувствительнымъ къ свѣту. Его сопротивление весьма значительно уменьшается при освѣщеніи. Свѣтъ дѣйствуетъ также и на сопротивление смѣси свѣры съ свѣрными соединеніями мѣди или серебра. Сопротивленіе такой смѣси тоже уменьшается при освѣщеніи. Весьма вѣроятно, что и въ селенѣ во время его нагреванія въ присутствіи мѣди образуются особые селеновые соединенія съ мѣдью, которыя и подвергаются измѣненіямъ при дѣйствіи свѣтовыхъ лучей. На сопротивление металловъ вліяетъ и намагничиваніе. Помѣщеніе металлическаго проводника въ магнитное поле сопровождается измѣненіемъ его сопротивленія. Особенно обнаруживается такое вліяніе магнитнаго поля на висмутъ.

За единицу сопротивленія въ настоящее время на практикѣ принимается омъ — сопротивленіе, оказываемое току ртутнымъ столбомъ въ 106 см. длиною при 1 кв. мм. сѣченія и при температурѣ  $0^\circ$ . Въ теоріи электричества за единицу сопротивленія принимается сопротивленіе въ  $10^9$  разъ меньшее, чѣмъ омъ. Последняя единица носитъ названіе абсолютной электромагнитной единицы сопротивленія.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ приведены относительныя сопротивленія нѣкоторыхъ веществъ, взятыхъ въ формѣ куба, ребро котораго равно 1 см. Величины сопротивленій даны въ миллионныхъ доляхъ ома (въ микроомахъ). Вмѣстѣ съ сопротивленіями приведены и температурные коэффициенты.

Серебро . . . при $0^\circ$	$\rho = 1,492$	$\alpha = +0,00377$
Мѣдь . . . »	1,584	+0,00338
Платина . . . »	8,981	+0,00247
Железо отожженое . . . при $0^\circ$	9,636	+0,00630
Нейзильберъ »	20,760	+0,00044
Ртуть . . . »	94,340	+0,00072
Сѣрная кислота + вода (уд. в. 1,21) при $18^\circ$ . . .	$0,83 \times 10^6$	—0,015
Обыкновен. вода	$135 \times 10^{10}$	—
Стекло при $200^\circ$	$227 \times 10^{11}$	—
Гуттаперча при $24^\circ$	$353 \times 10^{11}$	—
Уголь для электр. освѣщ. при $15^\circ$	$3,9 \times 10^3$	—0,00052.

Величина, обратная сопротивленію тѣла, т. е.

представляющая собою  $\frac{1}{r}$ , носить названіе проводимости этого тѣла. О проводимости жидкостей см. Гальванопробность, стр. 39.

Какъ уже замѣчено выше, газы, особенно при обыкновенномъ атмосферномъ давленіи, представляютъ собою наиболее совершенные изоляторы. Если раздѣлить внѣшнюю часть цѣпи поперекъ тока слоемъ газа, то даже при самой малой толщинѣ этого слоя не наблюдается совсѣмъ тока въ цѣпи. Токъ получается только въ томъ случаѣ, когда между отдѣльными газомъ концами проводниковъ образуется вольтова дуга. Слой газа, однако, является проводящимъ, и токъ въ цѣпи появляется при сильномъ нагреваніи газа. Недавнія изслѣдованія проф. А. Г. Столѣтова и Риги показали, что въ подобной цѣпи появляется токъ и при обыкновенной температурѣ газа въ слое, когда прилежащая къ нему оконечность проводника, на которой электризація отрицательная, освѣщается ультрафіолетовыми лучами свѣта.

При одной и той же внѣшней части цѣпи являющійся въ ней токъ измѣняется вмѣстѣ съ измѣненіемъ размѣровъ элементовъ и, главнымъ образомъ, вмѣстѣ съ измѣненіемъ состава ихъ. Итакъ, при одномъ и томъ же сопротивленіи внѣшнихъ проводниковъ сила тока въ цѣпи можетъ быть весьма различна. Если соединить начало и конецъ проводниковъ, составляющихъ внѣшнюю часть цѣпи, съ электрометромъ, способнымъ указывать разность потенциаловъ на двухъ тѣлахъ, послѣдній, какъ уже сказано, при прохожденіи тока обнаружитъ нѣкоторую разность потенциаловъ на обоихъ концахъ этой части цѣпи. При замѣнѣ одного элемента другимъ, иныхъ размѣровъ или много состава, эта разность потенциаловъ получается также иная. Если внѣшняя часть цѣпи вся состоитъ изъ проводниковъ, не разлагающихся дѣйствіемъ тока, то, измѣняя одновременно силу тока въ цѣпи и разность потенциаловъ на двухъ концахъ внѣшней части ея, мы найдемъ, что сила тока пропорциональна этой разности потенциаловъ. Если соединить съ электрометромъ начало и концъ любого проводника, помѣщеннаго во внѣшней части цѣпи, электрометръ укажетъ и на концахъ этого проводника разность потенциаловъ, когда въ цѣпи имѣется токъ. При измѣненіи источника тока, элемента или батареи (также равнымъ образомъ это относится и къ случаямъ возбужденія тока дѣйствіемъ электрическихъ или динамо-машинъ), протекающій чрезъ всякую однородную часть цѣпи токъ измѣняется, какъ показываютъ опыты, свою силу пропорціонально появляющейся на концахъ этой части цѣпи разности потенциаловъ. Если, обратно, удерживать разность потенциаловъ, указываемую электрометромъ, на концахъ проводника одною и тою же и мѣнять самый проводникъ, беря его съ различными сопротивлениями, сила тока въ проводникѣ будетъ также мѣняться. Сила тока получается всегда обратно пропорціонально сопротивленію проводника. На основаніи сказаннаго получается весьма важное соотношеніе между силой тока ( $J$ ), сопротивленіемъ однороднаго проводника ( $R$ ) и разностью потенциаловъ на двухъ концахъ этого проводника ( $V_1 - V_2$ ):



$$J = k \frac{V_1 - V_2}{R} \dots \dots (1)$$

Эта формула и выражает собою известный закон Ома, найденный имъ изъ разсмотрѣнія электрическаго тока въ проводникѣ по аналогіи съ распространеніемъ тепла въ тѣлѣ. Въмѣсто выраженія «разность потенциаловъ на концахъ проводника» Омъ употребилъ только терминъ «разность напряженій на концахъ проводника».

Условившись въ выборѣ соответствующихъ единицъ для силы тока и сопротивленія, можно положить въ формулѣ закона Ома коэффициентъ  $k = 1$ . Тогда для всякаго однороднаго, не разлагающагося токомъ, проводника, получится

$$J = \frac{V_1 - V_2}{R} \dots \dots (2),$$

откуда слѣдуетъ, что разность потенциаловъ на концахъ такого проводника будетъ:  $V_1 - V_2 = RJ$ , и эта разность потенциаловъ должна быть приравнена единицѣ, когда проводникъ имѣетъ сопротивленіе равное единицѣ и сила тока, проходящаго по немъ, также равна единицѣ. Принимая за единицу сопротивленія Омъ, за единицу силы тока Амперъ, получаемъ единицу для разности потенциаловъ называемую Вольтъ. Въ теоріи электричества соответственно абсолютнымъ электромагнитнымъ единицамъ сопротивленія и силы тока будетъ другая единица и для разности потенциаловъ. По формулѣ (2) легко видѣть, что такая единица въ  $10^8$  разъ меньше Волта.

Разность потенциаловъ на концахъ проводника очень часто называется электродвижущею силою, дѣйствующею въ такомъ проводникѣ.

Если разсматриваемый проводникъ во внѣшней части цѣпи представляетъ собою два не разлагающіяся токомъ вещества (напр., два одинаковыхъ металла), отдѣленныхъ другъ отъ друга веществами разлагающимися (напр., какою-нибудь проводящею жидкостью), или же состоятъ изъ нѣсколькихъ разнородныхъ (химически или даже физически) веществъ, не подверженныхъ разложенію, формула для силы тока получается нѣсколько сложнѣе. Въ этомъ случаѣ сила тока для такого составного проводника выражается въ зависимости отъ разности потенциаловъ на концахъ проводника и сопротивленія его чрезъ

$$J = \frac{(V_1 - V_2) - e}{R} \dots \dots (3).$$

Здѣсь  $e$  въ первомъ случаѣ представляетъ собою электродвижущую силу поляризаціи (см. Поляризація электр.), являющуюся въ комбинаціи упомянутыхъ выше неразлагающихся и разлагающихся тѣлъ; во второмъ случаѣ  $e$  выражаетъ собою сумму разностей потенциаловъ, наблюдаемыхъ въ мѣстахъ соприкосновенія разнородныхъ проводниковъ (явленіе Волта). Принимая во вниманіе послѣднее, болѣе общее выраженіе для силы тока въ отдѣльныхъ частяхъ цѣпи, возможно для замкнутой цѣпи, въ которой имѣется элементъ или батарея (тоже и для случая образованія тока динамо-машиню), представить силу тока формулою:

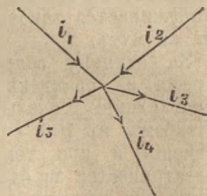
$$J = \frac{E - e}{R + r} \dots \dots (4).$$

Въ этой формулѣ  $E$ , такъ называемая электродвижущая сила источника тока—элемента или батареи (или динамо-машины), равняется разности потенциаловъ, наблюдаемой при разомкнутой цѣпи на полюсахъ элемента или батареи (или на зажимахъ въ динамо-машинѣ);  $e$ —электродвижущая сила поляризаціи, вызываемая токомъ во внѣшней части цѣпи,  $R$ —сопротивленіе этой части цѣпи и  $r$ —сопротивленіе внутренней части цѣпи. Когда внѣшняя часть цѣпи состоитъ исключительно изъ проводниковъ, не разлагающихся токомъ, величина  $e = 0$  и сила тока въ цѣпи представляется чрезъ

$$J = \frac{E}{R + r} \dots \dots (5).$$

Въ случаяхъ болѣе сложныхъ, когда проводники, составляющіе цѣпь, не представляютъ собою одно сомкнутое кольцо, но такъ соединены другъ съ другомъ, что образуютъ какъ бы сѣть, въ отдѣльныхъ частяхъ которой находятся источники тока, рѣшеніе задачи о нахожденіи силы тока въ каждой части этой сѣти получается на основаніи двухъ теоремъ Кирхгофа.

Теорема I. Если въ одномъ мѣстѣ пересѣкаются нѣсколько проводниковъ, то сумма силъ токовъ, притекающихъ по проводникамъ къ этому мѣсту, равна суммѣ силъ токовъ, утекающихъ отъ него  $i_1 + i_2 + \dots = i'_1 + i'_2 + i'_3 + \dots$ . Эта теорема, иначе, выражаетъ невозможность непрерывнаго накопленія электричества въ мѣстѣ пересѣченія проводниковъ (черт. 1).



Чертежъ 1

Теорема II. Въ каждомъ замкнутомъ контурѣ, выделенномъ изъ сѣти проводниковъ, алгебраическая сумма произведеній силъ токовъ въ различныхъ частяхъ этого контура на сопротивленія этихъ частей равна алгебраической суммѣ электродвижущихъ силъ источниковъ тока, находящихся въ частяхъ разсматриваемаго контура. При этомъ въ обѣихъ алгебраическихъ суммахъ принимается для разсматриваемой силы тока и электродвижущей силы знакъ  $+$  или  $-$ , смотря по направленію (относительно движенія часовой стрѣлки), какое имѣетъ данный токъ и по какому образованъ бы токъ отъ разсматриваемой электродвижущей силы.

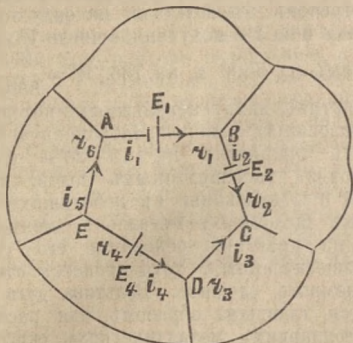
Чертежъ 2 изображаетъ сѣть проводниковъ. Приложимъ II теорему Кирхгофа къ замкнутому контуру въ этой сѣти  $ABCDE$ . Стрѣлки означаютъ направленія токовъ въ отдѣльныхъ частяхъ этого контура. Пусть большая поперечная линія въ мѣстахъ, въ которыхъ показанъ источникъ тока, соответствуетъ положительному полюсу этого источника; тогда по II теоремѣ:  $i_1 r_1 + i_2 r_2 - i_3 r_3 - i_4 r_4 + i_5 r_5 = E_1 + E_2 - E_3$ .

II теорема можетъ быть выведена какъ слѣдствіе формулы 3, примѣненной для всѣхъ отдѣльныхъ частей замкнутаго контура.

Нужно замѣтить, что приведенныя формулы



для силы тока относятся лишь къ случаямъ токовъ установившихся, т. е. не измѣняющихъ своей силы. Для токовъ, измѣняющихся по силѣ или для токовъ, мѣняющихъ свое направление (токи переменные), выраженіе силы получается нѣсколько иное; въ него входитъ кро-



Черт. 2.

мъ того, величина, характеризующая *самоиндукцію* рассматриваемого проводника (см. Индукція, Индукционный токъ).

Кромѣ вышеупомянутыхъ замѣчаются и другія дѣйствія тока. Подъ вліяніемъ прохожденія тока по проводнику въ иныхъ случаяхъ измѣняется структура этого проводника, измѣняются и размѣры его. Длина проволоки, по которой идетъ токъ, наблюдается иная, чѣмъ безъ тока и при той же температурѣ. Проходя по жидкости, находящейся въ тонкой стеклянной трубкѣ, токъ вызываетъ въ ней особые движенія. Сильный токъ, пропущенный по твердому проводнику, расплавляетъ и обращаетъ въ паръ вещество этого проводника. Всякое измѣненіе силы тока въ какомъ-либо проводникѣ сопровождается возникновеніемъ въ другомъ соедѣнномъ проводникѣ также электрическаго процесса (индукція); при этомъ въ послѣднемъ наблюдается или возбужденіе двухъ противоположныхъ по знаку электризаций (когда проводникъ не замкнуть) или же появленіе тока (когда проводникъ замкнуть). Подобное же явленіе происходитъ и при измѣненіи относительнаго положенія проводника съ токомъ и другого проводника безъ тока. Наконецъ, при пропусканіи тока чрезъ проволоку, намотанную въ видѣ правильной катушки, внутри которой помѣщено какое-либо прозрачное тѣло (все равно твердое, жидкое или газообразное), наблюдается дѣйствіе этого тока на поляризованный свѣтъ, проходящій сквозь это тѣло. Плоскость поляризации свѣта повертывается около направленія луча на нѣкоторый уголъ. Всѣ эти дѣйствія тщательно изучены и определены законы, управляющіе ими, но сама природа электрическаго тока до сихъ поръ еще вполне неизвѣстна. Не теченіе, конечно, электрическихъ жидкостей по проводнику составляетъ электрическій токъ. Это явленіе—механическое. Токъ, несомнѣнно, представляетъ собою какія-то движенія въ эфирѣ; но что это за движенія—пока мы не знаемъ. Весьма интересно ученіе о токѣ, выведенное англійскимъ физикомъ Поинтингомъ изъ началъ теоріи

Максвелля и имѣющее не мало сторонниковъ въ Англіи. По этому ученію при существованіи тока въ цѣпи не происходитъ въ самихъ проводникахъ никакого иного явленія, кромѣ выдѣленія тепла, самый электрическій процессъ, вызывающій всѣ дѣйствія, обыкновенно приписываемыя току въ проводникахъ, происходитъ на самомъ дѣлѣ въ окружающей изолирующей средѣ. Въ послѣдней возникаютъ особые движенія эѳира, преобразовывающіяся въ тепловые движенія матеріи внутри массы проводника. Проводникъ является, такимъ образомъ, разрушителемъ электрическихъ движеній. Самое распространеніе электрическихъ движеній происходитъ не по направленію проводника, а изъ окружающей среды перпендикулярно къ нему.

И. Борманъ.

**Гальваническое гравированіе**, или *гальваническое травленіе* заключается въ вытравленіи рисунка, сдѣланнаго игою на покрытой особымъ лакомъ мѣдной доскѣ, не крѣпкою водкою (офортъ), но при помощи гальваническаго тока. Доска съ рисункомъ помѣщается въ растворъ мѣднаго купороса, но соединяется проволокою не съ тѣмъ электродомъ, къ которому идетъ въ жидкости токъ, а съ тѣмъ, отъ котораго идетъ токъ. Въ первомъ случаѣ мѣдь осаждалась бы на доску съ рисункомъ, а при второмъ способѣ соединенія доски съ батареей растворяется мѣдь въ чертахъ рисунка, процарапаннаго игою сквозь лакъ до поверхности мѣдной доски и такимъ образомъ образуется углубленная гравюра. Сравненіе этого способа травленія съ обыкновеннымъ см. въ статьѣ Гравированіе. Для приготовленія выпуклыхъ гравюръ, которыя могутъ быть помѣщаемы въ текстъ и печатаемы обыкновеннымъ типографскимъ станкомъ, осаждаютъ гальванопластически мѣдь на рисунокъ, сдѣланный на мѣдной доскѣ прорѣзомъ восковаго или иного непроводящаго электричество слоя, на ней наложеннаго; рѣдко приложимый способъ.

Ө. П.

**Гальваногрaфія**—способъ воспроизведенія гальванопластикой рисунковъ, сдѣланныхъ въ слабой степени выпукло краскою на металлической поверхности. На такую доску осаждается гальваническимъ путемъ мѣдь, которая прежде всего покрываетъ части свободныя отъ краски, а потомъ мало-по-малу и самую краску, такъ что получается металлическая копія, представляющая вогнутый рисунокъ, съ котораго можно печатать. Этотъ способъ воспроизведенія рисунковъ, придуманный въ 1842 г. Кобеллемъ, имѣлъ мало приложеній.

**Гальвано**—сокращенное названіе гальванопластическаго (обыкновенно мѣднаго) клише, рисунковъ и чертежей для типографскаго печатанія.

**Гальванокаустика**—прижиганіе, разрушеніе и разъединеніе тканей помощью платиновой проволоки, накаленной гальваническимъ токомъ. Накаленная платиновая игла введена въ хирургическую технику для такъ наз. гальванопунктуры уже давно, но гальванокаустика обстоятельно разработана и распространена лишь Миддельдорфомъ въ 50—60 годахъ. Накаленная гальваническимъ токомъ



платиновая проволока съ большими успѣхомъ замѣняетъ ножъ и каленое желѣзо въ очень многихъ случаяхъ, имѣя прелъ ними рядъ преимуществъ: прижиганіе ткани можно дѣлать въ такихъ глубокихъ частяхъ, куда нельзя проникнуть, безъ значительнаго поврежденія, ножомъ или раскаленнымъ желѣзомъ; разрѣзываніе ткани происходитъ безъ кровотеченія; къ назначенному пункту проволока можетъ быть приложена холодной, а затѣмъ накалива на опредѣленный срокъ времени и вынута и удалена холодной и т. д. Накаленная гальваническимъ токомъ платин. проволока употребляется также для свертыванія крови въ сосудахъ, напр., при аневризмахъ. Проволока должна накаливаться гальваническимъ токомъ, возможно сильнымъ и равномернымъ, но употребляется иногда статическое электричество (электропунктура, см. Гальваническіе элементы, стр. 14). А. Л.—ий.

**Гальванометаллургія** (электрометаллургія) — искусство выдѣленія металловъ изъ солей, рудъ или сплавовъ, и очистки металловъ посредствомъ электролитическихъ и тепловыхъ дѣйствій гальваническаго тока (см. это сл.). Г. получила практическое примѣненіе и начала вытѣснять обычные химическіе процессы металлургіи лишь въ самое послѣднее время, благодаря появленію дешевыхъ и промышленныхъ источниковъ тока—динамо-электрическихъ машинъ. Преимущества Г. передъ химическими процессами состоятъ главнымъ образомъ въ чистотѣ получающихся продуктовъ и въ дешевизнѣ. Несмотря на значительное пока развитіе Г. ей можно предсказать значительную будущность, особенно въ Россіи, обладающей громадными минеральными богатствами. Гальванометаллургическіе процессы заключаются: 1) въ электролизѣ водныхъ растворовъ металлическихъ солей, или металлическихъ солей въ расплавленномъ видѣ, и 2) въ примѣненіи высокой температуры вольтовой дуги къ обыкновеннымъ металлургическимъ процессамъ; наибольшее примѣненіе въ Г. имѣетъ электролизъ солей.

Для электролитическаго разложенія (см. Электролизъ) воднаго раствора соли необходимо, чтобы между двумя электродами, опущенными въ него, существовала опредѣленная *разность потенциаловъ*  $V$ , величина которой зависитъ отъ природы разлагаемой соли, и которую, выраженную въ вольтахъ, мы получимъ по раздѣленіи теплоты образованія (см. Термохимія) разлагаемаго соединенія, выраженной въ малыхъ калоріяхъ (см. это слово), на число 23300. При электролизѣ на отрицательномъ полюсѣ (катодѣ) будетъ отлагаться металлъ, причемъ количество отлагающагося въ единицу времени, напр. секунду, металла будетъ прямо пропорціонально *силѣ тока*  $A$  и получится въ граммахъ въ одну секунду по умноженіи силы тока, выраженной въ амперахъ, на химическій эквивалентъ металла и на число 0,00001035. На практикѣ въ Г. нельзя превосходить известной силы тока, если желательно получить плотное и не пористое отложеніе металла; предѣльная, допустимая въ известномъ разложеніи, сила тока, находимая опытомъ, называется *режимомъ про-*

цесса и выражается въ амперахъ на квадратный метръ электродовъ (плотность тока). Работу  $W$ , затраченную на отложеніе втеченіе  $t$  секундъ известнаго количества металла, получимъ выраженной въ лошадиныхъ силахъ въ часть, если умножимъ разность потенциаловъ у электродовъ въ вольтахъ на силу тока въ амперахъ и на  $t$  и полученное число  $V \times A \times t$  раздѣлимъ на 3600 и на 736.  $W = \frac{V \cdot A \cdot t}{3600 \cdot 736}$

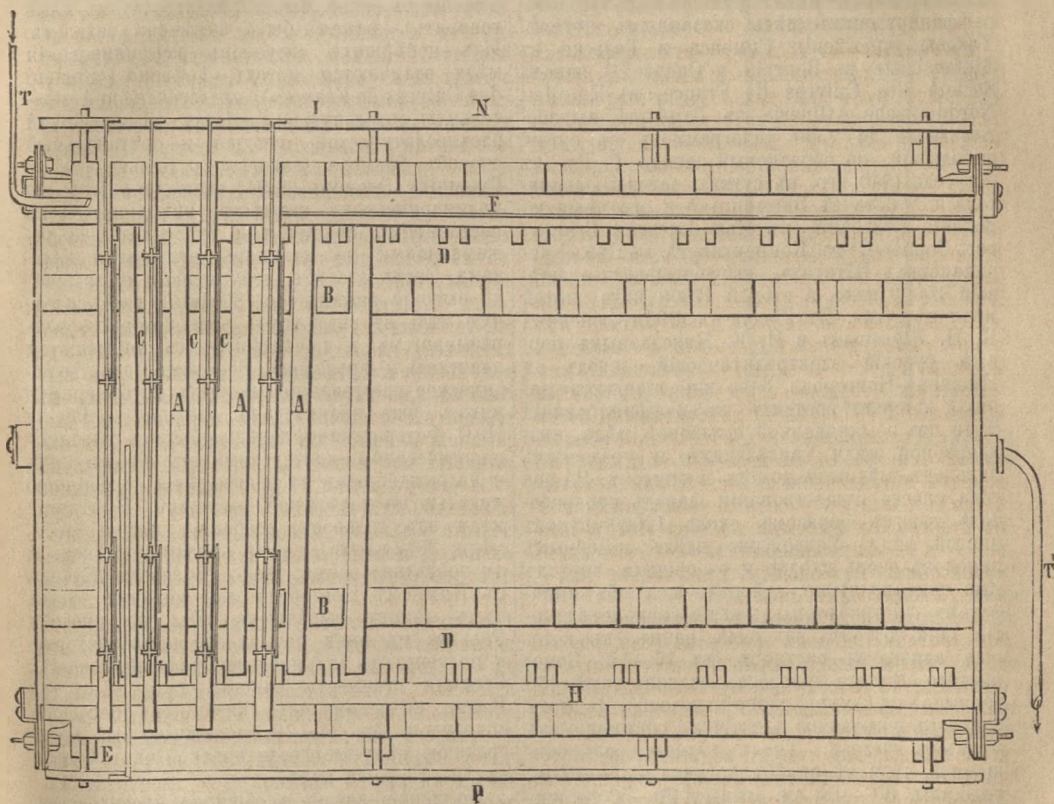
На практикѣ, ввиду неизбежныхъ потерь при преобразованіяхъ энергіи, затраченную работу слѣдуетъ принимать на 15—20% больше. Электролизъ расплавленныхъ солей, примѣняемый при добычаніи въ небольшихъ количествахъ щелочныхъ металловъ, менѣе привиса на практикѣ; основанія его тѣ же, что вышесказанныя, хотя процессъ самъ по себѣ немного сложнее. Вольтова дуга примѣняется, главнымъ образомъ, для раскисленія тугоплавкихъ металлическихъ окисей въ присутствіи углерода; примѣнимость ея обусловлена возможностью сконцентрировать при помощи дуги громадное количество тепла на небольшомъ количествѣ вещества (вольтова дуга, образованная токомъ въ 4 амперовъ при разности потенциаловъ въ 5 вольтъ, выдѣляетъ въ секунду 0,238  $A \times V$  малыхъ калорій). Въ промышленной Г. этотъ способъ примѣняется главнымъ образомъ при добычаніи алюминія.

Въ Г. для добычанія тока примѣняются почти исключительно динамомашины, приводимыя въ движеніе паровыми машинами или довольно часто водяными колесами или турбинами. Двигатель динамомашинъ долженъ обладать достаточной равномерностью въ скорости вращенія, такъ какъ измѣненія ея вызываютъ измѣненія въ разности потенциаловъ у зажимовъ машинъ. Динамомашина должна обладать слѣдующими свойствами: 1) она должна у зажимовъ своихъ давать постоянную разность потенциаловъ независимо отъ силы вѣшняго тока и возможно менѣе подвергаться перемѣнѣ полярности возбуждающаго электромагнитовъ; этимъ условіямъ удовлетворяютъ главнымъ образомъ динамомашины (см. это сл.) съ параллельнымъ возбужденіемъ (шунтъ), а затѣмъ, хотя и менѣе, динамомашины со сложнымъ возбужденіемъ (компаундъ); 2) сопротивление якоря должно быть весьма незначительно, ввиду необходимости получать сильныя токи при небольшой разности потенциаловъ. Поэтому въ подобныхъ машинахъ часто обмотку якоря дѣлаютъ не изъ проволоки, а изъ соединенныхъ между собой толстыхъ мѣдныхъ брусевъ. Динамомашины, примѣняемыя въ Г., должны давать или весьма незначительную разность потенциаловъ (2—5 вольтъ), если ванны, въ которыхъ происходитъ разложеніе, соединены параллельно (см. Гальваническія батареи), или болѣе значительную (до 50 вольтъ), если ванны соединены послѣдовательно; въ первомъ случаѣ примѣняются даже униполярныя динамомашины съ небольшою скоростью вращенія. Динамомашины соединяются съ сосудами, гдѣ происходитъ разложеніе, посредствомъ неизолированныхъ проводниковъ изъ толстыхъ мѣдныхъ брусевъ



или лентъ, проложенныхъ на изоляторахъ вдоль помещенія и величина сѣченія которыхъ зависитъ отъ силы проходящаго по нимъ тока; принимаютъ обыкновенно около 1 кв. мм. сѣченія на каждый амперъ проходящаго тока. Оконечности проводниковъ, опускаемые въ ванны, соединяются съ такъ называемыми *электродами* — положительнымъ, или анодомъ, по которому токъ входитъ въ жидкость, и отрицательнымъ, или катодомъ, по которому онъ изъ нея выходитъ. Въ качествѣ анода употребляется или матеріалъ (проводникъ), не подвергающійся дѣйствию разлагаемаго раствора, или же онъ дѣлается изъ того же металла, который долженъ выдѣляться на катодѣ. Последний же дѣлается всегда изъ матеріала не подвергающагося дѣйствию раствора, обыкновенно изъ того же металла, который долженъ осѣдать на немъ.

Обыкновенно число употребляемыхъ въ работу чановъ значительно (40—60) и для лучшей циркуляціи въ нихъ жидкости ихъ устанавливаютъ терассообразно и соединяютъ трубами другъ съ другомъ, такъ что изъ верхняго чана жидкость поступаетъ (снизу) въ слѣдующій и т. д. Въ другихъ случаяхъ, для получения однороднаго раствора въ чанахъ, жидкость въ послѣднихъ перемѣшивается вдуваніемъ сжатого воздуха, выходящаго изъ пробитыхъ мелкими отверстиями трубъ, уложенныхъ на днѣ чана. Устройство чановъ и расположение въ нихъ электродовъ видно на прилагаемой фигурѣ I, гдѣ *A, A, A* означаютъ аноды, *C, C, C* — катоды; *P* — проводникъ, по которому токъ входитъ въ аноды, *N* — по которому выходитъ изъ катодовъ; *E* — соединенія анодовъ съ проводникомъ тока, *J* — катоды



Фиг. 1. Планъ (видъ сверху) расположенія частей въ ваннѣ, служащей для получения металловъ изъ растворовъ при дѣйствіи гальваническаго тока.

Самое разложеніе данного вещества производится въ деревянныхъ чанахъ, выложенныхъ внутри свинцомъ, гуттаперчей или какимъ либо, не подвергающимся дѣйствию кислотъ, составомъ. Важно (для достиженія постоянства дѣйствія), чтобы жидкость въ различныхъ мѣстахъ ванны имѣла приблизительно одинъ и тотъ же составъ, а между тѣмъ послѣдній, въ силу разложенія раствора, постоянно мѣняется. Равномѣрность разлагаемаго раствора достигается тѣмъ, что жидкость въ чанахъ приводится въ постоянное движеніе.

до: *T* и *T'* трубы, по которымъ растворъ входитъ и выходитъ изъ чана; *B* — переключатель, на которой находятся подставки, поддерживающія аноды; *D* — бруски, раздѣляющіе электроды.

Въ добываніи металловъ гальваническимъ путемъ нужно отличать два приема: очищеніе нечистаго металла, уже выдѣленнаго изъ руды, и собственно его полученіе изъ послѣдней. Что касается перваго случая, то гальваническій способъ прилагается главнымъ образомъ къ очищенію сырой жиди и, отчасти,