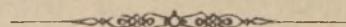


ББК  
92(РФ)  
Э685

# ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ.



ТОМЪ VIII.

Гальбергъ — Германій.



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



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типо-Литографія И. А. Ефрова, Прачесный пер., № 6.

1892.

# „Энциклопедический словарь“,

начатый проф. И. Е. Андреевскимъ,

ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДЪ РЕДАКЦИЕЮ

**К. К. Арсеньева**

и заслуженнаго профессора

**О. О. Петрушевскаго.**

*При участії редакторовъ отдельловъ:*

Проф. А. Н. Бекетова . . .	отдѣль біологическихъ наукъ.
С. А. Венгерова . . . . .	" исторіи литературы.
Проф. А. И. Воейкова . . .	" географіи.
Проф. Н. И. Кар'єва. . . .	" исторіи.
Проф. Д. И. Мендел'єева . .	химико-техническій и фабрично- заводскій.
Проф. В. Т. Собичевскаго . .	" сельскохозяйственный и лѣсово- дства.
Владимира Соловьева . . .	" философіи.
Проф. Н. О. Соловьева . . .	" музыки.

Болѣе значительныя по объему (оригинальныя) статьи 15 полутома  
„Энциклопедического Словаря“.

---

ГАЛЬВАНИЗМЪ — проф. Ф. Петрушевскій.

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И БАТА-

РЕИ (съ табл. рис.) — проф. Ф. Петрушевскій.

ГАЛЬВАНИЧЕСКІЙ ТОКЪ — проф. И. Боргманъ.

ГАЛЬВАНОМЕТАЛЛУРГІЯ (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. Коно-

валовъ.

ГАМБЕТТА — Евг. Утинь.

ГАНОИДНЫЯ РЫБЫ (съ рис. въ текстѣ) —

В. Фаусекъ.

ГАНЬ-СУ (китайская пров.) — Г. Грумъ-Гржимайло.

ГАРМОНІЯ КРАСОКЪ (съ хромолитограф. табл.)

— проф. Ф. Петрушевскій.

ГАРТМАНЪ (философъ) — Вл. Соловьевъ.

ГАРШИНЪ (Всеволодъ) — С. Венгеровъ.

ГАССЕНДІ (философъ) — Э. Р.

ГЕГЕЛЬ — Вл. Соловьевъ.

ГЕЙНЕ — П. Вейнбергъ.

ГЕЛОГРАФЪ (съ рис. въ текстѣ) — Г. Л. и К. В.

ГЕЛЮСТАТЪ (съ рис. въ текстѣ) — В. Л.

ГЕЛОТРОПІЗМЪ (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 Франції) —

проф. В. Дерюжинскій.

ГЕНЕРАТОРНЫЙ ГАЗЪ (съ рис. въ текстѣ) —

проф. Д. Менделѣевъ.

ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ

ЖИВОТНЫХЪ (съ картой) — Н. Киповичъ.

ГЕОГРАФІЯ — проф. Д. Анучинъ.

ГЕОГРАФІЯ РАСТЕНИЙ (съ картой) — проф.

А. Бекетовъ.

ГЕОЛОГІЯ — проф. А. Иностранцевъ.

ГЕОМЕТРІЯ — прив.-доц. Д. Граве.

ГЕРАКЛИТЪ (философъ) — прив.-доц. кн. С. Трубецкой.

ГЕРБАРТЪ (философъ) — Я. Колубовскій.

ГЕРБОВЫЙ СБОРЪ — \*.

ГЕРБЪ И ГЕРБОВЪДЪНІЕ (съ табл. геральдич-

знаковъ, гербовъ тл. европ. госуд. и губ. Рос-

сійской Імперіи) — П. ф. Винклерь.

ГЕРДЕРЪ — К. Арабажинъ.

# Г.

**Гальбергъ** — фамилія двохъ русскихъ художниковъ: 1) *Самуилъ Ивановичъ Г.*, скульпторъ (1787 — 1839); семи лѣтъ отъ роду былъ привезенъ въ Петербургъ и опредѣленъ въ воспитанники академіи художествъ. Участъ въ ней съ рѣдкимъ прилежаніемъ и пользуясь, по части ваянія, руководствомъ профессора И. П. Мартоса, онъ получила четыре серебряные медали за успѣхи въ рисованіи и лѣпкѣ, поощрительную золотую медаль на счетъ сенатора М. Н. Муравьевъ и малую золотую медаль (въ 1807 г., за исполненный по программѣ барельефъ «Ананія, Азарія и Мисаіль предъ Навуходоносоромъ»), а при окончаніи академического курса, въ 1808 г., былъ удостоенъ большой золотой медали (за барельефъ «Мареа Посадница приводить къ своему дѣлу, Феодосию, жениха своей дочери»). Послѣдня изъ этихъ наградъ давала ему, вмѣстѣ съ чиномъ XIV класса, право Ѳхать въ чужіе края для дальнишаго развитія своего таланта, съ содержаніемъ отъ правительства; но, въ виду тогдашняго политическаго положенія Европы, отправка пенсионеровъ академіи за границу была вообще пріостановлена. Наконецъ, въ 1818 году, онъ отправился въ путешествіе, и, чрезъ Штеттинъ, Берлинъ, Дрезденъ, Вѣну, Триестъ и Венецию, прибылъ въ Римъ. Устроившись здѣсь, Г. принялъ усердно работать, пользуясь при этомъ совѣтами знаменитаго Торвальдсена; исполнилъ статуи: «Ахиллесъ», «Изобрѣтеніе музыки» (находятся въ Эрмитажѣ), «Гр. Остерманъ-Толстой, раненый при Кульмѣ» и «Дита, пускающее мыльные пузыри» (находятся въ музѣй академіи художествъ), а также большое количество портретныхъ бюстовъ (архитектора В. Глинки, посланника Италийскаго, г-жи Мальцовой, В. Корсаковой, княжны А. П. Волконской, княгини Трубецкой и др.), и въ этихъ занятіяхъ провелъ десять лѣтъ. По возвращеніи своему въ Петербургъ, въ 1828 г., вскорѣ занялъ 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 снискавшій себѣ извѣстность прежими трудами. Изъ произведеній, исполненныхъ имъ по пріѣздѣ изъ чужихъ краевъ, въ особенности достойны вниманія

изваянія двухъ ангеловъ, для портика Троицкой церкви, что въ Измайліовскомъ полку (въ настоящее время сильно искажены многочисленными поправками), статуя сидящей императрицы Екатерины II для конференц-залы академіи художествъ (впослѣдствіи вырублена изъ мрамора профессоромъ Бродскимъ), бюсты президента академіи А. Оленина, скульптора И. Мартоса, гр. Каподистрия, баснописца Крылова и А. С. Пушкина, надгробный памятникъ живописцу Сильв. Щедрину, въ Сорренто (за смертью Г. оконченъ А. Ивановымъ и Ставассеромъ), модели монументовъ Карагамзина, въ Симбірске (выполненного ими же), и Державина, въ Казани (выполненного Рамазановымъ и Климченко). Какъ эти, такъ и римскія работы Г. свидѣтельствуютъ, что это былъ художникъ, обладавшій не столько живостью фантазіи, сколько знаніемъ природы и антиковъ, строго обдумывавшій свою задачу и глубоко вникавшій въ сущность изображаемаго. Поэтому ему особенно удавались портреты, въ которыхъ онъ удивительно точно передавалъ и вицнія черты, и индивидуальный характеръ, и выраженіе, наиболѣе свойственное позировавшимъ предъ нимъ лицамъ. Свою преподавательскую 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. О. Эвальдомъ въ видѣ приложенийъ 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 Квареніи, потомъ служилъ при кабинетѣ Его Императорскаго Величества и участвовалъ въ постройкѣ Михайліовскаго дворца, Александрийскаго 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 строительного искусства въ институтѣ инженеровъ путей сообщенія и строительномъ училищѣ.

**Гальберштадтъ** (Halberstadt) — городъ въ прусской Саксоніи; жит. съ知识分子омъ 30 тыс. Древняя церковь (Liebfrauenkirche), заве-

деніе для глухонѣмыхъ, 2 библіотеки, «Храмъ дружбы» Глейма (Gleimsches Freundschafts Tempel) съ 120 портретами поэтовъ, ученыхъ и государственныхъ дѣятелей XVIII-го вѣка; замѣчательныхъ частныхъ собраний картинъ, монетъ и древностей. Со временемъ Глейма и такъ наз. гальберштадтской школы поэты въ Г. не прекращается оживленная умственная дѣятельность. Нѣсколько фабрики и заводовъ; торговля мѣдью и друг. продуктами горнодѣлія.

**Гальвигъ** (Иоганнъ Halbig, 1814—1882)—скульпторъ, ученикъ мюнхенской академіи художествъ, впослѣдствіи профессоръ тамошняго политехническаго училища. Въ своихъ многочисленныхъ произведеніяхъ, имѣющихъ преимущественно декоративный характеръ, держался направлѣнія Шванталяра, старался, однако, внести въ его стиль болѣе значительную реальность. Изъ этихъ произведеній достойны вниманія въ особенности: фигуры четырехъ львовъ, безущихъ колесницу, на «Побѣдныхъ воротахъ» въ Мюнхенѣ (1847); бронзовое «Распятіе» на старомъ кладбищѣ (1850) и другое «Распятіе» на новомъ кладбищѣ, въ томъ же городѣ; 18 колоссальныхъ фигуръ, олицетворяющихъ различные германскія области, въ Verfeiungshalle, близъ Кельгейма; бронзовая статуя баварскаго короля Максимилиана II, съ колоссальнымъ львомъ, на молѣ пристани въ Линдау (1856); памятникъ поэту Авг. ф.-Платену, въ Абсбахѣ (1858); «Нимфы, окончившія купаться»—группа для фонтана въ Нью-Йоркѣ (1867), «Страсти Господни»—колоссальная группа въ Обераммергау (1875); мраморная группа: «Ангелъ уносить на небо душу младенца»; 12 фигуръ знаменитыхъ художниковъ, моделированныхъ по заказу императора Николая I и украшающихъ собою вѣнчаніе стѣны Имп. Эрмитажа въ СПб., колоссальные атланты на подъѣздѣ этого музея (высѣчены изъ камня Теребеневымъ); «Вакханка, юдущая на тигръ», изваянная для вел. кнаг. Елены Павловны, и нѣкоторая др.

А. Соловьевъ.

**Гальбштадтъ**—нѣмецкое селеніе на границѣ Бердянского и Мелитопольского уѣздовъ. Г. и выселокъ его Ней-Гальбштадтъ населены меннонитами, владѣющими чугунно-литейными заведеніями, паровыми вальцовыми мельницами, крахмальными и крупынными 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 1888 г. устроена православная церковь; при ней церковно-приходская школа. Меннонитскій молитвенный домъ, сельское училище и училище центральное (волостное) для приготовленія народныхъ учителей.

Ѳ. Синицкий.

**Гальвани** (Luigi Galvani)—знаменитый итальянскій анатомъ и физіологъ (1737—1798), родился въ Болонѣ. Сначала занимался богословскими науками, но потомъ перешелъ къ медицине и съ 1772 г. началъ читать лекціи этой науки въ болонскомъ университѣтѣ, 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 ученыя его работы относятся къ физиологии мышцъ; но главнѣйшая его заслуга заключается въ открытии явленія, получившаго название гальванизма; исторія этого открытия, изложенная подробно въ статьѣ «Гальванизмъ», показываетъ, что, хотя Г. и не понялъ всего значенія своихъ опытовъ, тѣмъ не менѣе онъ открылъ фактъ, имѣвшій несравненное послѣдствіе первостепенной важности для науки обѣлѣктричествѣ. Въ Болонѣ воздвигнута статуя Г. въ 1879 г.; полное собраніе его сочиненій издано тамъ же въ 1841 г.

**Гальванизациѣ**—см. Электризациія.

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

**Опыты Гальвани и Вольты** (1790—1800). Гальвани замѣтилъ, что пропарированная нога лягушки, находясь вблизи электрической машины, всякий разъ приходили въ движение, когда изъ машины была извлечена искра, а мускуловъ и нервовъ касались въ то же время металлическимъ предметомъ. Изъ описанія этого явленія, сдѣланного 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 мускульного движения лягушки. Явленіе могло происходить отъ электрической индукціи; но Гальвани, къ счастью для науки, стаълъ искать причину явленія въ другомъ направлениі 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. Mayeg, Прага, 1794) предположеніе, что причина движений лягушки, происходившихъ при вышеописанныхъ обстоятельствахъ, есть электричество, развивающееся въ самомъ животномъ, металъ же служить только проводникомъ электричества. Въ то время были известны электрическая рыбы 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 производить въ ней движенія, одинъ же металъ или совсѣмъ ничего не обнаруживается, или же производить только очень слабыя движения. Мнѣніе Гальвани о животномъ электричествѣ вскорѣ было поддержано Валли, но Вольта заявилъ сомнѣнія въ правильности объясненія, данного 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 старого 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 и переходя путемъ разнообразныхъ опытовъ отъ явленія къ явленію, Вольта въ 1794 г. наконецъ рѣшительно отвергъ гипотезу животнаго электричества и приспѣлъ замѣнѣніи Гальвани явленія именно соприкосновенію двухъ разнородныхъ металловъ, причемъ 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 название «животное электричество» названіемъ «металлическое электричество». Испытанные имъ металлы Вольта расположилъ въ рядъ, который имѣлъ такое свойство, что наиболѣе отстоящие одинъ отъ другого металлы наиболѣе сильно электризуются отъ соприкосновенія. Всякая неоднородность частей металлическаго предмета, напр. закаливаніе одной части, лаетъ способность такому проводнику дѣйствовать какъ два разнородныхъ металла, только въ гораздо слабѣйшей степени. Въ тѣхъ случаяхъ, когда въ опытахъ Гальвани были замѣчены движения лягушки при употреблѣніи 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 (цѣль) лишь изъ частей самого животнаго (1793). Вольта же, съ своей стороны, пользовалась конденсаторомъ, который имѣлъ впервые примененъ къ электроскопу, получилъ совершенно явно электричество изъ металловъ. Тогда мнѣнія ученаго міра приняли двоякое направление: нѣмецкіе физики склонялись въ пользу животнаго электричества, а Алекс. Гумбольдтъ даже допускалъ въ явленіяхъ, замѣченныхъ Гальвани, проявленіе особой жизненной силы, но не электричества,—англійские же, какъ Монро и Кавалло, признавали въ нихъ тождество съ электрическими. Фоулеръ хотя и думалъ одинаково съ нѣмецкими учеными, тѣмъ не менѣе, повторяя опыты, даже составилъ столбикъ изъ серебряныхъ и цинковыхъ кружковъ, который будто бы дѣйствовалъ сильнѣ однай 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 со-прикосновеніе 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, состоящаго изъ серебряныхъ и цинковыхъ кружковъ, сложенныхыхъ въ извѣстномъ порядкѣ; каждая пара отдѣлялась отъ другой картонными или кожаными кружочками, пропитанными щелочнымъ растворомъ (см. Гальваническіе элементы, черт. 1 въ текстѣ). Окончности столба были названы полюсами: на одномъ изъ нихъ обнаруживалось положительное электричество, на другомъ—отрицательное. Никольсонъ и Карлейль, узнавшіе отъ Бенкса о новомъ открытии, тотчасъ же принялись за повтореніе опытовъ Вольты и, устроивъ столбъ, вскорѣ замѣтили новое явленіе—отдѣленіе пузырьковъ газа изъ капли воды, чрезъ которую проходилъ токъ. Вольта построилъ ранѣе вольтова столбъ свой приборъ еще въ другой формѣ, которую однако считалъ менѣе удобною; это былъ вѣнецъ изъ чашекъ (*corona di tazze*). Въ концѣ 1800 г. Вольта въ двухъ чешахъ во французскомъ институтѣ изложилъ свое изобрѣтеніе, показавъ, что электричество столба не отличается отъ электр., получасаго тренiemъ. Учрежденія была комиссія подъ предсѣдательствомъ Бю, которая занялась прѣвѣркою работъ Вольты и въ докладѣ институту, читанномъ 1 декабря 1801 г., вполнѣ подтвердила всѣ заключенія изобрѣтателя. По предложению Бонапарта, институтъ назначилъ

2 премія: одну большую (60000 фр.) за дальний, особенно важный открытия въ области гальванизма, и другую ежегодную малую (3000 фр.).

Опытъ Никольсона и Карлейля, указавшій на химическое действие тока, имѣлъ большую важность, хотя и прежде было известно, что искры электрической машины выдѣляютъ газы изъ воды. Крюйшанкъ (въ Англії) 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 Деві (Davy) началъ свою электрохимическую изслѣдованія, впослѣдствіи приведшія его къ замѣчательнѣйшимъ результатамъ. Любопытно, что, подъ влияніемъ идеи Гальвани, Деві въ первыхъ своихъ изслѣдованіяхъ, употребляя два стакана съ жидкостью съ опрокинутыми надъ ними сосудами для собирания кислорода и водорода, выдѣляющихся изъ воды, соединилъ жидкости этихъ стакановъ волокнами мускуловъ; впрочемъ, вскорѣ онъ убѣдился, что мускулы исполняютъ въ этомъ случаѣ лишь роль проводника\*). Вообще движение, сообщенное наукѣ изобрѣтеніемъ вольтова столба, составившаго блестящую эпоху въ исторіи физики и химии, было такъ сильно, что открытия послѣдовали одно за другимъ. Открытия начались иногда мелочными фактами, который вѣль къ большимъ послѣдствіямъ, обнаруживавшимся часто черезъ большой промежутокъ времени. Такъ въ 1802 г. Готеро замѣтилъ, что двѣ золотыя проволоки, служившія въ приборѣ для разложения воды, будучи потомъ приложены къ языку, давали слабыя вкусовые ощущенія. Это, вѣроятно, случайное наблюденіе, сдѣланное къ тому же учителемъ музыки, привело, однако, черезъ не сколько десятковъ лѣтъ къ устройству особенного рода гальваническихъ элементовъ и батарей, нынѣ съ такой пользой употребляемыхъ, а именно аккумуляторовъ. Наблюденіе Готера произвѣло большое впечатлѣніе на Риттера (1776—1810), который, повторяя и разнообразя только что названный опытъ, додумался до устройства столба изъ пластиночекъ только одного металла (мѣди), перемежающихся смоченою фланелью или сукномъ. Пропуская черезъ такой столбъ, состоявший изъ 40 мѣдныхъ кружковъ, токъ отъ вольтова столба въ 100 парь, Риттеръ убѣдился, что его мѣдный столбъ послѣ того самъ былъ заряженъ, т. е. сталъ обнаруживать всѣ электрическія дѣйствія, какія производить обыкновенный столбъ, только въ слабѣйшей степени и впроложеніе болѣе короткаго времени, по истеченіи которого можно было, однако, попрежнему заряжать его, повторяя это произвольное число разъ. Дѣйствію 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 (поларизуетъ ихъ) для того, чтобы они сами служили возбудителями электричества. Такъ произошло открытие явленій гальванической поляризациіи. Второстепенные столбы Риттера, остававшіеся долгое время безъ вниманія, въ ближайшее къ намъ время усовершенствованы Планте, который устроилъ элементы изъ свинца, получившіе недавно окончательную форму аккумуляторовъ (см. Гальванические элементы). Нѣть возможности даже и въ подробномъ историческомъ изложеніи, а тѣмъ менѣе здѣсь, перечислить разнообразныя и многочисленныя повторенія опыта съ вольтовымъ столбомъ. Въ дѣяльностяхъ исторического беспристрастія слѣдуетъ упомянуть объ опытахъ Василія Петрова, профессора медицинской академіи въ Петербургѣ, мало известныхъ у насъ и совсѣмъ неизвестныхъ 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 вольтова столбъ, состоявший иногда изъ 4200 парь, давалъ сильный токъ, который могъ проходить черезъ воздухъ между концами проводниковъ, образуя свѣтовое явленіе, впослѣдствіи названное вольтовою дугою. Стр. 175 этого сочиненія содержитъ слѣдующія строки: «когда свѣченіе продолжалось около получаса въ безвоздушномъ колоколѣ, то не только при вспышкѣ въ оныхъ малыхъ количествѣ воздуха... оно свѣтоносное явленіе не прекращалось; но даже, и по восстановленіи совершилъ 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 цвѣта явленія помѣщено на стр. 178. На стр. 180 сообщено объ обугливаніи дерева и бумаги этимъ способомъ въ безвоздушномъ пространствѣ. Въ статьѣ V—о поглощении кислорода изъ воздуха дѣйствіемъ вольтова столба (стр. 139 и слѣд.). Въ это время стали давать предпочтеніе передъ столбомъ чащечному аппарату Вольты, видозмѣння частности его устройства (см. Гальван. элем.). Деві, пользуясь подобно батарею сначала въ 100 парь, а позднѣе другою въ 250 парь, разложилъ ёдкія щелочи и замѣтилъ отдѣленіе пламени въ жидкости. Результатомъ изслѣдованія (1807\*) было открытие металловъ калия и натрия, 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 отдѣлѣнія кислорода въ одномъ, а водорода—въ другомъ, опукаютъ въ одинъ пластинку не окисляющагося металла, соединенную проволоками съ однимъ полюсомъ столба, и другую пластинку отъ противоположнаго полюса столба—въ другой стаканъ, и накладываютъ пучекъ смоченныхъ птицъ на края стакановъ въ видѣ соединительнаго для жидкостей кабеля; для того же можетъ служить согнутая стеклянная трубка съ водою.

\*) Въ 1810 г. Деві могъ пользоваться уже батареей въ 2000 парь, подаренной королевскому институту въ Лондонѣ. Тогда онъ замѣтилъ и изучилъ вольтову дугу, которой описание онъ обнародовалъ въ 1812 г. Деві плавилъ въ дугѣ, имѣвшей около 100 м. длины, платину, кварц, известіе; основы алмаза и вусочки графита, повидимому, улеталивались.

(Деви, 1806) о происхождении химическихъ и электрическихъ притяжений отъ одной причины. Особое развитие этому взгляду далъ Берцеліусъ, создавшій полную электрохимическую систему, которая потомъ долго господствовала безраздѣльно (до сороковыхъ годовъ). Движеніе составныхъ частей разлагаемого токомъ тѣла, — однихъ къ положительному полюсу, а другихъ къ отрицательному, оставалось безъ всякой удовлетворительной объясненія до появленія гипотезы Гроотуса (1805 г.), которая уяснила, какимъ образомъ совершается кажущееся движение кислорода и водорода при разложеніи воды. Электрохимическая работы, о которыхъ было упомянуто, и многихъ другія привели къ мысли, что химическое средство, 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 понятіе еще не закончено; далѣе увидимъ исторію работъ, стремившихся къ разъясненію основныхъ причинъ, возбуждающихъ электричество при соприкосновеніи. Частое употребленіе вольтова столба, а именно, процедура его заряженія и разряженія, сопровождавшаяся значительнымъ механическимъ трудомъ, заставило искать улучшенія его формы. Крайшанть, Вилькинсонъ, Чильдернъ, Волластонъ оказали первыя услуги въ этомъ отношеніи (см. Гальванические элементы); въ сущности ими сдѣланы улучшенія не въ вольтовомъ столбѣ, а въ чашечномъ приборѣ Вольты. Облегченіе манипуляцій съ вольтовымъ столбомъ косвеннымъ образомъ содѣствовало развитію науки; однако для успѣшного пользованія гальваническимъ токомъ не доставало способовъ измѣренія его силы; средства къ тому были найдены въ новомъ періодѣ теченія науки, начинаящемся съ 1820 г.

*Электромагнитизмъ и электродинамика.* Датскій физикъ Эрстедтъ въ 1820 г. замѣтилъ, что проводникъ, по которому проходитъ гальванический токъ, дѣйствуетъ на магнитную стрѣлку, отклоняя ее изъ первоначального ея положенія (*«Experimenta circa efficaciam conflictus electrici in Acre magneticam»*, Hafniae, 1820). Впослѣдствіи пѣкоторые 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 понялъ важности замѣченаго имъ факта. Да и Эрстедтъ сначала полагалъ, что проволока для дѣйствія на магнитную стрѣлку должна быть раскалена токомъ, такъ что Мунхъ первый уѣхалъ, 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 гальванокопъ — мультиплікаторъ (см. Гальванометръ) для слабыхъ токовъ. Въ томъ же году Амперъ (1775—1836) далъ правило, извѣстное нынѣ подъ его именемъ, для опредѣленія направления 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 проводники, 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 намагничивание и связывавшей явленія электричества и магнетизма. Онъ первый предложилъ раздѣлить ученіе обѣ электрическѣ на электростатику и электродинамику, и закончилъ свою работы классическимъ сочиненіемъ — математической теоріей электродинамики (*«Théorie des phénomènes Electrodynamiques uniquement déduite de l'expérience»*, въ «Mém. de l'Acad.», 1823). Эрстедтъ тоже пытался установить теорію дѣйствій тока на магнитную стрѣлку, но неполно и неясно. Открытия Фарадея явленія вращенія проводника около магнита, объясненные имъ особенной гипотезой, вполнѣ 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. Былъ почти приравнивалъ гипотезу Ампера къ Декартовымъ вихрямъ (см. Декартъ) и, съ своей стороны, придумали гипотезу, по которой токъ, проходя по проводнику, сообщаетъ ему поперечное намагничивание, вслѣдствіе чего проводникъ и дѣйствуетъ на магнитную стрѣлку. Швайдъ, Альтгаузъ, Прехтель, Зеебекъ, Поль — всѣ объясняли замѣченныя явленія подобнымъ же образомъ, но мало-по-малу гипотеза Ампера заняла подобающее ей мѣсто. Мало понятная по существу, какъ вѣчное движение электричества, и неудобная для математического анализа, она тѣмъ не менѣе связывала столь разнородные 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 подкововидной 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 открытиями: кроме того, что было выше перечислено, въ 1821 г. Зеебекъ открылъ термоэлектричество, въ 1825 г. Араго — явленіе, названное (несвойственно) магнетизмомъ вращенія. Онь — знаменитый законъ, касающійся измѣренія силы тока. Дѣѣ, 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 будуть нагреваемы 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 нагреваніемъ.

Иелинъ, Эрстедтъ и Фурье занялись изысканиемъ термоэлектрическаго тока, условиями измѣненія его силы въ зависимости отъ числа взятыхъ парь и вѣнчаніемъ сопротивленій; замѣтили химическое дѣйствіе этого тока, который и называли термоэлектрическимъ, но Зебекъ еще два года держалась гипотезы о термо-магнитизмѣ. Онъ первый, для усиленія термоэлектрическихъ явленій, составилъ стобъ или столбикъ изъ нѣсколькихъ парь, который впослѣдствіи въ рукахъ Меллони послужилъ не источникомъ электричества, а чувствительнымъ указателемъ весьма слабыхъ нагреваний. Много лѣтъ спустя (1836) Антиори и Линари построили изъ висмута и сурьмы стобъ, который могъ заряжать конденсаторъ и давать искры, а въ ближайшее къ памъ времія Маркусъ и въ особенности Ноз и Кламонъ устроили термоэлектрическія батареи, которыя обѣщали одно времія быть полезными для нѣкоторыхъ второстепенныхъ техническихъ приложенийъ, напр. для гальваническаго золоченія и т. п. Въ научномъ же отношеніи было доказано, что термоэлектричество и термоэлектрическій токъ ничѣмъ не отличаются отъ электричества, добываемаго треніемъ и токомъ вольтова столба. Въ коцѣ этого десятилѣтія (1820—30) А. С. Беккерель внесъ значительное усовершенствованіе въ гальваническія батареи, устронь мѣдно-цинковый элементъ съ двумя жидкостями; подобный же, но болѣе удобной формы, элементъ построилъ (значительно позже) Да-ніэль (1836); еще позже явился элементъ Грове и за нимъ Бунзена (см. Гальванические элементы). Араго замѣтилъ, что металлическое тѣло, приведенное во вращательное движение вблизи подвижного магнита, дѣйствуетъ на этотъ послѣдній, какъ будто оно само получило магнитныя свойства, обнаруживающіяся въ немъ лишь во времія вращенія; отсюда и название этого явленія — магнитизмъ вращенія. Зебекъ, Нобили, Дж. Гершель и Бабеджъ подвергли подробному изученію это явленіе, но объясненіе причины его было дано только впослѣдствіи Фарадеемъ, доказавшимъ, что образование индуктированныхъ токовъ въ металлическихъ тѣлахъ, вращающихся вблизи магнита, есть причина воздействиія 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 дѣйствиемъ тока зналъ, что проволока представляетъ току сопротивление, пропорциональное ея длине, обратно пропорциональное ея поперечному сечению, и даже расположилъ металлы въ рядъ по степенямъ ихъ электропроводности, но первый Георгъ-Симонъ Омъ (1787—1854) теоретически и экспериментально показалъ связь между силой тока, электровозбудительной силой батареи и сопротивленіемъ всѣхъ частей цепи. 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 пропорциональна электровозбудительной силѣ и обратно пропорциональна сопротивленію (см. Гальванический 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 (*quantit *) и его напряженности (*tension*) въ батареяхъ замѣняли этотъ законъ \*). Пулье (1790—1868) познакомился съ работою Ома въ неполномъ извлечении, изъ которого заключилъ, что выводы, сдѣланы 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. Витстопъ обратилъ общее вниманіе на важность закона Ома. Во всякомъ случаѣ работа Пулье, считавшагося нѣкоторое время во Франціи за первого открывателя сказанного закона, была очень полезна: она содержитъ опредѣленіе сопротивленія жидкостей и установила электрохимическую мѣру силы тока, которой численная величина замѣнена въ настоящее времія другой. Къ большой заслугѣ Пулье должно быть отнесенено устройство имъ приборовъ измѣрителей силы тока (галванометры, см. это сл.), хотя онъ имѣлъ уже въ этомъ предшественника — Нервандера.

Законъ Ома и впослѣдствіи неоднократно подвергался критикѣ, неблагопріятной со стороны Марія-Деви, Депре, Секки, но благопріятной со стороны Колърауша (1848 и 1849), Кирхгофа (1849), и наконецъ былъ подтвержденъ Гельмгольцомъ (1851); въ заключеніе комиссія британской ассоціаціи (1876) еще разъ подтвердила его вѣрность. Колъраушъ измѣрилъ электрометромъ напряженія электричества на полюсахъ незамкнутой батареи, и распределеніе электричества въ замкнутой цепи; Кирхгофъ далъ новый выводъ формулы Ома, замѣнивъ неустойчивое въ нѣкоторыхъ случаяхъ понятіе обѣ электрической напряженности понятіемъ обѣ электрическому потенциалу. Гельмгольцъ вывелъ выраженіе для измѣренія силы неустановившагося тока, показавъ, что отсюда проптекаетъ законъ Ома въ его обыкновенной формѣ, и тѣмъ расширилъ значение послѣдняго. Вопросы о силѣ тока въ развѣтвленной системѣ проводниковъ были отчасти обработаны самимъ Омомъ, потомъ Пулье, Витстономъ, Поггендорфомъ, Дюбуа-Реймономъ, Веберомъ и другими, но общее его решеніе, принадлежащее Кирхгофу (1847), замѣчательно по простотѣ и множеству легко истекающихъ изъ него частныхъ приложенийъ (см. Гальванический 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 электромаг-

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

гнитныхъ движенийъ, но исключительно заявляемъ электричествомъ отдался съ 1831 г. Здѣсь не мѣсто говорить о совокупности его работъ, продолжавшихся до 1855 г. и изложенныхъ авторомъ въ 30 серіяхъ, содержащихъ 3000 параграфовъ; уже первая серія заключаетъ въ себѣ открытие гальванической индукціи, которое еслибы 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 открытий. Сущность открытия Фарадея заключалась въ необходимости и достаточности движения проводника въ присутствіи другого, по которому проходитъ токъ, чтобы въ первомъ обнаружился (индуктировался) кратковременный токъ. Развивая этотъ основной законъ явленій индукцій, Фарадей нашелъ цѣлый рядъ категорій индуктированныхъ токовъ. Характеръ этихъ явленій былъ до того новъ, неожиданъ и необыкновенъ, что слухъ о нихъ прежде всего порождалъ сомнѣніе, разсѣявшееся лишь при личномъ присутствіи при повтореніи опыта. Открытие индукціи сразу объяснило, какъ уже упомянуто выше, магнитизмъ вращенія. Частный случай индукціи — самоиндукціи — послужилъ для объясненія различія между искрой, весьма яркой при прерываніи тока и едва замѣтной искрой при замыканіи той же цѣпі. Сначала способъ, употребленный Фарадеемъ для отдѣленія индуктированного тока отъ индуцирующаго, проходящаго въ той же проволокѣ, возбудилъ сильнейшія возраженія, но потомъ существование этихъ токовъ (экстракторовъ, 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 ньютонаовскаго 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 (вращающіяся элементарные токи) опять съ открытиемъ индукціи выдвинулась впередъ. Оставляя до статьи Индукція изложеніе явленій и закона новъ этой отрасли электрическихъ явленій, отмѣтимъ теперь только, что, кроме огромнаго научнаго значенія этого открытия Фарадея, въ немъ лежитъ основаніе многихъ современныхъ техническихъ примѣненій, изъ которыхъ достаточно называть 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 колыца Грамма (см. Электродвигательные машины и Передача работы на разстоянія). Фарадей устроилъ магнито-электрическую машину, состоявшую изъ мѣднаго круга, приводимаго во вращательное движение между оконечностями магнита, но Даль Негро, Пихія (Pixii), Ричи, Клеркъ, Сак-

стоунъ, Штерерь (1844) придумали другой типъ машины, состоявшей изъ магнитовъ и якорей электромагнитовъ. Ближе къ нашему времени большія магнитоэлектрическія машины французской компаніи L'Alliance, приводимыя въ движение паровой машиной, производили сильные токи, примѣненные между прочимъ къ накаливанію углемъ въ электрическихъ лампахъ на маякахъ. Гальваническія батареи стали постепенно получать второстепенное значеніе, понизившееся еще болѣе со временемъ изобрѣтенія и постепенного улучшенія динамомашинъ, составляющихъ видоизмененіе магнитоэлектрическихъ машинъ. Если вращать электромагнитной формы якорь между оконечностями большого электромагнита, по которому въ это время не проходитъ токъ, то вслѣдствіе все-gдашняго присутствія слабаго магнитизма въ желѣзѣ, отъ сказанного движения въ проволокахъ якоря индуцируется токъ, который, будучи пропущенъ въ проволочную обмотку неподвижнаго электромагнита, усиливаетъ въ немъ развитіе магнитизма, такъ что, послѣ нѣсколькихъ десятковъ оборотовъ якоря, динамомашинъ образуетъ сильный электрическій токъ. Изобрѣтеніе динамомашинъ, постоянно нынѣ совершенствуемое, отодвинуло на второй планъ не только гальваническія (гидро-электрическія) батареи, но и магнито-электрическія машины.

*Теорія гальваническаго тока.* Мы видѣли, что идея Вольты о происхожденіи электричества отъ соприкосновенія металловъ привели его къ устройству вольтова столба и чашечнаго прибора, изъ которыхъ развились всѣ познанія гальваническія батареи. По его мнѣнію, жидкость играла въ образованіи электричества лишь пассивную роль. Фаброни, Волластонъ, Риттеръ считали, что химическое дѣйствіе жидкости на металлы есть необходимое условіе возбужденія тока. Парротъ, Авг. Деларивъ и позднѣе Беккерель (Antoine Cesar) построили цѣлые системы, принимая въ основаніе, что химическое дѣйствіе есть основная причина постояннаго возбужденія электричества. Фарадей (1840) высказывался вполнѣ за химическую теорію образования тока какъ априорическими 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 обнаружились химическія явленія и въ сухомъ столбѣ. Но такъ какъ существование электрическаго направления при соприкосновеніи разнородныхъ тѣлъ несомнѣнно и безъ химического дѣйствія, то Шенбейнъ, послѣ продолжительныхъ работъ, высказалъ взглядъ на происхожденіе тока, примиряющій обѣ гипотезы, а именно допуская, что соприкосновеніе разнородныхъ тѣлъ въ батареѣ дѣйствительно приводить ихъ въ электрическое состояніе и возбуждаетъ первое электрическое напряженіе и распределеніе, чѣмъ возбуждается химическая дѣятельность между жидкостями и металлами, которая и становится съ этого момента дальнѣйшимъ источникомъ электрическаго тока. Подобное мнѣніе поддерживаетъ Гельмгольцъ (*«Ueber die Erhaltung der Kraft»*, 1847). Особенно прочную опору химической гипотезѣ

дал открытий Фарадеемъ электролитический законъ, что вода разлагается токомъ въ количествахъ, пропорциональныхъ проходящему чрезъ нее электричеству (см. Вольтаметры, Гальванопроводность), а другія сложныя тѣла (расплавленныя — 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 Беккера, Деларива и другихъ ученыхъ; разработка его продолжается и понынѣ, о чьемъ будетъ изложено въ статьѣ «электрохимія». Такъ какъ химическія явленія суть несомнѣнныя измѣненія вещества, сопровождаемыя вѣдомствомъ 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, взамѣнъ протекающаго и постоянно какъ бы уничтожающагося. Однако немногого времени спустя была высказана гипотеза (Горз. Бути и въ особенности Горвегъ, 1880), что при соприкосновеніи разнородныхъ тѣл происходит уравниваніе происходящихъ въ нихъ тепловыхъ движений, которое можетъ производить молекулярные измѣненія, вслѣдствіе которыхъ съ собою приведеніе тѣлъ въ электрическое состояніе. Возбужденное электричество, находясь въ движениі, производить химическія измѣненія въ составныхъ частяхъ батареи, черезъ что опять выдѣляется теплота, необходимая для новаго возбужденія электричества. По этому взгляду всѣ вольтовы токи суть термо-токи.

Теорія возбужденія электричества можетъ пополниться лишь съ проясненіемъ взгляда на саму сущность того, что называется движениемъ электричества или токомъ; вообще въ этомъ обширномъ и трудно разрѣшимомъ вопросѣ есть много взаимно зависящихъ частей, постепенное изученіе которыхъ идетъ, какъ видно изъ исторического изложженія 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 пропорционально произведенію изъ этихъ силъ и обратно пропорционально нѣкоторой степени разстоянія, которая потомъ оказалась равна 2, на основаніи нѣкоторыхъ найденныхъ опытами условий равновѣсія опредѣленныхъ проводниковъ. Веберъ задался мыслью слить электростатический законъ Кулона съ закономъ Ампера, выводя понятіе о силѣ тока изъ основныхъ представлений о взаимодѣйствіи электрическихъ массъ. Допуская два рода электричества, должно разсматривать взаимное дѣйствіе двухъ элементовъ тока, какъ слагающееся изъ четырехъ элементарныхъ электрическихъ дѣйствій. Взаимное дѣйствіе электрическихъ массъ въ движениі зависитъ не только отъ величины ихъ и взаимныхъ разстояній, но и отъ скорости ихъ движениія и ускореній. Выводъ, достигнутый Веберомъ изъ преобра-

зованія формулы Ампера, можетъ быть полушенъ и прямо изъ основныхъ опытовъ электродинамики. При этомъ Веберь пришелъ по нѣкоторымъ частностямъ въ противорѣчіе съ Гроцманомъ, прежде его занимавшимся электродинамическимъ закономъ, а также съ теоріей индуктированныхъ токовъ Неймана. Однако въ дальнѣйшей разработкѣ вопроса Веберь сумѣлъ устранить сдѣянные ему возраженія, давъ своеї формулѣ такой видъ, что изъ нея проистекало математическое выраженіе не только взаимодѣйствія двухъ элементовъ тока, но и общаго закона индукціи въ томъ видѣ, какъ его представилъ Нейманъ. Для своихъ экспериментальныхъ работъ Веберь устроилъ электродинамометръ — приборъ, котораго употребленіе во многихъ случаяхъ полезно. Весьма большую заслугу Вебера составляетъ введеніе въ учение обѣ электрическѣ абсолютныхъ мѣръ (т.-е. мѣръ длины, времени и массы), чьмъ измѣренія электрическія связывались съ другими общими измѣреніями. Сила тока можетъ быть измѣряема по его химическимъ, магнитнымъ и электродинамическимъ дѣйствіямъ. Веберь опредѣлилъ эти три рода единицъ и вывелъ ихъ численныя отношенія («Electrodynamische Maassbestimmungen, insbesondere Zurückführung auf mechanisches Maass» von W. Weber und R. Koherauscl., 1857). Электровозбудительная сила и сопротивление току были также выражены абсолютными мѣрами. Гауссъ, еще ранѣе Вебера, далъ абсолютную мѣру магнитизма («Intensitas vis magneticae ad mensuram absolutam revocata»); но въ электрическія единицы надо было ввести еще элементъ скорости (см. Единицы мѣръ). До тѣхъ поръ существовали условные единицы сопротивленія — Якоби и Сименса (такъ называемая ртутная единица). Британская ассоціація и королевское общество пришли въ принципій 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, миллиграммъ, приняты сантиметръ, секунда и граммъ; всѣ единицы находятся въ опредѣленныхъ отношеніяхъ съ веберовскими. Вопросъ о скорости движения электричества многократно разрабатывался путемъ опыта. Валькеръ, Митчелъ, Гульдъ, Витстонъ, Физо и Гунель выразили ее числами, очень различающимися между собою. Гогенъ и позднѣе Гагенбахт (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 условий, въ которыхъ находится проводникъ.

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

возникла ученая полемика, въ которой привлекли участіе Нейманъ, Цельнеръ, Бертранъ, Роуландъ. Объ этихъ вопросахъ математической физики будеть дано понятіе въ статьѣ «Электродинамика». Клаузіусъ противуполагалъ гипотезъ Вебера о противоположныхъ теченияхъ двухъ электричествъ предположеніе о течении одной жидкости, какъ достаточное для объясненія явленій электродинамики. Упоминаемъ о вихревомъ движеніи по Ганкелю, Рейнару, Мутѣ о натяженіи среды по Фанъ-деръ-Флиту и т. п. У Клаузіуса однако явились противники; Лорбергъ выступилъ въ защиту теоріи Вебера, и хотя Клаузіусъ не оставилъ возраженій Лорберга безъ отвѣта, но ни тотъ ни другойъ авторъ, говоря о дѣйствіи электричества на разстояніи, еще не принимаютъ во вниманіе вліянія промежуточной среды (діэлектрикъ — по Фараадею), а слѣдовательно и времени, необходимаго для передачи дѣйствія. Эдлундъ (1871) допускаетъ одну жидкость, свѣтовой зеиръ, которой приписывается некоторые свойства, не стоящія въ противорѣчіи съ оптическими явленіями. Гальваническій токъ состоитъ въ движеніи зеира отъ одной точки проводника къ другой; сила тока пропорціональна количеству зеира, протекающаго въ единицу времени. Въ сильныхъ токахъ скорость теченія достигаетъ тысячъ километровъ, въ слабыхъ — нѣсколькихъ мѣстровъ въ секунду. Эта теорія объясняетъ явленія сопротивленія, электролизъ, дѣйствія на разстояніи и въ числѣ ихъ индукцію. Формула Эдлунда для электровозбудительной силы индукцій найдена, по сравненію ея съ прямыми опытами Сундеда, вѣрно. Эдлунду противставляетъ свои опыты Ройта, который, воспользовавшись методомъ Физо для увлеченія свѣтового зеира движеніемъ жидкости, думалъ доказать изызмѣняемость явленій дифракції, при пропусканіи электрическаго тока по направлению движенію жидкости или противному, что теченіе электричества не представляетъ свойствъ теченія зеира. Это заключеніе не было оставлено Эдлундомъ безъ возраженія. Максвеллъ, опираясь на представленія Фараадея о роли среды въ передачѣ дѣйствія силъ на разстояніе, развила полную математическую теорію распространенія электрическихъ и магнитныхъ дѣйствій, принимая, что всякая среда въ присутствіи назелектризованныхъ 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, будеть опредѣлено въ словахъ «Максвеллъ и Электродинамика». Максвеллъ вывелъ формулы, выражающія распространеніе магнитныхъ и электрическихъ дѣйствій, сближающія причины происхожденія этого рода явленій съ явленіями свѣта; таковы же результаты теоріи Гельмгольца (см. «Свѣтъ, теоріи»). Въ ближайшіе къ намъ годы идеи о колебаніяхъ зеира, какъ производящихъ электрическія и магнитныя дѣйствія на разстояніи, были приняты въ ученомъ мірѣ съ большимъ энтузиазмомъ, который былъ особенно усиленъ недавними опытами Герца (см. Герцъ). Источниками для

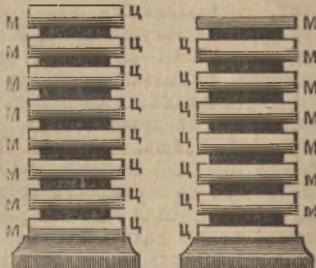
составленія этой статьи служили: «Physikalischs Wörterbuch» von Gehler; «Die Geschichte der Physik» von Rosenberger; «Die Lehre von der Electricität» von Wiedemann; «Resumé de l'histoire de l'électricité et du magnétisme» par Bescherel.

θ. Петрушевскій.

**Гальванизованное жельзо — см. Жельзо.**

**Гальванические элементы и батареи.** — Г. элементомъ или гальваническою парою называется приборъ, состоящий изъ двухъ металлическихъ пластинокъ (одна изъ которыхъ можетъ быть замѣнена коксовою), погруженыхъ въ одну или двѣ различныхъ жидкости, и служащий источникомъ гальваническаго тока. Нѣкоторое число Г. элементовъ, соединенныхъ между собою извѣстнымъ образомъ, составляетъ гальваническую батарею. Простейший по устройству Г. элементъ состоитъ изъ двухъ пластинокъ, погруженыхъ 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 продолжительного дѣйствія на нихъ источниковъ электричества, ихъ заряжающихъ. Разсмотривая происхожденіе Г. элементовъ, нужно начать съ вольтова столба, родоначальника всѣхъ послѣдующихъ гальваническихъ батарей, или съ чашечной батареи Вольты.

**Вольтова столбъ.** Для составленія его Вольта бралъ пары разнородныхъ металлическихъ кружковъ, сложенныхъ или даже спаянныхъ по основанію, и картонные или суконные кружки, смоченные водою или растворомъ щілкаго кали. Первоначально употреблялись серебряные и мѣдные кружки, а потому обыкновенно цинковые и мѣдные. Изъ нихъ составлялся столбъ, какъ показано на черт. 1, а именно, сперва кладется мѣдная и на нее цинковая пластина (или наоборотъ), на 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; столбъ, изображенный на черт. 1, слѣва состоитъ изъ 11 вольтовыхъ паръ.



Чертежъ 1.

Если столбъ установленъ на пластинкѣ изолирующей, т.-е. непроводящаго электричество, вещества, напр., на стеклянной, то, начиная отъ середины его, одна половина столба (нижняя на нашемъ чертежѣ) окажется

заряженою положительнымъ электричествомъ, а другая (верхняя по чертежу) — отрицательнымъ. Напряженность электричества, неошутительная 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 положительного электричества отъ нижняго конца столба черезъ проволоку къ верхнему и движенію отрицательного электричества по противуположному направлению; образуется гальванический или гальваническій токъ (см. это сл.). Вольта считалъ парою двѣ пластинки разнородныхъ металловъ, а жидкости приписывалъ только способность проводить электричество (см. Гальванизмъ); но по взглядѣ, установленнѣй 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 направление движенія электричества, или направлениѳ гальваническаго тока въ немъ останется прежнѣе: отъ нижняго конца столба (теперь отъ цинка) къ верхнему (къ мѣди). Мѣдный конецъ столба былъ названъ положительнымъ полюсомъ, цинковый — отрицательнымъ. Впослѣдствіи, по терминологіи Фарадея, положительный полюсъ называнъ анодомъ, отрицат. — катодомъ. Вольтовъ столбъ можетъ быть уложенъ горизонтально въ корыто, покрытое внутри изолирующимъ слоемъ воска, сплавленного съ гарпіусомъ. Нынѣ вольтовъ столбъ не употребляется по причинѣ большого труда и времени, нужныхъ на его составленіе и разборку; но въ прежнѣе 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 (*corona 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 проводокомъ 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, где окружность замыкается, въ одной чашкѣ имѣется цинковая пластинка, въ другой — мѣдная; по проволокѣ, соединяющей эти крайнія пластинки, будетъ идти токъ отъ мѣдной пластинки (положительного полюса) къ цинковой (отрицательному полюсу). Этую 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 изменено (Крюйкшанкъ): продолговатый деревянный ящикъ, раздѣленный по-

перекъ пластинками мѣди и цинка, спаянными между собою, на маленькия отдѣленія, въ которыхъ наливалась жидкость, былъ удобнѣе обыкновеннаго вольтова столба. Еще лучше бытъ 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 чрезъ 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 соединены въ батареи различными способами, польза которыхъ особенно ясно обнаружилась послѣ того, какъ Омъ выразилъ формулу силы тока въ зависимости отъ электровозбудительной (или электродвижущей) силы элементовъ и отъ сопротивлений, встрѣчаемыхъ токомъ какъ во вѣнчикахъ проводникахъ, такъ и внутри элементовъ (см. Гальваническій токъ, стр. 17). Электровозбудительная сила элементовъ зависитъ отъ металловъ и жидкостей ихъ составляющихъ, а внутреннее сопротивление — отъ жидкостей и отъ размѣровъ элементовъ. Для уменьшенія сопротивления и увеличенія тѣмъ силы тока надо толщину слоя жидкости между разнородными пластинками уменьшать, а размѣры погруженной поверхности металловъ увеличивать. Это выполнено въ элементѣ Волластона (*Wollaston* — по болѣе правильному выговору Бульстону). Цинкъ помѣщены 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 соприкосновеніе съ предметомъ, чрезъ который хотятъ пропустить токъ, идущій по направлению отъ мѣди къ цинку по вѣнчикамъ 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 потому вошелъ въ употребленіе при устройствѣ всѣхъ элементовъ съ одною жидкостью. Въ элементѣ Волластона употребляется разведенная сѣбрѣя 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, приходящий отъ этого въ поляризованные состояніе (см. Поляризациѣ гальваническая и Гальванопроводность), уменьшающее силу тока. Измѣнчивость этого поляризованнаго состоянія сопровождается измѣнчивостью силы тока.

Изъ многихъ элементовъ съ одною жидкостью называемы элементы Ски (*Smees*) и Грене; въ первомъ — платина или платинированное сѣбрѣо 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 перемѣнячивъ. Электровозбудительная сила больше, чѣмъ въ мѣдноцинковомъ.

Элементъ Грене состоить изъ цинковой пластинки, помѣщющейся между двумя цинкотками, выпиленныхъ изъ кокса; жидкость для этого элемента приготавляется по разнымъ рецептамъ, но всегда изъ двухромокалиевой соли, сѣрной кислоты и воды. По одному рецепту на 2500 грам. воды надо взять 340 грам. названной соли и 925 грам. 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; поляризациѣ уменьшена, но не уничтожена. Для элемента Грене употребляется стеклянныи сосудъ съ расширенной нижнею частью, какъ то изображено на фиг. 7 таблицы «Гальванические элементы и батареи». Жидкости наливаются столько, чтобы цинковую пластинку Z, которая короче коксовыхъ С, можно было, потянувъ прикрепленный къ ней стержень T, выпустить изъ жидкости на то время, когда элементъ долженъ оставаться безъ дѣйствія. Зажимы В, В, соединенные—одинъ съ оправой стержня T, а слѣдовательно съ цинкомъ, а другой съ оправой углей, назначены для концовъ проволокъ—проводниковъ. НИ пластинки, ни ихъ оправы не имѣютъ металлическаго соприкосновенія между собою; токъ идетъ по соединительнымъ проволокамъ чрезъ вѣнчины предметы по направлению отъ кокса къ цинку. Угольно-цинковый элементъ можетъ быть употребляемъ съ растворомъ поваренной соли (въ Швейцаріи, для телеграфовъ, звонковъ) и тогда дѣйствуетъ 9—12 мѣс. безъ ухода.

Элементъ Лаландъ и Шаперона, усовершенствованный Эдисономъ, состоить изъ плитки цинка и другой, спрессованной изъ окиси мѣди. Жидкость—растворъ Ѣдкаго кали. Химическое дѣйствіе—окисленіе цинка, образующаго потомъ соединеніе съ кали; отдѣляющійся водородъ, окисляясь кислородомъ окиси цинка, входитъ въ составъ образующейся воды, а мѣдь возставляетъ. Внутреннее сопротивление малое. Возбудительная сила не опредѣлена съ точностью, но менѣе чѣмъ эл. Даніэля.

Элементы съ двумя жидкостями. Такъ какъ выдѣленіе водорода на одномъ изъ твердыхъ тѣл Г. элементовъ есть причина, уменьшающая силу тока (самостоянно электровозбудительную) и сообщающая ему непостоянство, то помѣщеніе пластинки, на которой водородъ выдѣляется, въ жидкости, способной отдать 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 употреблениѣ. Для раздѣленія жидкостей нужны два сосуда: одинъ стеклянныи или глазурованный глиняный, содержитъ въ себѣ цилиндрический глиняный слабообожженныи, а потому пористый, сосудъ, въ который наливается одна изъ жидкостей и помѣщается одинъ изъ металловъ; въ кольцеобразномъ промежуткѣ между двумя сосудами налиты другая жидкость, въ которую погружена пластина другого металла. Въ элементѣ Даніэля цинкъ погружен въ слабую сѣрную кислоту, а мѣдь въ водный растворъ мѣднаго (синяго) купороса. Фиг. 1 таблицы изображаетъ 3 элемента Даніэля, соединенные въ батарею; цилиндры, гнутые изъ цинка, помѣщены во вѣнчиныхъ стеклянныхъ стаканахъ, мѣдныи пластинки тоже въ формѣ цилиндра или согнуты на подобіе буквы S—помѣщены во внутреннихъ глиняныхъ цилиндрахъ. Можна расположить и обратно, т.-е. мѣдь во вѣнчиныхъ сосудахъ. Токъ идетъ отъ мѣди къ цинку по вѣнчимъ проводникамъ и отъ цинка къ мѣди чрезъ жидкость въ самомъ элементѣ или батареѣ, 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 ( $CuSO_4$ ) разлагается на мѣдь ( $Cu$ ), осаждаясь на мѣдную пластинку, и отдельно несуществующее соединеніе ( $SO_4$ ), которое химическимъ процессомъ образуетъ съ водородомъ воду прежде, чѣмъ онъ успѣть выдѣлиться въ видѣ пузырьковъ на мѣди. Пористая глина, легко смачиваемая обѣими жидкостями, даетъ возможность передаваться химическимъ процессамъ отъ частицы къ частичкамъ чрезъ обѣ жидкости отъ одного металла къ другому. Послѣ дѣйствія тока, продолжительность которого зависитъ отъ его силы (а эта послѣдняя отчасти отъ вѣнчихъ сопротивленій), а также отъ количества жидкостей, содержащихся въ сосудахъ, весь мѣдный купоросъ издерживается, на что указываетъ обезцѣвываніе его раствора; тогда начинается отдѣленіе пузырьковъ водорода на мѣди, а вмѣстѣ съ тѣмъ поляризациѣ этого металла. Этотъ элементъ называется постояннымъ, что однако надо понимать относительно: впервыхъ и при насыщенномъ купоросѣ есть слабая поляризациѣ, но главное—внутреннее сопротивленіе элемента сначала уменьшается, а потомъ растетъ. По этой второй и главной причинѣ замѣчается въ началѣ дѣйствія элемента постепенное усиленіе тока, чѣмъ значительнѣйшее, чѣмъ менѣе ослаблена сила тока вѣнчими или внутренними сопротивленіями. Черезъ полчаса, часть и болѣе (продолжительность растетъ съ количествомъ жидкости при цинкѣ) токъ начинаетъ ослабѣвать медленнѣе, чѣмъ возрасталъ, и еще чрезъ нѣсколько часовъ доходитъ до первоначальной силы, постепенно ослабѣвая далѣе. Если въ сосудѣ съ растворомъ мѣднаго купороса помѣщены запасъ этой соли въ нерастворенномъ видѣ, то это продолжаетъ существование тока, равно какъ и замѣна образовавшагося раствора цинковаго купороса свѣжимъ разбавленною сѣрной кислотою. Однако при замкнутомъ эле-

ментъ уровень жидкости при цинке мало-помалу понижается, а при мѣди повышается — обстоятельство само по себѣ ослабляющее токъ (отъ увеличения сопротивления по этой причинѣ) и притомъ указывающее на переходъ жидкости изъ одного сосуда въ другой (переносъ ионовъ см. Гальванопроводность, осмосъ гальваническій). Въ сосудѣ съ цинкомъ просачивается мѣдный купоросъ, изъ которого цинкъ чисто химическимъ путемъ выдѣляетъ мѣдь, заставляя ее осаждаться частью на цинкѣ, частью на стѣнки глиняного сосуда. По этимъ причинамъ происходитъ большая бесполезная для тока траты цинка и мѣдного купороса. Однако все же элементъ Даніэля принадлежитъ къ числу самыхъ постоянныхъ. Глиняный стаканъ, хотя и смачиваемый жидкостью, представляетъ большое сопротивление току; употребляя пергаментъ вместо глины, можно значительно усилить токъ путемъ уменьшения сопротивленія (элементъ Карре); пергаментъ можетъ быть замѣненъ животнымъ пузыремъ. Вмѣсто разбавленной сѣрной кислоты можно при цинкѣ употреблять растворъ поваренной или морской соли; возбуждающая сила остается почти та же. Химическая дѣятельность не изслѣдована.

**Элементъ Мейдингера.** Для частаго и продолжительнаго и притомъ довольно постояннаго, но слабаго тока, можетъ служить элементъ Мейдингера (фиг. 2 таблицы), составляющій видоизмѣненіе элемента Даніеля. Внѣшній стаканъ имѣетъ расширение наверху, где на внутреннюю закраину ставится цинковый цилиндръ; на днѣ стакана помѣщены другой маленький, въ который поставленъ цинковый цилиндръ, свернутый изъ листовой мѣди, или же кладется мѣдный кружокъ на дно внутренняго сосуда, наполняемаго потомъ растворомъ мѣдного купороса. После этого осторожно наливаютъ сверху растворъ сѣрнокислой магнезии, который заполняетъ все свободное пространство внѣшняго сосуда и не смѣшаетъ раствора купороса, какъ имѣющаго больший удельный весъ. Тѣмъ не менѣе по диффузіи жидкостей купоросъ медленно достигаетъ цинка, иль и отдастъ свою мѣдь. Для поддержания насыщенности этого раствора внутрь элемента ставится еще опрокинутая стеклянная колба съ кусками мѣдного 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 перемѣнъ его частей; но внутреннее сопротивление его велико, переносить его съ мѣста на мѣсто надо очень осторожно и въ немъ бесполезно для тока издерживается много мѣдного 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 выстаетъ 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 даніэлевскій; пористыя плоскія перепонки изъ пергаментной бумаги отдѣляютъ одну жидкость отъ другой, но можно обходиться и безъ перепонокъ. **Элементъ Сименса и Гальскета** также относится къ разряду даніэлевскихъ. **Элементъ Минкотто.** 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. Служитъ отъ  $1\frac{1}{2}$  до 2 лѣтъ на телеграфныхъ линіяхъ. Вмѣсто песку можно взять порошокъ животнаго угла (Дарсонвалъ). **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 дѣятельность. Сопротивленіе довольно большое. Дѣятельность продолжительно и постоянно.

**Элементъ Грове,** платиново-цинковый; платина погружается въ крѣпкую азотную кислоту, цинкъ въ слабую сѣрную кислоту. Выдѣляющейся дѣятельностью тока водородъ окисляется на счетъ кислорода азотной кислоты ( $\text{NHO}_2$ ), переходящей въ азотнатовый ангидриль ( $\text{NaO}_4$ ), которой выдѣляющіеся красногоранжевые пары вредны для дыханія и портятъ всѣ мѣдные части аппарата, которыхъ 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 возбуждающую силу и малое внутреннее сопротивленіе — всѣ условия для большой силы тока, которая тѣмъ постояннѣе, чѣмъ больший объемъ жидкостей содержится въ элементѣ. Фиг. 6 таблицы изображаетъ такой элементъ иллюстрированъ; вѣнъ его справа изображена соединенная съ платиновымъ листкомъ элемента согнутая цинковая пластинка *Z* второго элемента, въ стѣбѣ которой стоитъ плоскій глиняный сосудъ *V* для платины. Слѣва изображенъ платиновый листокъ, соединенный зажимомъ съ цинковымъ элементомъ и принадлежащий третьему элементу. При этой формѣ элементовъ внутреннее сопротивленіе его очень мало, но сильное дѣятельство тока не продолжительно по причинѣ малаго количества жидкостей. Токъ идетъ отъ платины по вѣнѣніямъ проводникамъ къ цинку, согласно высказанному выше общему правилу.

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

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

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

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

*Элементъ Попендорфа* отличается отъ эл. Бунзена замѣною азотной кислоты жидкостью, подобной той, которая употребляется въ элементѣ Грене. На 12 вѣсовыхъ частей двухромовокислого кали, растворенныхъ въ 100 ч. воды, прибавляется 25 частей крѣпкой сѣрной кислоты. Возбудительная сила такая же, какъ элем. Бунзена; но внутреннее сопротивленіе больше. Кислорода въ названной жидкости, отдаваемаго на окисленіе водорода, менѣе, чѣмъ въ азотной кислотѣ при томъ же объемѣ. Отсутствіе запаха при пользованіи этими элементами, въ соединеніи съ другими достоинствами, сдѣлало его самыемъ удобнымъ къ употреблению. Однако поляризациѣ не вполнѣ 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 утилизациѣ цинка и весьма хо-  
рошее пользованіе хромовою кислотою.

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

стый цинкъ и амміакъ при углѣ. Перекись марганца, богатая кислородомъ, переходить мало-по-малу въ соединеніе низшей степени окисленія, по не во всѣхъ частяхъ массы, наполняющей глиняный сосудъ. Для болѣе полного пользованія перекисью марганца и уменьшения внутренняго сопротивленія устраиваютъ эти элементы безъ глиняной банки, а изъ перекиси марганца и углія спрессовываютъ плитки, между которыми помѣщаются коксовою, какъ показано на фиг. 4 таблицы. Этого рода элементы могутъ быть слѣдующи закрытыми и удобными къ перевозкѣ; стекло замѣняется роговымъ каучукомъ. Видоизмѣниль этотъ элементъ также Геффъ, замѣнивъ растворъ нашатыря растворомъ хлористаго цинка.

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

*Элементъ Варренъ Деларю*—цинково-серебряный. Узкая серебряная полоска выступаетъ изъ цилиндра плавленаго хлористаго серебра ( $\text{Ag Cl}$ ), помѣщенного въ трубочкѣ изъ пергаментной бумаги; цинкъ имѣть 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. Даниэля. Изъ хлористаго серебра осаждается металлическое серебро на серебряную полоску элемента и поляризациѣ не происходитъ. Батареи, изъ нихъ составлены, служили для опытовъ кабд прохожденіемъ свѣта въ разрѣженныхъ газахъ ( $V$ , Варренъ Деларю). Геффъ дѣлаетъ этимъ элементамъ устройство, дѣлающее ихъ удобными для переноски; употребляются для медицинскихъ индукціонныхъ катушекъ и для постоянныхъ токовъ.

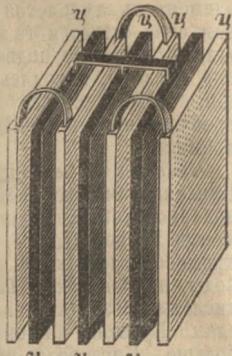
*Элементы Дюшемена, Парица, Филье.* Первый—цинково-угольный; цинкъ въ слабомъ растворѣ поваренной соли, уголь—въ растворѣ хлорнаго желѣза. Непостояненъ и мало изслѣдованъ. Парцъ замѣнилъ цинкъ желѣзомъ; растворъ поваренной соли имѣть плотность 1,15,

растворъ хлорного жељза плотности 1,26. Лучше предыдущаго, хотя электровозбудительная сила меньше. Фигуя употребляется въ жељзно-угольномъ элементѣ одну жидкость, получающую пропусканиемъ струи хлора чрезъ насыщенный растворъ жељзного купороса. Элементъ *Niode*, угольно-цинковый. Цинкъ имеетъ форму цилиндра, окружающего пористый глиняный цилиндръ, содержащий въ себѣ коксовую плитку, засыпанную хлорною известью. Элементъ закупоренъ пробкою, залитою воскомъ; чрезъ отверстіе въ ней наливается растворъ поваренной соли (24 части на 100 част. воды). Электровозбудительная сила большая; при постоянномъ, не сколько продолжительномъ дѣйствіи на вѣнчшее малое сопротивленіе скоро ослабѣваетъ, но черезъ часъ или два бездѣйствія элемента она достигаетъ прежней величины.

*Сухие элементы*. Это название 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 мѣдно-цинковый элементъ Труве и элементъ Лекланше, измѣненный Жерменомъ. Въ этомъ послѣднемъ употребляется кітѣтчатка, извлекаемая изъ коксовыхъ ореховъ; изъ нея приготавливается масса, сильно поглощающая жидкости 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 составѣ которыхъ входитъ гипсъ, пропитанный, вѣроятно, хлористымъ цинкомъ или нашатыремъ (держится въ секрѣтѣ). Возбудительная сила приблизительно такая, какъ въ элементѣ Лекланше, спустя некоторое время послѣ начала дѣйствія послѣдняго; внутреннее сопротивленіе менѣе, чѣмъ у Лекланше. Въ сухомъ элементѣ Лекланше-Барбье промежутки между вѣнчшими цинковыми цилиндромъ и внутреннимъ полымъ цилиндромъ изъ агломерата, въ составѣ которого входятъ перекись марганца, наполнены гипсомъ, насыщеннымъ растворомъ неизвѣстнаго состава. Первые, довольно продолжительная испытанія этихъ элементовъ были благопріятны для нихъ. Желатино-глицериновый элементъ Кузнецова есть мѣдно-цинковый; состоитъ изъ картона, пропитанного парафиномъ яичника съ дномъ, выклесеннымъ оловомъ внутри и снаружи. На олово насыпаютъ слой толченаго мѣднаго купороса, на который наливаютъ желатино-глицериновую массу, содержащую сѣрную кислоту. Когда эта масса застынетъ — насыпаютъ слой измельченаго амальгамированнаго цинка, опять заливаемый тою же массою. Изъ такихъ элементовъ составляютъ батарею 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 суждение о нихъ вѣзможено только практическое, не научное.

Элементы большой поверхности и малое сопротивленіе. Въ тѣхъ случаяхъ, когда нужно

накаливать короткія, довольно толстыя проволоки или пластинки, какъ, напримѣръ, при некоторыхъ хирургическихъ операций (см. Гальваноакустика), употребляются элементы съ большими металлическими поверхностями, погруженными въ жидкости, что уменьшаетъ внутреннее сопротивленіе въ тѣмъ усиливаетъ токъ. Волластоновъ способъ удвоенія поверхности примѣняется къ составленію поверхностей изъ большого числа пластинокъ, какъ показано на фиг. 3, где *u*, *u*, *u* — пластинки изъ одного металла помѣщены въ промежуткахъ между пластинками *u*, *u*, *u* и другого металла. Всѣ пластинки параллельны между собою и не соприкасаются, но всѣ одного наименования соединены вѣнчшими проволоками въ однѣ цѣлые. Вся эта система равномерна 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 пытѣньяго столѣтія (1822) устраивались приборы съ большой металлической поверхностью. Къ числу ихъ относится большой элементъ Гаре, названный дефлаграторомъ. Цинковый и мѣдный листы большой длины, отъѣденные 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 малыя вѣнчшия сопротивленія. Поверхность каждого листа — около 50 кв. ф. (4 кв. метра). Въ наше время вообще стараются уменьшить внутреннее сопротивленіе элементовъ, нодаютъ имъ особенно большую поверхность для некоторыхъ частныхъ примѣнений, напримѣръ въ хирургіи для срѣзыванія болѣзниныхъ наростовъ раскаленной проволокой или пластинкой, для прижиганія (см. Гальваноакустика). Такъ какъ пакуются проводники малаго сопротивленія, то можно получить токъ именно уменьшениемъ внутренняго сопротивленія. Поэтому въ гальваноакустическихъ элементахъ помѣщаются 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, Ліонѣ, 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 операцией.



Чертежъ 2.

*Нормальные элементы* должны сохранять свою электровозбудительную силу или иметь разность потенциалов постоянную в продолжение возможно долгого времени, когда они хранятся разомкнутыми для того, чтобы служить нормальной единицей меры при сравнении электровозбудительных сил между собою. Рене предложил для этой цели медьно-цинковую пару, въ которой поверхность меди очень велика сравнительно съ цинковой. Жидкость есть растворъ 200 частей сухой поваренной соли въ 1000 частяхъ воды. При этомъ условіи поляризация меди очень слаба, если этотъ элементъ вводится въ цѣль съ большими сопротивлениемъ и на короткое время. Нормальный элементъ *Латимера Кларка* состоитъ изъ цинка въ растворѣ цинковаго купороса, ртути и сернокислой соли ( $Hg_2 SO_4$ ). Нормальный элементъ *Флеминга*, мѣдно-цинковый, съ растворами мѣднаго купороса и цинковаго купороса определенный, всегда постоянной плотности. Нормальный элементъ *лондонского почтово-телефрафного ведомства*, мѣдно-цинковый, съ растворомъ цинковаго купороса и кристаллами мѣднаго купороса при меди весыма пригоденъ. Электровозбудительную силу элемента Флеминга, см. табличку въ концѣ статьи.

*Вторичные элементы* или *аккумуляторы* ведутъ происхожденіе отъ вторичныхъ столбовъ Риттера (см. Гальванизмъ, стр. 4), в продолжение 50 лѣтъ остававшихся безъ особенного вниманія. Столбъ Риттера, состоявшій изъ мѣдныхъ пластинокъ, погруженныхъ въ некоторую жидкость, послѣ дѣйствія на него вольтова столба, становился поляризованнымъ и послѣ этого самъ могъ образовать токъ, котораго направление 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 серную кислоту. Соединивъ одинъ свинцовый листъ съ анодомъ (положительнымъ полюсомъ), а другой съ катодомъ батареи по меньшей мѣрѣ изъ 2 эл. Бунзена или Поггендорфа, соединенныхъ послѣдовательно, и пропуская такимъ образомъ токъ, идущій въ жидкости отъ свинца къ свинцу, вызываютъ 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. Вследствіе разнородности пластинокъ они образуютъ пары съ большой электровозбудительной силой, дающей токъ, по направленію противоположный прежнему. Большая возбудительная сила, развивающаяся во вторичномъ элементѣ, и направленіе противоположно возбудительной силѣ первичной батареи, и есть причина требованія, чтобы послѣдняя превосходила первую. Два эл. Поггендорфа, соединенные послѣдовательно, имѣютъ возбудительную силу около 4 вольтъ, а элементъ Планте лишь  $2\frac{1}{2}$ . Для заряженія 3 или 4 эл. Планте, соединенныхъ параллельно (см. далѣе гальван. батареи), собственно было бы

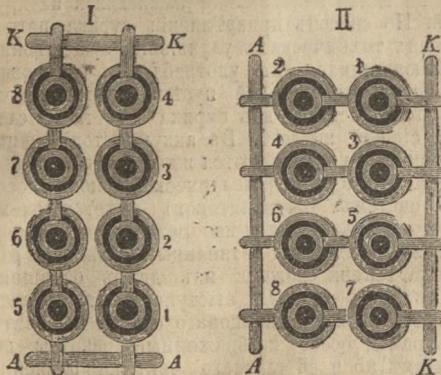
достаточно прежнихъ 2 эл. Поггендорфа, но дѣйствіе ихъ было бы очень медленно для окисленія такой большой поверхности свинца; поэтому для одновременного заряженія, напр., 12 эл. Планте, соединенныхъ параллельно, нужно дѣйствіе 3—4 эл. Бунзена съ возбудительной силой 6—8 вольтъ в продолжение нѣсколькихъ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

Элементы Планте послѣ различныхъ практическихъ улучшений получили название аккумуляторовъ. Въ 1880 г. Форъ придумалъ покрывать свинцовую пластинку слоемъ суртика, т. е. готоваго свинцового окисла, который отъ дѣйствія первичнаго тока еще болѣе окислялся на одной пластинкѣ и раскислялся на другой. Но способъ прикрѣпленія суртика потребовалъ техническихъ улучшений, существенно заключавшихся въ употреблении свинцовой рѣшетки, въ которой пустыя клѣтки наполняются тѣстомъ изъ суртика и глета на слабой серной кислотѣ. Въ аккумуляторѣ Фишъ-Джеральда употребляются плитки изъ окисловъ свинца безъ всякой меланжеской основы; вообщѣ система аккумуляторовъ имѣется очень много и здѣсь дается изображеніе лишь одной изъ лучшихъ (фиг. 7 таблицы). Свинцовая рѣшетка Гарена сложена изъ двухъ обращенныхъ другъ къ другу выступами, что препятствуетъ кускамъ свинцового окисла выпадать изъ рамы; особо изображенные разрѣзы по линіямъ ab и cd главнаго чертежа объясняютъ устройство этой рамы. Одна рама заполняется суртикомъ, другая глетомъ (нижняя 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 Нблочкиковъ и Хотинскому. Эти вторичные элементы, представляющіе одно техническое неудобство—очень большой вѣсъ, получили разнообразныя техническія примѣненія, между прочимъ, къ домашнему электрическому освѣщенію въ тѣхъ случаяхъ, когда нельзѧ 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 соблюдениемъ нѣкоторыхъ специальныхъ правилъ (см. Динамомашины, 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 Давіеля: 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 параллельного соединенія этихъ же элементовъ надо всѣ цинки соединить между собою металлическими лентами, и всѣ мѣдные листы соединить лентами или проволоками въ одно отдельное 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

сломъ гальваническихъ элементовъ надо изъ нихъ составить батарею такимъ образомъ, чтобы внутреннее сопротивленіе было равно сопротивленію вышняго проводника или по крайней мѣрѣ по возможности къ нему приближалось. Къ этому надо еще привыкнуть, 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, батарея состоять изъ послѣдовательно соединенныхъ элементовъ; въ хирургическихъ операцияхъ (гальванокаустика) нужна батарея изъ параллельно соединенныхъ элементовъ. Изображенная на черт. 3 (I) батарея представляетъ наилучшее соединеніе изъ 8 элементовъ для дѣйствія на вышнее сопротивленіе, которое вдвое больше внутренняго сопротивленія единичнаго элемента. Если бы вышнее сопротивленіе было вчетверо менѣе, чѣмъ въ первомъ случаѣ, то батарея надо дать видъ черт. 3 (II). Это слѣдуетъ изъ разсчетовъ по формулы Ома \*).



Чертежъ 3.

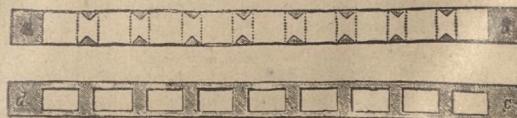
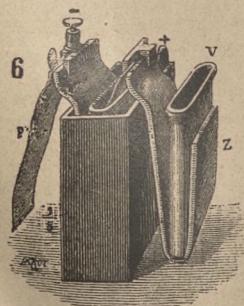
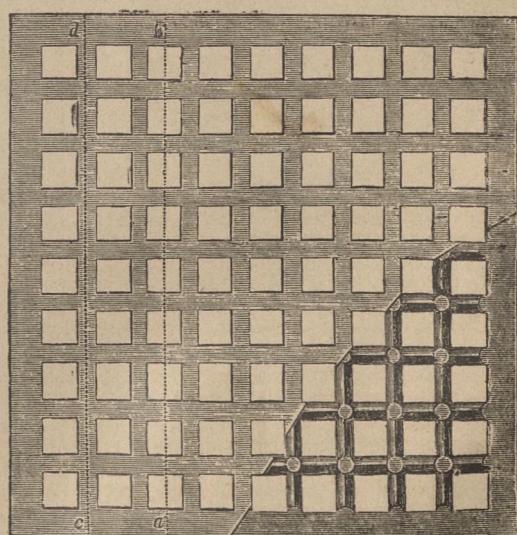
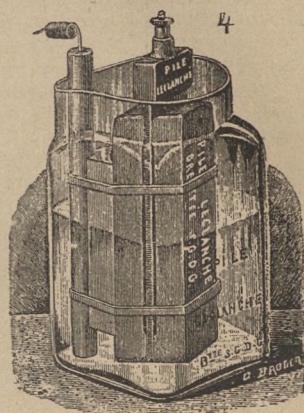
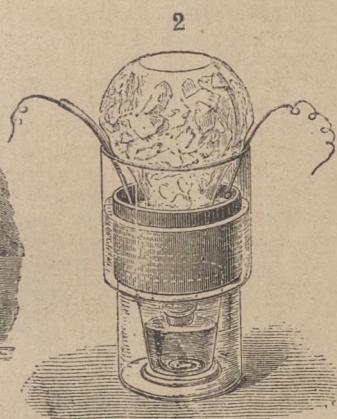
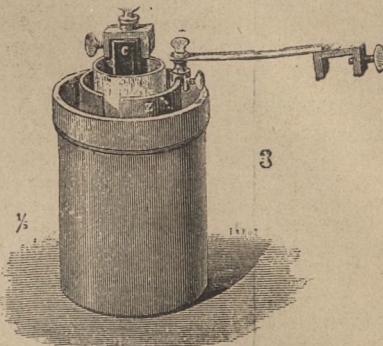
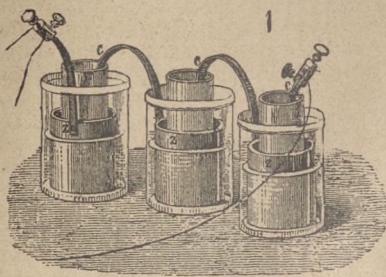
сложныхъ соединенія изъ 8 элементовъ, представленныхъ каждыемъ двумя концентрическими кольцами, разделенными черными промежутками. Не входя въ подробности, замѣтимъ, что по вышности способъ составленія этихъ батареи отличается отъ только что описанныхъ. Въ (I) по 4 элемента соединены послѣдовательно, но съ одного конца два крайнихъ цинка соединены металлической полоской KK, а съ противоположного двѣ крайнія мѣдныя пластины соединены пластинкой AA, которая и есть анодъ, тогда какъ KK—катодъ сложной батареи, равносильной послѣдовательно соединеннымъ двумъ элементамъ четырехъ поверхности. Случай, когда нужны батареи, опредѣленнымъ образомъ составленные, совершенно выясняется формулой Ома (гальванический токъ) при соблюденіи проистекающаго изъ нея правила, что для получения наилучшаго дѣйствія на какой нибудь проводникъ даннымиъ чи-

сравненіе гальваническихъ элементовъ между собою. Замѣтія, сюда относящіяся, были отчасти приведены при описаніи элементовъ. Достоинство гальваническаго элемента измѣряется силой тока, имъ развиваляемаго, 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—часть, то можно измѣрять работоспособность гальваническаго элемента амперъ-часовъ. Напримеръ, аккумуляторы, смотря по размѣрамъ, могутъ дать отъ 40 до 90 амперъ-часовъ. О способахъ измѣрения работы, доставляемой электрическимъ токомъ, эквивалентной работе, такъ называемой, паровой лошади впродолженіе одного часа—см. Работа, Энергія электрическаго тока.

Стоймость устройства и пользованія батарею имѣть 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 батареѣ. Поэтому определеніе 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—«Электрические элементы», 1891); менѣе подробно: «Die galvanischen Batterien», Hauck, 1883. Статьи въ журналахъ «Электричество», 1891 и 1892 гг.

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И БАТАРЕИ \*).



\* Объяснение см. въ текстѣ.  
Брокгаузъ и Ефронъ «Энциклопедія Словъ».

СПб. Тип. Ефрова.

санныхъ въ настоящей статьѣ, какъ одинъ изъ факторовъ, опредѣляющихъ достоинство элементовъ; сопротивленія же элементовъ, какъ зависиція отъ размѣровъ пластинокъ, величины погруженной части ихъ въ жидкость, отъ качества глиняныхъ банокъ въ элементахъ, где та-ковыя содержатся, представляютъ величины, имѣющія опредѣленное значеніе лишь въ конкретныхъ частныхъ случаяхъ. Электровозбудительная сила не зависитъ отъ размѣровъ элементовъ, но зависитъ отъ крѣпости кислоты и

степени насыщенности солей, въ которыхъ погружены одинъ и тѣ же пластинки. Поэтому въ таблицѣ приведены относящіяся сюда, где можно, определенные данные; сначала приводится название элемента, потомъ названы металлы и жидкость, въ которую онъ погруженъ, затѣмъ вторая жидкость и наконецъ металль, въ нее погруженный. Возбудительная сила показана въ вольтахъ (см. это сл. и Электровозбудительная сила). Составъ жидкостей опредѣляется числомъ вѣсовыхъ частей:

Даниель.	Амальг. цинкъ.	(1 ч. сѣрн. кисл.)	(насыщен. раствор.)	мѣдь . . . . .	1,079
		(4 ч. воды.)	(мѣдн. купороса.)		
"	"	" (1 ч. сѣрн. кисл.)	"	" . . . . .	0,978
"	"	" (12 ч. воды.)	"	" . . . . .	
"	"	" (1 ч. повар. соли)	"	" . . . . .	1,060
"	"	" (4 ч. воды.)	"	" . . . . .	
Грове	"	" (1 ч. сѣрн. кисл.)	(дымящаяся азотн. кислота.)	платина . . . . .	1,956
		" (4 ч. воды.)	(азотн. кисл.)		
"	"	" (1 ч. сѣрн. кисл.)	(азотн. кисл. относит. в. = 1,33)	" . . . . .	1,810
"	"	" (12 ч. воды.)	(азотн. кислота.)	уголь . . . . .	1,734
Бунзенъ	"	(развед. сѣрн. кисл.)	(хромовая ждк.)	" . . . . .	1,796—2,028
Попендорфъ	"	"	(тѣсто изъ сѣрнок.)	" . . . . .	
Маріе Деви	"	" (1 ч. сѣрн. кисл.)	(закиси ртути.)	" . . . . .	1,524
Лекланше	"	" (12 ч. воды.)	"	" . . . . .	
		(насыщен. раствор.)	(перекись марг.)	" . . . . .	1,481 *
Деларю	"	" (нашатыря)	" (хлористое сер.)	серебро . . . . .	1,059
Ніоде	"	"	(хлорная извѣсть.)	уголь . . . . .	1,650
Норм. элем. Флеминга	"	(раств. 25 ч. пов. соли въ 100 ч. в.)	"	" . . . . .	
		Цинкъ въ растворѣ цинк. куп. относ. в. 1,2; мѣдь въ растворѣ м. куп. относ. в. 1,2; темп. 15° Ц. . . . .			1,102
		Цинкъ въ растворѣ цинк. куп. относ. в. 1,4; мѣдь въ растворѣ м. куп. относ. в. 1,2; темп. 15° Ц. . . . .			1,072
				θ. Петрушевской.	

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

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

\*) Возбудительная сила въ началѣ дѣйствія.

\*\*) Нужно заметить, однако, что пять абсолютныхъ непроводниковъ электричества. Всѣ тѣла, называемыя непроводниками, взятые въ тонкомъ слоѣ, до некоторой степени проводятъ электричество и при обыкновенныхъ условіяхъ, безъ нагреванія (см. дальше).

\*\*\*) Электрическіе состоянія, точнѣе — потенциалы двухъ различно наэлектризованныхъ тѣлъ, дѣлаются равными при соединеніи въ нихъ тѣлъ проводникомъ въ томъ случаѣ, когда эти тѣла химически и физически вполнѣ одинаковы.

особенно рѣзко замѣчается, когда такимъ проводникомъ берется очень тонкая проволока; послѣдняя можетъ даже вполнѣ разрушиться, обратившись въ мелкій порошокъ (для этого необходимо лишь очень сильная электризациѣ одного изъ соединяемыхъ тѣлъ); этотъ проводникъ дѣйствуетъ на находящуюся вблизи магнитную стрѣлку, какъ бы сообщающей ей толчокъ; если соединеніе различно наэлектризованныхъ тѣлъ дѣлается одновременно при посредствѣ твердыхъ и жидкіхъ веществъ, можетъ случиться, что на границахъ, отдѣляющихъ твердые тѣла отъ жидкіхъ, будуть замѣчены продукты химическаго разложенія жидкостей; этотъ проводникъ, наконецъ, въ другомъ соединеніи съ нимъ проводникъ вызываетъ явленіе, вполнѣ подобное тому, какое происходитъ въ немъ самому. Такое явленіе въ проводникѣ иноситъ название электрическаго тока. Оно выражается въ измѣненіяхъ состоянія самого проводника (внутреннія дѣйствія тока) и также въ дѣйствіяхъ виѣ его (внѣшнія дѣйствія тока). По существовавшему въ прежнее время предположенію присутствія въ тѣлахъ особыхъ электрическихъ жидкостей, какъ причины, вызывающей въ нихъ электризацию, электрическій токъ принимался за теченіе этой жидкости изъ одного тѣла въ другое (отсюда и название токъ) и направление, въ какомъ допускалось перемѣщеніе положительного электричества, считалось за направление 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, измѣряющимъ весьма малою долею секунды. Но подобное явленіе возможно удержать и произвольно долгое время; для этого необходимо только сохранять все это время электрическій состоянія обоихъ тѣлъ неодинаковыми. Простая электрическая машина даетъ къ этому средства. Пока поддерживается такою машиной различіе въ электрическомъ состояніи двухъ проводящихъ тѣлъ, въ проводникѣ, соединяющемъ ихъ, продолжается существование электрическаго тока. Въ проводникѣ непрерывно выдѣляется теплота; магнитная стрѣлка, помѣщенная на вертикальной оси вблизи такого проводника (подъ лімомъ или надъ нимъ) и въ своемъ положеніи равновѣсія подъ дѣйствіемъ земнаго магнетизма, когда въ проводникѣ нѣть тока, параллельная ему, удерживается отклоненію на нѣкоторый уголъ отъ этого положенія (плоскости магнитнаго меридіана); въ жидкости, составляющей часть всего проводника, соединяющаго тѣла, наблюдается химическое разложеніе; продукты этого разложения выдѣляются на границахъ, отдѣляющихъ твердые части проводника отъ жидкости; проводникъ притягиваетъ или отталкиваетъ другой проводникъ, въ который также поддерживается электрический токъ. Такимъ образомъ выдѣление теплоты въ проводникѣ, отклоненіе магнитной стрѣлки изъ ея естественнаго положенія, химическое разложение проводящей жидкости (электролизъ), притяженіе или отталкиваніе другого проводника также съ токомъ

(явленія электродинамическія)—вотъ *наиболѣе* характерныя дѣйствія, вызываемыя явленіемъ электрическаго тока. Къ этому нужно прибавить еще намагничивание, какое получается въ стальной или жеѣзной иглѣ, если помѣстить послѣднюю въ катушку, сдѣланную изъ обмотанной шелкомъ или бумагой проволоки и пропустить чрезъ эту проволоку электрическаго тока, а также возбужденіе электрическаго тока въ соединеніи, отдѣленномъ непроводящимъ средою, другому проводнику въ моментъ появленія или исчезновенія тока въ рассматриваемомъ. Всѣ упомянутыя дѣйствія тока при употреблении электрической машины для сохраненія постояннаго различія между электрическими состояніями двухъ тѣлъ, между которыми въ проводникѣ получается такой токъ, будуть вообще очень слабыя. Говорить, 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 соединить подобными же проводниками оба полюса. На этихъ полюсахъ, пока нѣть соединительнаго проводника, пока элементъ, какъ говорить, разомкнуть и тщательно изолировать, наблюдается различная по знаку электризация. Электроскопъ обнаруживаетъ положительное электричество на одномъ полюсе 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 разомкнутъ, наблюдалась на его полюсахъ разность потенциаловъ зависить исключительно отъ состава элемента, температуры его и въ незначительной степени отъ давленія окружающей среды. Послѣднее, впрочемъ, обнаруживается только при значительномъ искусственномъ измѣненіи упругости этой среды. Эта разность потенциаловъ не мѣняется при сохраненіи состава элемента измѣненіемъ формы и размѣровъ его. Когда полюсы элемента соединены другъ съ другомъ при посредствѣ какого-либо проводника (elementъ, какъ говорятъ, замкнуть этимъ проводникомъ), они остаются въпрежнему различно наэлектризованными. Электрометръ обнаруживаетъ и теперь разность потенциаловъ между ними. Эта разность потенциаловъ, однако, иная, чѣмъ тогдѣ, когда элементъ разомкнутъ. Она измѣняется, кроме того, вмѣстѣ съ измѣненіемъ проводника, соединяющаго собою полюсы. Итакъ, въ проводникѣ, соединяющемъ полюсы, долженъ явиться электрическій токъ. Этотъ-то токъ иноситъ название *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 наэлектризованными электрическими машинами.

ною, тѣлами. Здѣсь также полюсы элемента непрерывно поддерживаются наэлектризованными, одинъ положительно, другой отрицательно, производится лишь послѣднее не дѣйствіемъ посторонней машины, а постоянно происходящими при этомъ химическими соединеніями тѣлъ, входящихъ въ составъ элемента. Гальванический 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 проволокѣ между полюсами элемента Вульстена (мѣдь и цинкъ въ подкисленной водѣ) токъ имѣеть направление 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 цѣль), идя отъ одного полюса элемента къ другому чрезъ внѣшний проводникѣ и продолжая свой путь внутри элемента чрезъ его жидкость отъ этого второго полюса къ первому. Съ точки зренія теоріи двухъ электрическихъ жидкостей обратное направление электрическаго теченія между полюсами внутри элемента, сравнительно съ направлениемъ движенія электричества во внѣшнемъ проводникѣ, объясняется непрерывно происходящими вслѣдствіе химическихъ дѣйствій въ элементѣ разъединеніемъ двухъ электричествъ въ каждой частицѣ жидкости, которая соединяется затѣмъ съ противоположными жидкостями въ сосѣднихъ съ этой частицахъ и, наконецъ, съ частицѣ, прилегающими къ полюсамъ, сообщаются этимъ послѣднимъ; при чёмъ каждый полюсъ получаетъ лишь одно электричество. Явленіе гальваническаго тока, а вмѣстѣ съ этимъ химическое соединеніе и распаденіе внутри элемента существуютъ, пока полюсы элемента соединены проводникомъ. То и другое прекращается тотчасъ, какъ только будетъ нарушено соединеніе полюсовъ проводникомъ или внѣшней проводникомъ будетъ раздѣленъ поперекъ тока какимъ либо непроводящимъ электричество веществомъ.

Замѣтимъ прежде всего весьма важное положение, выведенное теоретически и подтвержденное путемъ опытныхъ изслѣдований. Какъ уже сказано, существование 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 выдѣлиться вслѣдствіе такихъ химическихъ дѣйствій (комбинація тѣлъ только тогда и составляетъ элементъ, т. е. можетъ дать токъ, когда химическая дѣйствія, происходящія между этими тѣлами, даютъ въ результатѣ выдѣленіе тепла), осложненныхъ измѣненіями и физичес-

кихъ свойствъ тѣлъ, составляющихъ элементъ, когда внутри него произойдетъ извѣстное по количеству химическое соединеніе и затѣмъ наблюдать, что происходитъ на самомъ дѣлѣ, когда элементъ замкнутъ и химическая реакція въ немъ существуетъ, — окажется, что внутри элемента, при образованіи подобного по количеству химического соединенія, не образуется столько тепла. Теплоты внутри элемента получается вообще меньше. Но, если опредѣлить вмѣстѣ съ этимъ и тепло, какое разрывается за это время во внѣшней части цѣпи, сумма количествъ обѣихъ теплот получается равной количеству теплоты, вычисленному по даннымъ термохиміи. Прямоѣмъ, однако, прохожденіе тока по внѣшней части цѣпи не должно сопровождаться приведеніемъ въ движение 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, наблюдавшаяся во всей цѣпи. Разность между двумя этими количествами оказывается равной количеству тепла, эквивалентному совершенной токомъ работы. Мы имѣемъ здѣсь подтвержденіе закона сохраненія энергии. 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 сильный дѣйствія тока опредѣляютъ большую или меньшую силу его. Сила тока, такимъ образомъ, — количественная характеристика тока въ отношеніи тѣхъ явлѣній, какія могутъ быть вызваны имъ. Но можетъ быть дано и иное опредѣлѣніе силы тока, соответствующее теоріи электрическихъ жидкостей. Сила тока есть количество электричества, протекающаго по расчету въ единицу времени чрезъ поперечное сечение цѣпи. Это количество для всякаго поперечного сечения цѣпи, если только току представляется одинъ путь (внѣшняя часть цѣпи безъ разѣтвленій), 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 неразѣтвленной цѣпи одна и та же. Изученіе различныхъ дѣйствій тока приводитъ къ заключенію, что между всѣми этими дѣйствіями существуетъ соответствие. Пропускная 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 врачающаяся 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

\* Направление тока легче всего опредѣлется по отклонению токомъ сѣверного конца магнитной стрѣлки на основаніи правила Ампера: для наблюдателя, вообразившаго себѣ плавающимъ по направлению тока съ линіей, обращенной къ сѣверному полюсу стрѣлки, отклонение сѣверного конца этой стрѣлки будетъ казаться вѣжо.

определены (вольтаметр), можно замѣтить, что количество жидкости, разлагаемой въ определенный промежуток времени, и сила, съ какою взятый проводникъ действуетъ на магнитную стрѣлку, стремясь отклонить послѣднюю изъ ея положенія равновѣсія (изъ плоскости магнитного меридиана), при различныхъ токахъ, строго пропорциональны другъ къ другу. Если, кромѣ того, опредѣлять количество теплоты, выдѣляемой въ какой нибудь части цѣпіи, всегда состоящей изъ одного и того же проводника, то окажется, что при различныхъ токахъ это количество теплоты, получаемое въ определенное время, измѣняется быстрѣе, чѣмъ действие тока на магнитную стрѣлку или количество разлагаемой имъ въ это же время жидкости. Выдѣление тепла пропорционально квадрату величинъ, выражавшихъ дѣйствіе тока на магнитную стрѣлку и количество разлагающейся жидкости. Оба послѣднія дѣйствія, какъ показываютъ опыты, пропорциональны силѣ тока, опредѣляемой количествомъ электричества, протекающаго въ единицу времени чрезъ поперечное сѣченіе проводника. Выдѣление тепла въ данномъ проводнике въ извѣстное время пропорционально, слѣдовательно, квадрату силы тока.

На основаніи сказанного по каждому изъ упомянутыхъ трехъ различныхъ дѣйствій тока является возможность измѣрять его силу (см. Вольтаметръ, Гальванометръ, Калориметръ, Термовъявленія тока). Измѣреніе силы является возможнымъ еще и по дѣйствію, какое оказываетъ одна часть цѣпіи на другую часть подвижную (см. Электродинамометръ). Это дѣйствіе, какъ показали опыты Ампера, пропорционально квадрату силы тока.

За единицу силы тока въ настоящее время обыкновенно принимается сила тока, выдѣляющаго изъ раствора азотно-серебряной соли въ одну секунду 1,118 м. гр. серебра. Такая сила тока носить название *ампера*. Въ теоріи электричества за единицу силы тока принимается сила въ 10 разъ большая Ампера. Такая единица называется абсолютной электромагнитной единицею силы тока (см. Единицы).

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

Измѣривъ силу тока, существующаго въ какой-либо цѣпіи элемента, и затѣмъ раздѣливъ виѣшнюю часть цѣпіи поперекъ тока на двѣ части и помѣстивъ между этими частями какой-нибудь новый лишній проводникъ, мы замѣтимъ уменьшеніе силы тока. Итакъ, введеніе нового проводника въ существующую цѣпь сопровождается ослабленіемъ тока. Это ослабленіе тока будетъ тѣмъ значительне, чѣмъ длинище вводимый въ цѣпь проводникъ при томъ же веществѣ его и томъ же сѣченіи, или чѣмъ меньше его поперечное сѣченіе при той же длине и томъ же веществѣ его. При одинаковыхъ размѣбрахъ и формѣ проводниковъ ослабленіе тока, производимое помѣщеніемъ

ихъ въ цѣпь, неодинаково для различныхъ веществъ, изъ которыхъ приготовлены эти проводники. Меньше всего произведетъ ослабленіе проводникъ изъ серебра, несолько больше — изъ мѣди, еще больше — изъ жѣлеза, висмута и особенно значительное ослабленіе получается при введеніи въ цѣпь столба жидкости. Такое уменьшеніе силы тока при помѣщеніи въ цѣпь нового проводника называется «гальваническому сопротивленію» послѣдняго. Сравненіе дѣйствій, оказываемыхъ на силу тока различными, вводимыми въ цѣпь проводниками, даетъ возможность сравненія сопротивленій этихъ проводниковъ и выраженія сопротивленія какого-либо проводника въ принятой единицѣ такого сопротивленія. Простая подстановка на мѣсто испытуемаго проводника другого, производящаго одинаковое ослабленіе тока, можетъ дать средство определенія исключаго сопротивленія. Такой способъ однако не надеженъ. Несравненно точнѣе достигается это при употребленіи во виѣшней части цѣпіи системы расположения проводниковъ, извѣстной подъ названіемъ системы мостика Витстона (см. Мостикъ Витстона).

Опыты показываютъ, что величина сопротивленія всякаго тѣла, имѣющаго форму цилиндра, бруска, какого-нибудь одного и того же по всей длине сѣченія, или ленты, можетъ быть выражено формулой  $g = \rho \frac{l}{s}$ . Здѣсь  $g$  — сопротивленіе этого проводника,  $l$  — длина и  $s$  — поперечное сѣченіе его,  $\rho$  — относительное сопротивленіе вещества проводника, т. е. выраженіе въ принятой единицѣ сопротивленіе приготовленаго изъ это вещества бруска, имѣющаго единицу длины и единицу поперечного сѣченія. Сопротивленіе проводника, котораго поперечное сѣченіе не одинаково по всей длине или который составленъ изъ несколькихъ проводниковъ, различныхъ по веществу 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 влияніе на величину его сопротивленія. Въ твердыхъ и жидкіхъ проводникахъ, химически не разлагающихся на составные части при прохожденіи по нимъ тока, за исключеніемъ всѣхъ сортовъ угля, кокса, графита и недавно приготовленаго сплава, названнаго манганиномъ (этотъ сплавъ состоитъ изъ мѣди, 83%, никеля, 4%, и марганца, 13%), повышение температуры сопровождается увеличеніемъ сопротивленія. Въ графитѣ, коксѣ, угляхъ и манганине, напротивъ, увеличеніе температуры вызываетъ уменьшеніе сопротивленія\*). Особенно сильно это проявляется въ графитѣ и коксѣ, въ манганине же измѣненіе сопротивленія очень мало.

\*.) Въ металлахъ уменьшеніе сопротивленія при охлажденіи происходитъ и при очень низкихъ температурахъ. По опытамъ Dewar и Flemmingа такою уменьшеннемъ сопротивленія наблюдалось до  $-197^{\circ}$  (температуры кипѣнія жидкаго кислорода подъ давленіемъ ртутнаго столба въ 25 м. высоты). Для чистыхъ металловъ сопротивленіе при абсолютномъ нулю температурѣ вычисляется близко равнымъ нулю. Уголь, напротивъ, и при такихъ охлажденіяхъ показываетъ увеличеніе сопротивленія.

Во всѣхъ жидкостяхъ и твердыхъ тѣлахъ, разлагающихся токомъ, увеличеніе температуры производитъ уменьшеніе сопротивленія. Такое же дѣйствіе оказываетъ нагреваніе и на тѣла, дурно проводящія электричество, такъ называемыя изоляторы. Всѣ изоляторы, даже совсѣмъ не проводящіе электричества при обыкновенной температурѣ (какъ, напр., газы при обыкновенной упругости), явлюются проводниками, когда они нагрѣты до извѣстнаго числа градусовъ. Вообще сопротивленіе тѣла при какой-нибудь температурѣ  $t$  можно выразить, въ зависимости отъ сопротивленія этого тѣла при  $0^{\circ}$ , формулой:  $r = r_0 (1 + \alpha t)$ . Здѣсь  $\alpha$  температурный коэффициентъ сопротивленія. Въ отношеніи гальваническаго сопротивленія весьма интересна является селенъ въ кристаллическомъ состояніи. Такой селенъ является чувствительнымъ къ свѣту. Его сопротивленіе весьма значительно уменьшается при освѣщеніи. Свѣтъ дѣйствуетъ также и на сопротивленіе смѣси сѣры съ сѣрнистыми 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 особья сelenовыя соединенія съ мѣдью, которая и подвергаются измѣненіямъ при дѣйствіи свѣтовыхъ лучей. На сопротивленіе металловъ вліяетъ и намагничивание. Помѣщеніе металлическаго проводника въ магнитное поле сопровождается измѣненіемъ его сопротивленія. Особенно обнаруживается такое вліяніе магнитного 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. сѣченіи и при температурѣ  $0^{\circ}$ . Въ теоріи электричества за единицу сопротивленія принимается сопротивленіе въ  $10^9$  разъ менѣе, чѣмъ омъ. Послѣдняя единица носитъ название абсолютной электромагнитной единицы сопротивленія.

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

Серебро . . . при $0^{\circ}$	$\rho = 1,492$	$\alpha = +0,00377$
Мѣдь . . . . .	1,584	+0,00388
Платина . . . . .	8,981	+0,00247
Желѣзо 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
Обыкнов. 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 сопротивлению тѣла, т. е.

представляющая собою  $1/r$ , носить название проводимости этого тѣла. О проводимости жидкостей см. Гальванопроводность, стр. 39.

Какъ уже замѣчено выше, газы, особенно при обыкновенномъ атмосферномъ давлѣніи, представляютъ собою наиболѣе севершенныя изоляторы. Если раздѣлить вѣшнюю часть цепи 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 отдѣленными 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 слой, когда прилежащая къ нему оконечность проводника, на которой электризация отрицательная, освѣщается ультрафиолетовыми лучами свѣта.

При одной и той же вѣшней части цепи являющейся въ ней токъ измѣняется вмѣстѣ съ измѣненіемъ размѣровъ элементовъ и, главнымъ образомъ, вмѣстѣ съ измѣненіемъ состава ихъ. Итакъ, при одномъ и томъ же сопротивлении вѣшнихъ проводниковъ сила тока въ цѣпи можетъ быть весьма различна. Если соединить начало и конецъ проводниковъ, составляющихъ вѣшнюю часть цепи, 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 цепи. При замѣнѣ одного элемента другимъ, иныхъ размѣровъ или иного состава, эта разность потенциаловъ получается также иная. Если вѣшняя часть цепи вся состоитъ изъ проводниковъ, не разлагающихся дѣйствиемъ тока, то, измѣряя одновременно силу тока въ цѣпи и разность потенциаловъ на двухъ концахъ вѣшней частицы, мы найдемъ, что сила тока пропорциональна этой разности потенциаловъ. Если соединить съ электрометромъ начало и конецъ любого проводника, помѣщенного во вѣшней части цепи, 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 случаю возбужденія тока дѣйствіемъ электрическихъ или динамо-машинъ), протекающей чрезъ всякую однородную часть цепи токъ измѣняется, какъ показываютъ опыты, свою силу пропорционально появляющейся на концахъ этой части цепи разности потенциаловъ. Если, обратно, удерживать разность потенциаловъ, указываемую электрометромъ, на концахъ проводника одною и тою же и менять самый проводникъ, беря его съ различными сопротивленіями, сила тока въ проводникѣ будетъ также меняться. Сила тока получается всегда обратно пропорционально сопротивлению проводника. На основаніи сказанного получается весьма важное соотношеніе между силой тока ( $J$ ), сопротивлениемъ однороднаго проводника ( $R$ ) и разностью потенциаловъ на двухъ концахъ этого проводника ( $V_1 - V_2$ ):

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

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

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

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

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

Разность потенциаловъ на концахъ проводника очень часто называется электродвижущей силою, дѣйствующею въ такомъ проводнике.

Если рассматриваемый проводникъ во вѣтшней части цѣпи представляетъ собою два не разлагающіяся токомъ вещества (напр., два одинаковыхъ металла), отдаленныхъ другъ отъ друга веществами разлагающимися (напр., како-нибудь проводящемъ жидкостью), или же состоитъ 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 составнаго проводника выражается въ зависимости отъ разности потенциаловъ на концахъ проводника и сопротивленія его чрезъ

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

Здѣсь  $e$  въ первомъ случаѣ представляетъ собою электродвижущую силу поляризациіи (см. Поляризациія электр.), являющуюся въ комбинаціи упомянутыхъ выше неразлагающихся и разлагающихся тѣлъ; во второмъ случаѣ выражаетъ собою сумму разностей потенциаловъ, наблюдавшихъ въ мѣстахъ сприкосновенія разнородныхъ проводниковъ (явленіе Вольта). Принимая во вниманіе послѣднее, болѣе общее выражение для силы тока въ отдаленныхъ частяхъ цѣпи, возможно для замкнутой цѣпи, въ которой имѣется элементъ или батарея (тоже и для случая образования тока динамо-машиною), представить силу тока формулой:

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

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

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

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

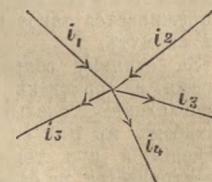
Теорема I. Если въ одномъ мѣстѣ пересекаются нѣсколько проводниковъ, то сумма силъ токовъ, притекающихъ по проводникамъ къ этому мѣсту, равна суммѣ силъ токовъ, утекающихъ отъ него  $i_1 + i_2 + \dots = i'_1 + i'_2 + i'_3 + \dots$  Эта теорема, иначе, выражаетъ невозможность непрерывнаго накопленія электричества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

Теорема II. Въ каждомъ замкнутомъ контурѣ, выѣденномъ 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 рассматриваемаго контура. При этомъ въ общихъ алгебраическихъ суммахъ принимается для рассматриваемой силы тока и электродвижущей силы знакъ + или —, смотря по направлению (относительно движенія часовой стрѣлки), какое имѣть данный токъ и по какому образовался бы токъ отъ рассматриваемой электродвижущей силы.

Чертежъ 2 изображаетъ сѣть проводниковъ. Приложимъ II теорему Кирхгофа къ замкнутому контуру въ этой сѣти ABCDE. Стрѣлки означаютъ направлениія токовъ въ отдаленныхъ частяхъ этого контура. Пусть большая поперечная линія въ мѣстахъ, въ которыхъ показанъ источникъ тока, соответствуетъ положительному полюсу этого источника; тогда по II теоремѣ:  $i_{r_1} + i_{r_2} - i_{r_3} - i_{r_4} + i_{r_5} = E_1 + E_2 - E_4$ .

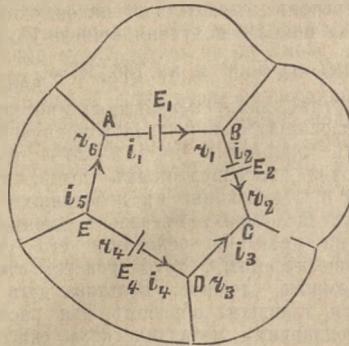
II теорема можетъ быть выведена какъ слѣдствіе формулы 3, примѣненной для всѣхъ отдаленныхъ частей замкнутаго контура.

Нужно замѣтить, что приведенная формулы



Чертежъ 1

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



Черт. 2.

мѣ того, величина, характеризующая самоиндукцію разматываемаго проводника (см. Индукція, Индукціонный токъ).

Кромѣ вышеупомянутыхъ замѣчаются и другія дѣйствія тока. Подъ влияніемъ 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. Прояхдя по жидкости, находящейся въ тонкой стеклянной трубкѣ, токъ вызывается въ ней особыя движенія. Сильный токъ, пропущенный по твердому проводнику, расплавляетъ и обращаетъ въ парь вещество этого проводника. Всякое измѣненіе силы тока въ какомъ-либо проводникѣ сопровождается возникновеніемъ въ другомъ соединеніемъ проводникѣ также электрическаго процесса (индукція); при этомъ въ послѣднемъ наблюдается или возбужденіе двухъ противоположныхъ по знаку электризаций (когда проводникъ не замкнутъ) или же появленіе тока (когда проводникъ замкнутъ). Подобное же явленіе происходитъ и при измѣненіи относительного 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 поляризованія свѣта поворачивается около направлѣнія луча на иѣкоторый уголъ. Всѣ эти дѣйствія тщательно изучены и определены законы, управляющіе ими, но сама природа электрическаго тока до сихъ порть еще вполнѣ неизвѣстна. Не теченіе, конечно, электрическихъ жидкостей по проводнику составляетъ электрический токъ. Это явленіе—механическое. Токъ, несомнѣнно, представляетъ собою какія-то движенія въ энирѣ; но что это за движенія—пока мы не знаемъ. Весьма интересно ученіе о токѣ, выведенное англійскимъ физикомъ Пойнтингомъ изъ началь теоріи

Максвелла и имѣющее не мало сторонниковъ въ Англіи. По этому ученію при существованіи тока въ цѣпи не происходитъ въ самихъ проводникахъ никакаго иного явленія, кромѣ выдѣленія тепла, самый электрический процессъ, вызывающій всѣ дѣйствія, обыкновенно приписываемыя току въ проводникахъ, происходитъ на самомъ дѣлѣ въ окружающей изолирующей средѣ. Въ послѣдней возникаютъ особыя движения энира, преобразовывающіяся въ тепловыя движения матеріи внутри массы проводника. Проводникъ является, такимъ образомъ, разрушителемъ электрическихъ движений. Самое распространеніе электрическихъ движений происходитъ не по направлению проводника, а изъ окружающей среды перенаправлено къ нему.

И. Бориманъ.

**Гальваническое гравированіе**, или **гальваническое травленіе** заключается въ вытравленіи рисунка, сдѣланного иглою на покрытой особымъ лакомъ мѣдной доскѣ, не крѣпко водкою (офортъ), но при помощи гальваническаго тока. Доска съ рисункомъ помѣщается въ растворъ мѣднаго купороса, соединяется проволокою не съ тѣмъ электродомъ, къ которому идетъ въ жидкостѣ токъ, а съ тѣмъ, отъ которого 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, пропаралланиемъ иглою 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, которые могутъ быть помѣщены въ текстъ и печатаются обыкновеннымъ типографскимъ станкомъ, осаждаются гальванопластическія мѣдь на рисунокъ, сдѣланый на мѣдной доскѣ прорѣзомъ восковаго или иного непроводящаго электричество слоя, на ней наложенаго, рѣдко приложимый способъ.

О. П.

**Гальванографія** — 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 свободные отъ краски, а потомъ мало-по-малу и саму краску, такъ что получается металлическая кошѣя, представляющая вогнутый рисунокъ, съ котораго можно печатать. Эта способъ воспроизведенія рисунковъ, придуманный въ 1842 г. Кобеллемъ, имѣлъ мало приложенийъ.

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

**Гальванокаустика** — прижиганіе, разрушеніе и разъединеніе тканей помошью платиновой проволоки, накаленной гальваническими токами. 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 большимъ успѣхомъ замѣнѣсть ножъ и калеое жѣлѣзо въ очень многихъ случаяхъ, имѣя прѣль ними рядъ преимуществъ: прижиганіе ткани можно дѣлать въ такихъ глубокихъ частяхъ, куда нельзя проникнуть, безъ значительного поврежденія, ножомъ или раскаленнымъ жѣлѣзомъ; разрѣзаніе ткани происходитъ безъ кровотеченія; къ назначенному пункту проволока можетъ быть приложена холодной, а затѣмъ накалена на опредѣленный срокъ времени и вынута и удалена холодной и т. д. Накаленная гальваническимъ токомъ платиновая проволока употребляется также для свертыванія крови въ сосудахъ, напр., при анеризмахъ. Проволока должна накаливаться гальваническимъ токомъ, возможно сильнымъ и равномѣрнымъ, но употребляется иногда статическое электричество (электропунктура, см. Гальванические элементы, стр. 14). А. Л.—й.

**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 вытеснять обычные химіческіе процессы металлургіи лишь въ самое послѣднее время, благодаря появлению дешевыхъ и промышленныхъ источниковъ тока — динамо-электрическихъ машинъ. Преимущества Г. передъ химіческими 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. Гальванометаллургіческіе 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. имѣтъ электролизъ солей.

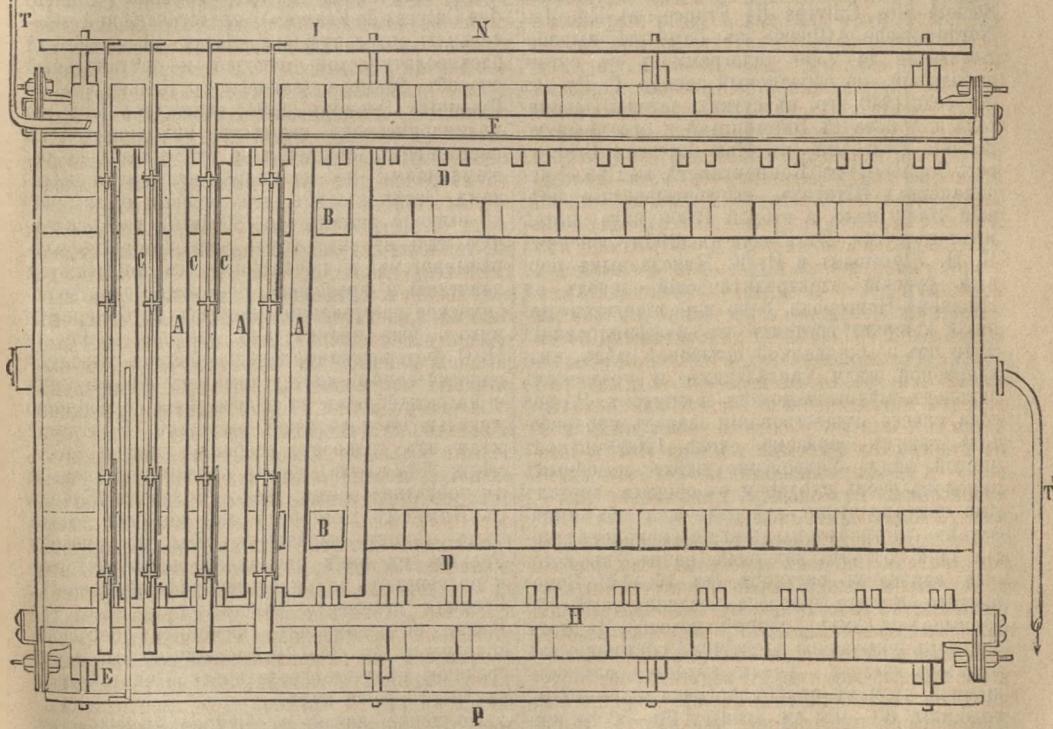
Для электролитического разложенія (см. Электролизъ) водного раствора соли необходимо, чтобы между двумя электродами, опущенными въ него, существовала опредѣленная разность потенциаловъ  $V$ , величина которой зависитъ отъ природы разлагаемой соли, и которую, выраженную въ вольтахъ, мы получимъ по раздѣленіи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

цесса и выражается въ амперахъ на квадратный метръ электродовъ (плотность тока). Работу  $W$ , затраченную на отложеніе втечение  $t$  секундъ извѣстнаго количества металла, получимъ выраженной въ лошадиныхъ силахъ въ часъ, 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 неизбѣжныхъ потерь при преобразованіяхъ энергіи, затраченную работу слѣдуетъ принимать на 15—20% больше. Электроплавъ расплавленныхъ солей, примѣняемый при добываніи въ небольшихъ количествахъ щелочныхъ металловъ, менѣе привился на практикѣ, основаніе его тѣ же, что вышесказанныя, хотя процессъ самъ по себѣ немногого сложнѣе. Вольтова дуга применяется, главнымъ образомъ, для раскисленія тугоплавкихъ металлическихъ окисей въ присутствіи углерода; примѣнность ея обусловлена возможностью сконцентрировать при помощи дуги громадное количество тепла на небольшомъ количествѣ вещества (вольтова дуга, образованная токомъ въ  $A$  амперахъ при разности потенциаловъ въ  $V$  вольтъ, выѣляетъ въ секунду 0,238  $A \times V$  малыхъ калорій). Въ промышленной Г. этотъ способъ примѣняется главнымъ образомъ при добываніи алюминія.

Въ Г. для добыванія тока применяются почти исключительно динамомашины, приводимыя въ движение паровыми машинами или довольно часто водяными колесами или турбинами. Двигатель динамомашины долженъ обладать достаточной равномѣрностью въ скорости вращенія, такъ какъ измѣненія ея вызываютъ измѣненія въ разности потенциаловъ у зажимовъ машины. Динамомашинѣ должна обладать слѣдующими свойствами: 1) она должна у зажимовъ своихъ давать постоянную разность потенциаловъ независимо отъ силы вѣнчайшаго тока и возможно менѣе подвергаться перемѣнѣ полярности возбуждающихъ электромагнитовъ; этимъ условіемъ удовлетворяютъ главнымъ образомъ динамомашины (см. это сл.) съ параллельнымъ возбужденіемъ (шунть), а затѣмъ, хотя и менѣе, динамомашины со сложнымъ возбужденіемъ (компаундъ); 2) сопротивление якоря должно быть весьма пеззначительно, ввиду необходимости получать сильные токи при небольшой разности потенциаловъ. Поэтому въ подобныхъ машинахъ часто обмотку якоря дѣлаютъ не изъ проволоки, а изъ соединенныхъ между собой толстыхъ медныхъ брусьевъ. Динамомашины, примѣняемыя въ Г., должны давать или весьма пеззначительную разность потенциаловъ (2—5 вольтъ), если ванны, въ которыхъ происходит разложение, соединены параллельно (см. Гальваническія батареи), или болѣе значительную (до 50 вольтъ), если ванны соединены послѣдовательно; въ первомъ случаѣ примѣнимы даже униполарныя динамомашины съ небольшою скоростью вращенія. Динамомашины соединяются съ сосудами, где происходит разложение, посредствомъ невозлированныхъ проводниковъ изъ толстыхъ медныхъ брусьевъ

или ленты, проложенныхъ изъ изоляторахъ вдоль помѣщенія и величина съченія которыхъ зависитъ отъ силы проходящаго по нимъ тока; принимаютъ обыкновенно около 1 кв. мм. съченія на каждый ампер проходящаго тока. Оконечности проводниковъ, опускаемыхъ 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 материалъ (проводникъ), не подвергающійся дѣйствію разлагаемаго раствора, или же онъ дѣлается изъ того же металла, который долженъ выдѣлиться на катодѣ. Послѣдній же дѣлается всегда изъ материала не подвергающагося дѣйствію 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 террасообразно 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 послѣдніхъ перемѣшивается вдуваніемъ сжатаго воздуха, выходящаго изъ пробитыхъ мелкими отверстіями трубъ, уложенныхыхъ на днѣ чана. Устройство чановъ и расположение въ нихъ электродовъ видно на прилагаемой фигурѣ I, где 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) расположения 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 дѣйствію 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 менѣется. Равномерность разлагаемаго раствора достигается тѣмъ, что жидкость въ чанахъ приводится въ постоянное движеніе.

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

Въ добываніи металловъ гальваническимъ путемъ нужно отличать два приема: очищеніе нечистаго металла, уже выдѣленного изъ руды, и собственно его получение изъ послѣдней. Что касается первого случая, то гальваническій способъ прилагается главнымъ образомъ къ очищению сырой жѣлѣзы и, отчасти,