

621.394

П18

# Т Е Л Е Г Р А Ф Ы.

ЧАСТЬ I.

*B. 615*  
*2.*

ГАЛВАНИЧЕСКІЯ БАТАРЕИ

и

ЗАКОНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКАГО ТОКА.

М. Ф. ПАРРОТЬ.

1864.



1991

621,394

п 18

38402

# ГАЛВАНИЧЕСКІЯ БАТАРЕИ

и

## ЗАКОНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКАГО ТОКА.

Абонамент навукова-  
технічна бібліотек  
Дата 2007

LIBRARY  
DATE  
NO.



## ИЗСЛѢДОВАНИЕ ГАЛВАНИЧЕСКИХЪ БАТАРЕЙ И ЗАКОНОВЪ ЭЛЕКТРИЧЕСКАГО ТОКА.

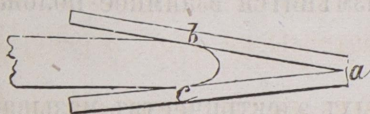
### Гальваническія батареи.

Гальваническій токъ получилъ въ настоящее время такое обширное практическое примѣненіе, что кажется не излишнимъ подвергнуть источники его и законы, по которымъ онъ дѣйствуетъ, болѣе подробному разсмотрѣнію и обсужденію.

Главное примѣненіе гальваническій токъ получилъ при устройствѣ электромагнитныхъ телеграфовъ, которые по этому въ настоящей статьѣ и будемъ имѣть въ виду.

§ 1. Приборы для возбужденія гальваническаго тока весьма различны, но имѣютъ все одно и тоже основаніе: соприкосновеніе разнородныхъ тѣлъ.

Слѣдующій весьма простой опытъ объяснить это лучше всего: кусокъ желѣза, если его придержать къ языку, то онъ совсѣмъ безъ всякаго вкуса; точно также кусокъ серебра. Если же одновременно придержать къ языку: съ одной стороны кусокъ желѣза *ab* (чер. 1), съ другой кусокъ серебра *ac* и потомъ приблизить



Чер. 1.

противоположные концы этихъ двухъ металловъ одинъ къ другому, то въ тотъ моментъ, когда они прикасаются въ точкѣ



*a*, мы почувствуемъ на языкѣ особенный вкусъ, свойственный галваническому току. Этотъ вкусъ тотчасъ прекращается, какъ скоро металлы не прикасаются, и при новомъ прикосновеніи ихъ снова является.

§ 2. Разборъ разныхъ теорій гальанизма отвлекъ бы насъ слишкомъ далеко отъ нашей цѣли и безъ всякой пользы; по этому мы придержимся теоріи прикосновенія, которая вполне объясняетъ все до сихъ поръ извѣстныя явленія и свойства и отличается своею простотою.

По этой теоріи мы объясняемъ только что сдѣланный опытъ слѣдующимъ образомъ: каждый изъ двухъ металловъ, употребленныхъ при опытѣ, содержитъ въ себѣ одинаковыя количества двухъ такъ называемыхъ электрическихъ жидкостей. Эти жидкости невидимы и невѣсомы. Въ обыкновенномъ положеніи металловъ онѣ соединены вмѣстѣ и въ такомъ случаѣ не обличаютъ никакого дѣйствія или явленія, по которому можно было бы убѣдиться въ ихъ существованіи. При прикосновеніи же двухъ металловъ, жидкости приводятся въ движеніе около точки прикосновенія: одна переходитъ съ серебра на желѣзо; другая обратно съ желѣза на серебро; первая называется положительнымъ, вторая отрицательнымъ электричествомъ.

Эти электричества имѣютъ стремленіе удалиться отъ точки прикосновенія металловъ, для соединенія вновь и возстановленія первоначальнаго состоянія совершеннаго бездѣйствія. Въ слѣдствіе этого стремленія они двигаются: положительное по направленію *ab*, отрицательное по направленію *ac* и соединяются проходя чрезъ языкъ. Въ тотъ же моментъ у точки прикосновенія переходятъ новыя количества жидкости, чтобы совершить тотъ же путь и это продолжается непрерывно, пока не измѣнится взаимное положеніе двухъ металловъ и языка.

Это теченіе двухъ противоположныхъ электричествъ называется



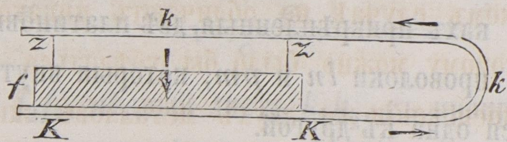
электрическимъ или галваническимъ токомъ, по фамиліи изобрѣтателя его Галвани. Основатель же этой теоріи Вольта.

По этой теоріи источникомъ галваническаго тока есть точка прикосновенія металловъ. Языкъ же, черезъ который токъ проходить, называется проводникомъ.

§ 3. Приведенный въ § 1 простой опытъ можно повторять со всѣми другими металлами, на примѣръ съ цинкомъ и съ мѣдью; можно дать имъ какую угодно форму и соединить концы металловъ, противоположные точкѣ прикосновенія, съ другими тѣлами, на прим. кускомъ сукна, намоченнымъ водою.

На чер. 2 изображенъ подобный приборъ слѣдующаго устройства: *zz* цинковая пластинка, круглая или четырехъ-угольная, *KK* такая же мѣдная пластинка съ приклепанною или припаянною къ

Чер. 2.



ней мѣдною же лентою или проволокою *kk*, свободный конецъ которой прикасается къ цинку и можетъ даже быть къ

нему припаяннымъ для лучшаго прикосновенія, *ff* кусокъ сукна, намоченный водою.

Въ этомъ приборѣ положительное электричество проходитъ отъ мѣди на цинкъ, оттуда на сукно и обратно на мѣдь, слѣдовательно пробѣгаетъ по назначенному стрѣлами направленію, а отрицательное по обратному направленію.

Направленіе, по которому пробѣгаетъ положительное электричество, называется направленіемъ тока и въ послѣдствіе мы будемъ говорить только объ этомъ направленіи, при чемъ всегда само собою разумѣется, что отрицательное электричество проходитъ по обратному направленію.

Приборъ этотъ называется галваническою парою.

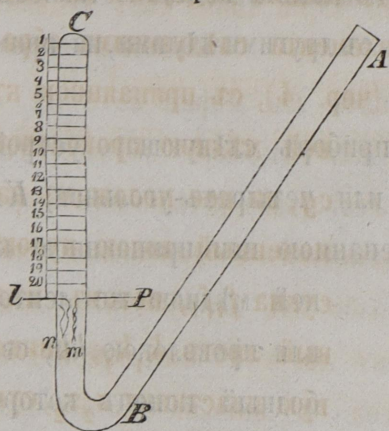
§ 4. Въ томъ, что въ галванической парѣ дѣйствительно суще-



ствуесть галваническій токъ и совершаетъ вышесказанный кругъ, можно убѣдиться слѣдующимъ образомъ помощію особаго инструмента, такъ называемаго вольтметра, и на основаніи свойства галваническаго тока разлагать воду на составныя ея части: водородъ и кислородъ.

Вольтметръ, изображенный на чер. 3, состоитъ изъ стеклянной изогнутой трубки, у которой одинъ конецъ *A* открытый, другой *C* закрытый; трубка наполняется водою съ примѣсью нѣсколькихъ капель сѣрной кислоты или соли.

Чер. 3.



У закрытаго конца трубки имѣется дѣленіе, показывающее объемъ воды, находящейся въ части трубки отъ конца *C* до черты дѣленія. Во внутрь этой трубки входят, наглухо въ стѣнкахъ прикрѣпленныя, двѣ платиновыя проволоки *ln* и *pt*, которыя внутри трубки не должны прикасаться одна къ другой.

Чтобы убѣдиться въ существованіи галваническаго тока въ мѣдной проволоцѣ *kk* галванической пары (чер. 2), стоитъ только разрѣзать эту проволоку и соединить концы съ концами *l* и *p* платиновыхъ проволокъ вольтметра.

Если въ опытѣ, приведенномъ въ § 2, чрезъ проволоку *kk* проходилъ галваническій токъ, то онъ и теперь долженъ проходить по этой проволоцѣ чрезъ воду, которая въ слѣдствіе этого должна разлагаться на свои составныя части: водородъ и кислородъ; и въ самомъ дѣлѣ, по прошествіи нѣкотораго времени, на платиновыхъ проволокахъ внутри трубки показываются пузырьки, которые все болѣе и болѣе увеличиваются, наконецъ отрываются отъ платиновыхъ проволокъ, по меньшему своему вѣсу поднимаются въ верхъ въ трубкѣ и накапливаются у конца ея *C*, откуда онѣ мало по малу вытѣсняють воду; горизонтъ воды все болѣе и болѣе понижается

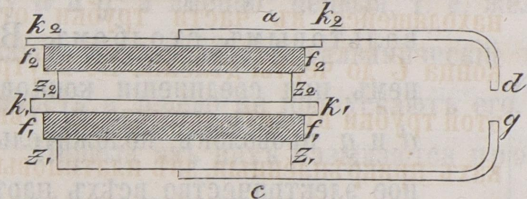


и по дѣленію, придѣланному къ трубкѣ, можно узнать количество образовавшихся такимъ образомъ газовъ.

Этотъ процессъ продолжается до тѣхъ поръ, пока горизонтъ воды не понизился до нижнихъ концовъ платиновыхъ проволокъ *m* и *n*.

§ 5. Одна пара, устроенная вышесказаннымъ образомъ, даетъ весьма слабый гальваническій токъ, въ слѣдствіе чего разложеніе воды въ трубкѣ вольтамметра происходитъ весьма медленно. По этому попробуемъ соединить два такихъ элемента слѣдующимъ образомъ: въ низу цинковая пластинка  $z_1$  (чер. 4), съ припаянною къ

Чер. 4.



ней мѣдною проволокою *sg*, на нее положимъ намоченный водою кусокъ сукна  $f_1f_1$ , потомъ мѣдн- ный листъ  $k_1k_1$ , цинко- вую пластинку  $z_2z_2$ , сук-

но  $f_2f_2$ , мѣдннй листъ  $k_2k_2$ , съ прикрѣпленною къ ней мѣдною же проволокою *ad*.

Соединяя теперь концы *d* и *g* мѣдныхъ проволокъ (чер. 4) съ платиновыми проволоками *l* и *p* вольтамметра (чер. 3), мы увидимъ, что разложеніе воды происходитъ гораздо скорѣе, изъ чего мы заключаемъ, что токъ въ этомъ случаѣ сильнѣе, чѣмъ въ первомъ.

Это объясняется весьма просто: въ точки прикосновенія мѣдной проволоки *gc* и цинка  $z_1z_1$  переходитъ въ каждый моментъ известное количество положительнаго электричества на цинкъ и, стремясь удалиться отъ точки прикосновенія металловъ, переходитъ черезъ сукно  $f_1f_1$ , черезъ мѣдннй листъ  $k_1k_1$ , черезъ цинковую пластинку  $z_2z_2$ , сукно  $f_2f_2$ , мѣдннй листъ  $k_2k_2$ , и пробѣгаетъ по проволокѣ *ad* черезъ включенную въ цѣпь тока воду и по проволокѣ *gc* назадъ къ тому мѣсту, откуда оно вышло. Независимо отъ этого, у точки прикосновенія другой пары  $k_1k_1$  и  $z_2z_2$  переходитъ на

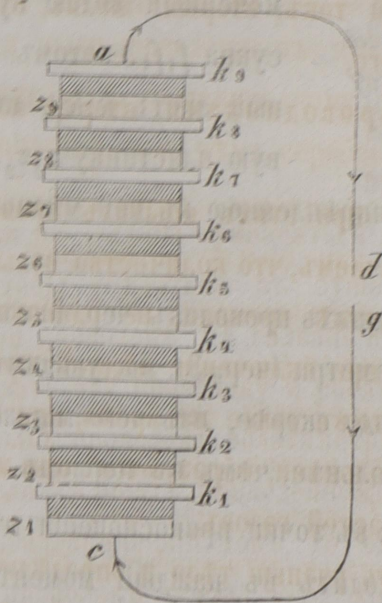


пунктъ такое же количество положительнаго электричества, какъ въ первой парѣ и пробѣгаетъ слѣдующимъ путемъ:  $z_2, f_2, k_2, a, d, \text{вода}, g, c, z_1, f_1, k_1$ .

Изъ этого мы видимъ, что при соединеніи двухъ галваническихъ паръ пробѣгаетъ черезъ весь приборъ вдвое болѣе электричества, чѣмъ при одной парѣ, или токъ отъ двухъ паръ вдвое сильнѣе тока одной пары. (Въ послѣдствіи увидимъ, что это только приблизительно вѣрно, а что въ точности токъ двухъ паръ, хотя сильнѣе тока одной пары, но не вдвое, а менѣе).

§ 6. Точно такимъ образомъ можно соединить три, четыре, пять и болѣе паръ, какъ показано на чер. 5.

Чер. 5.



Этотъ приборъ называется вольтовымъ столбомъ. Въ немъ, при соединеніи концовъ  $d$  и  $g$  проволокъ, положительное электричество всѣхъ паръ, т. е. галваническій токъ, пробѣгаетъ по показанному стрѣлами направленію; онъ выходитъ изъ столба у мѣдной пластинки  $k_9$  и пробѣгаетъ по провололкѣ  $a d g c$  въ то время, какъ отрицательное электричество выходитъ у нижняго конца столба изъ цинковой пластинки  $z_1$  въ проволоку, по которой она пробѣгаетъ по направленію  $c g d a$ .

Оконечныя пластинки  $k_9$  и  $z_1$  называются полюсами, а именно  $k_9$  мѣднымъ или положительнымъ,  $z_1$  цинковымъ или отрицательнымъ полюсомъ и токъ проходитъ въ столбѣ отъ цинковаго къ мѣдному, а внѣ столба, т. е. по провололкѣ  $a d g c$ , отъ мѣднаго къ цинковому полюсу.



§ 7. Съ вольтовымъ столбомъ мы можемъ дѣлать нѣкоторые опыты: для этого разрѣжемъ проволоку *ad* (чер. 5) въ какомъ нибудь мѣстѣ и включимъ туда вольтметръ.

Если мы теперь соединимъ концы проволокъ *d* и *g* сперва кусками желѣзной, мѣдной или серебряной проволоки, а потомъ шелковою, бумажною или шерстяною нитками, или деревянною палочкою, то мы увидимъ, что въ первомъ случаѣ вода въ вольтметрѣ разлагается, во второмъ нѣтъ.

Изъ этого мы заключаемъ, что въ первомъ случаѣ проходитъ галваническій токъ, во второмъ онъ не проходитъ; а такъ какъ всѣ остальные обстоятельства одиѣ и тѣже, то причиною этому могутъ быть только разныя тѣла, включенныя въ цѣпь тока между *d* и *g*; а именно: первыя, т. е. желѣзо, мѣдь и серебро пропускаютъ или проводятъ галваническій токъ, вторыя: шелкъ, бумага, шерсть и дерево не пропускаютъ его.

Первыя изъ нихъ называются проводниками, вторыя изоляторами электричества.

Если размѣры употребленныхъ при этихъ опытахъ проволокъ совершенно одинаковы, то мы замѣчаемъ, что количество воды, разложенной въ одинаковомъ промежуткѣ времени, не одинаково, а именно: если въ известное время, при включеніи мѣдной проволоки, образуются 100 частей газовъ, то въ такое же время, при соединеніи концовъ *d* и *g* другими проволоками, образуются: при желѣзной 17, а при серебрянной 136 частей газовъ.

Если такимъ образомъ испытать разныя тѣла и опредѣлить количество газовъ, которое образуется при включеніи каждаго изъ нихъ въ цѣпь тока, то мы найдемъ слѣдующія цифры:

Серебро . . . . .	136
Мѣдь . . . . .	100
Золото . . . . .	84
Желтая мѣдь . . . . .	29
Цинкъ . . . . .	28



Олово . . . . .	20
Желъзо . . . . .	17
Платина . . . . .	14
Свинець . . . . .	10
Новое серебро . . . . .	9
Ртуть . . . . .	$2\frac{1}{2}$

Это намъ доказываетъ, что не всѣ тѣла обладаютъ въ одинаковой степени свойствомъ проводить галваническій токъ, а именно: серебро проводитъ его  $\frac{136}{14} = 9,7$  раза лучше, чѣмъ платина,  $\frac{136}{2\frac{1}{2}} = 54\frac{2}{5}$  раза лучше ртути и т. д.

Изъ этого мы заключаемъ, что галваническій токъ во всѣхъ тѣлахъ встрѣчаетъ при прохожденіи нѣкоторое сопротивленіе, величина котораго различна при разныхъ тѣлахъ и обратно пропорциональна вышеприведеннымъ цифрамъ; такъ на примѣръ платина представляетъ галваническому току  $9\frac{7}{10}$ , а ртуть  $54\frac{2}{5}$  раза болѣе сопротивленія, чѣмъ серебро.

Обратныя числа вышеприведенныхъ цифръ (которыя впрочемъ вѣрно получаются только при значительныхъ длинахъ испытуемыхъ проволокъ) представляютъ намъ относительныя величины сопротивленій этихъ тѣлъ и называются коэффициентами сопротивленія; по этому коэффициенты сопротивленія серебра  $\frac{1}{136}$ , мѣди  $\frac{1}{100}$ , золота  $\frac{1}{84}$ , желтой мѣди  $\frac{1}{29}$ , цинка  $\frac{1}{28}$ , олова  $\frac{1}{20}$ , желъза  $\frac{1}{17}$ , платины  $\frac{1}{14}$ , свинца  $\frac{1}{10}$ , новаго серебра  $\frac{1}{9}$ , ртути  $\frac{2}{5}$ .

Всѣ эти коэффициенты только относительныя величины и мы можемъ одинъ изъ нихъ поставить  $= 1$  и съ нимъ сравнивать всѣ другіе.

Единицею для сравненія коэффициентовъ сопротивленія у насъ принимается, при телеграфахъ, коэффициентъ сопротивленія желъза; по этому коэффициенты сопротивленія будутъ для насъ слѣдующія:

$$\text{Серебра . . . . .} : \frac{17}{136} = 0,1257$$

$$\text{Мѣди . . . . .} : \frac{17}{100} = 0,1700$$



Золота . . . . .	$\frac{17}{84}$	=	0,2024
Желтой мѣди . . . . .	$\frac{17}{29}$	=	0,5862
Цинка . . . . .	$\frac{17}{28}$	=	0,6071
Олова . . . . .	$\frac{17}{20}$	=	0,8500
Желѣза . . . . .	$\frac{17}{17}$	=	1,0000
Платины . . . . .	$\frac{17}{14}$	=	1,2143
Свинца . . . . .	$\frac{17}{10}$	=	1,7000
Новаго серебра . . . . .	$\frac{17}{9}$	=	1,8889
Ртути . . . . .	$\frac{17}{2,5}$	=	6,8000

По этой теоріи можно назвать изоляторами тѣ тѣла, которыя представляютъ прохожденію тока безконечно большое или по крайней мѣрѣ такое огромное сопротивленіе, что проходящій черезъ нихъ токъ такъ слабъ, что его нельзя замѣтить на самыхъ чувствительныхъ инструментахъ.

Кромѣ металловъ, которые всѣ вообще легко пропускаютъ электричество, проводниками гальваническаго тока служатъ почти всѣ жидкости, но сопротивленіе ихъ несравненно болѣе и зависитъ много отъ разныхъ примѣсей; такъ на примѣръ химически чистая вода имѣетъ огромное сопротивленіе, но оно значительно уменьшается примѣсью разныхъ солей или кислотъ, а такъ какъ въ природѣ химически чистая вода нигдѣ не встрѣчается, то обыкновенную воду можно считать довольно хорошимъ проводникомъ.

По этой причинѣ въ трубкѣ вольтамметра вода не употребляется чистая, но съ примѣсью сѣрной кислоты или глауберовой соли.

Къ числу изоляторовъ принадлежатъ, кромѣ вышеприведенныхъ тѣлъ, еще гуттаперча, фарфоръ, стекло, сухій песокъ, всѣ вообще камни и наконецъ воздухъ.

Изъ газовъ нѣкоторыя проводятъ, другіе изолируютъ электричество.

§ 8. Мы видѣли, что при соприкосновеніи двухъ разнородныхъ металловъ, находящіяся въ обоихъ электрическія жидкости приходятъ въ движеніе. Для того, чтобы какому бы то ни было тѣлу



сообщить движеніе, необходимо, чтобы на это тѣло дѣйствовала ка-кая нибудь внѣшняя сила.

Сила, которая при соприкосновеніи разнородныхъ металловъ при-водитъ въ движеніе электричества, находящаяся до тѣхъ поръ въ покоѣ, называется электровозбудительною силою.

Если мы устроимъ нѣсколько вольтовыхъ столбовъ изъ разныхъ металловъ, давая всѣмъ пластинкамъ одну и туже величину, то, помощью вольтметра, мы можемъ убѣдиться въ томъ, что токи, получаемые отъ столбовъ, устроенныхъ изъ различныхъ металловъ, различаются между собою въ силѣ; такъ какъ здѣсь размѣры и всѣ вообще обстоятельства остались не измѣненными, то это можно только приписать тому, что электровозбудительная сила не одинакова въ столбахъ, устроенныхъ изъ различныхъ матеріаловъ.

Положимъ, что мы употребили на устройство столба на мѣсто мѣди, въ одномъ случаѣ желѣзо, въ другомъ олово, въ третьемъ свинецъ, то мы увидимъ, что сила тока въ этихъ случаяхъ слабѣе, чѣмъ въ мѣдно-цинковомъ столбѣ, и именно въ третьемъ случаѣ слабѣе, чѣмъ во второмъ, а въ этомъ слабѣе, чѣмъ въ первомъ. Замѣняя же мѣдь золотомъ, платиною или углемъ, мы получаемъ токи большей силы, изъ чего мы имѣемъ право заключить, что электровозбудительная сила во всѣхъ этихъ случаяхъ различная.

По этому Вольта, а послѣ него другіе ученые, составили слѣдующую таблицу разнымъ металламъ: цинкъ, свинецъ, олово, желѣзо, висмутъ, мышьякъ, мѣдь, платина, золото, ртуть серебро, уголь, графитъ.

Эта таблица намъ показываетъ, что на примѣръ электровозбудительная сила мѣдно-цинковой пары сильнѣе, чѣмъ пары изъ желѣза и цинка или изъ желѣза и мѣди, въ то время какъ цинкъ и платина даютъ большую электровозбудительную силу, чѣмъ цинкъ и мѣдь. Вмѣстѣ съ тѣмъ она служитъ для того, чтобы узнать, на какомъ изъ двухъ прикасающихся металловъ проявляется положи-тельное и на какомъ отрицательное электричество; а именно: опы-



ты показываютъ, что положительное электричество переходитъ всегда на тотъ изъ двухъ прикасающихся металловъ, который при соприкосновеніи съ цинкомъ даетъ меньшую электровозбудительную силу и который въ слѣдствіе сего стоитъ въ вышеприведенной таблицѣ ближе къ цинку. Такъ на примѣръ при соприкосновеніи платины и угля, положительное электричество переходитъ на платину, при соприкосновеніи мѣди съ серебромъ на мѣдь и т. д.

Хотя и другія разнородныя тѣла при соприкосновеніи даютъ гальваническій токъ, но эти токи такъ слабы, что не нашли никакого практическаго примѣненія, по чему и здѣсь достаточно упомянуть о существованіи таковыхъ, не разсматривая ихъ подробнѣе.

§ 9. Если оставить вольтовъ столбъ нѣкоторое время съ сомкнутымъ токомъ, то сила тока замѣтно уменьшается и въ скоромъ времени совсѣмъ прекращается.

Это происходитъ отъ того, что вода мало по малу испаряется и разлагается на водородъ и кислородъ, изъ которыхъ послѣдній, соединяясь съ цинкомъ, образуетъ на поверхности его цинковую окись, которая представляетъ прохожденію тока значительное сопротивление и тѣмъ уменьшаетъ силу тока; точно такимъ же образомъ дѣйствуетъ уменьшеніе воды въ сукнѣ, потому что сукно само по себѣ изоляторъ и токъ проходитъ, собственно говоря, не чрезъ сукно, но чрезъ воду, которою сукно пропитано. По этому отъ уменьшеніемъ воды въ сукнѣ уменьшается способность послѣдняго пропускать гальваническій токъ, а слѣдовательно и сила тока.

Водородъ же, отдѣляющійся при разложеніи воды, переходитъ къ мѣдной пластинкѣ, гдѣ онъ осаждается въ видѣ пузырьковъ, все болѣе и болѣе увеличивающихся, и наконецъ покрываетъ всю поверхность мѣди. Такъ какъ водородъ также не пропускаетъ гальваническій токъ, то, по мѣрѣ покрытія имъ поверхности мѣдной пластинки, сила тока постепенно уменьшается и когда весь листъ покрытъ, токъ совсѣмъ прекращается.

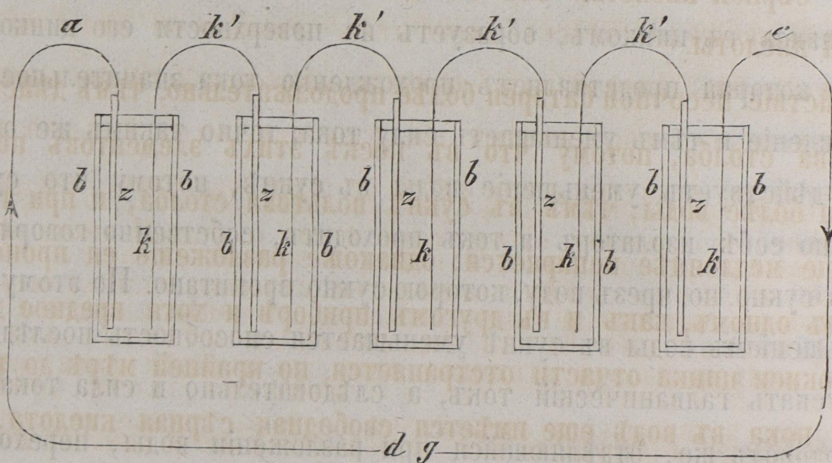


Вредное вліяніе окиси цинка на гальванический токъ отстраняется прибавленіемъ къ водѣ нѣсколькихъ капель сѣрной кислоты, которая, соединяясь съ окисью цинка, образуетъ сѣрнокислую окись цинка, т. е. соль, которая весьма легко растворяется въ водѣ и нисколько не вредно дѣйствуетъ на гальванический токъ. вмѣстѣ съ тѣмъ какъ прибавленіе къ водѣ сѣрной кислоты, такъ и раствореніе въ ней сѣрнокислой окиси цинка значительно уменьшаютъ сопротивление и тѣмъ увеличиваютъ силу тока.

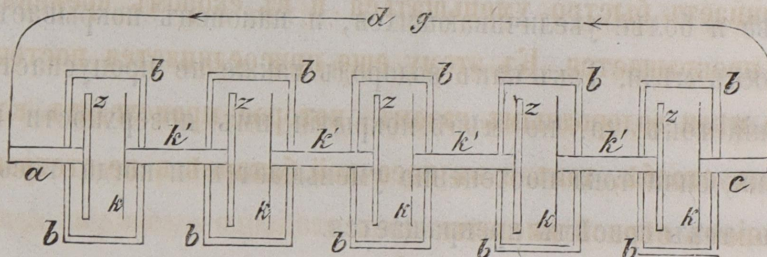
§ 10. Однакожъ и этимъ нельзя достигнуть равномернаго дѣйствія вольтова столба, потому что вода тѣмъ не менѣе быстро разлагается и испаряется.

Для избѣжанія сего послѣдняго, вольтову столбу дали другую форму, устранивая на тѣхъ же началахъ такъ называемую песочную гальваническую батарею, изображенную на чер. 6 въ вертикальномъ разрѣзѣ, а на чер. 7 въ планѣ.

Чер. 6.



Чер. 7.





Здѣсь *bb* гуттаперчевые маленькіе ящики; въ каждый изъ нихъ вставляется по одной цинковой пластинки *z* и по одному мѣдному листку *k*. Цинкъ каждого ящика соединенъ съ мѣдью предъидущаго ящика посредствомъ припаянной или приклепанной къ обѣимъ мѣдной полоски *K'*. Въ концахъ находятся: въ одномъ свободная цинковая пластинка *z*, въ другомъ мѣдная *k*, съ прикрѣпленными къ нимъ мѣдными полосками *a* и *c*, и представляютъ полюсы песочной батареи: первый цинковый или отрицательный, другой мѣдный или положительный, потому что при соединеніи полюсовъ *a* и *c* какимъ нибудь проводникомъ, положительный токъ выходитъ изъ батареи у сего послѣдняго и пробѣгаетъ по проводнику по направленію *c g d a*. Мѣдные листы и цинковыя пластинки въ ящикахъ не должны прикасаться между собою, потому что каждымъ такимъ соприкосновеніемъ образовался бы обратный галваническій токъ. Для предупрежденія подобнаго прикосновенія, ящики наполняются чистымъ пескомъ, который намачивается водою съ примѣсью сѣрной кислоты: отъ 60 до 100 частей воды на 1 часть сѣрной кислоты.

Дѣйствіе песочной батареи болѣе продолжительно, чѣмъ дѣйствіе вольтова столба, потому что въ песокѣ этихъ элементовъ помещается болѣе воды, чѣмъ въ сукнѣ вольтова столба, и при томъ она еще медленнѣе испаряется; однакоже разложеніе ея происходитъ въ одномъ, какъ и въ другомъ приборѣ и хотя вредное дѣйствіе окиси цинка отчасти отстраняется, по крайней мѣрѣ до тѣхъ поръ, пока въ водѣ еще имѣется свободная сѣрная кислота, но какъ скоро вся кислота соединится съ цинковою окисью, то сила тока начинаетъ быстро уменьшаться и въ скоромъ времени токъ совсѣмъ прекращается. Къ этому еще присоединяется постепенное покрытіе мѣди водороднымъ газомъ, которое происходитъ какъ въ вольтовомъ столбѣ, такъ и въ песочной батарее и не отстраняется прибавленіемъ сѣрной кислоты.



§ 11. Отстраненіе накопленія водороднаго газа около мѣди достигается, если окружить мѣдный листъ растворомъ мѣднаго купороса. Мѣдный купоросъ, образующій слабо прозрачныя кристаллы синяго цвѣта, есть соединеніе металлической мѣди съ кислородомъ и сѣрною кислотою; въ водѣ онъ удобно растворяется, окрашивая ее темносинимъ цвѣтомъ.

Растворъ мѣднаго купороса легко разлагается при прохожденіи гальваническаго тока чрезъ него и при этомъ мѣдь осаждается на мѣдномъ листѣ, а освобожденная сѣрная кислота и кислородъ стремятся къ цинку.

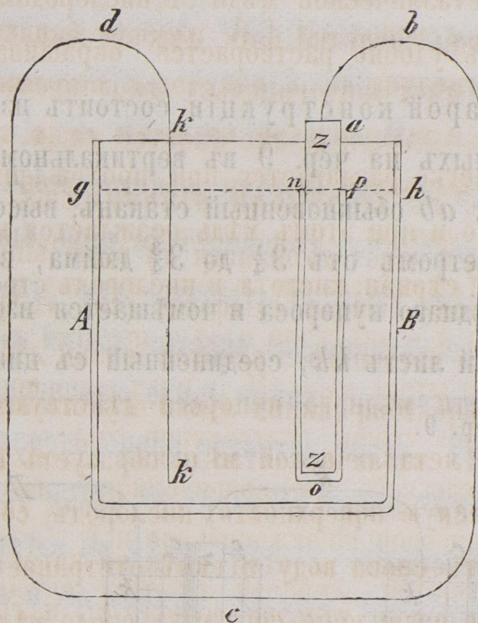
Все эти три составныя части мѣднаго купороса дѣйствуютъ весьма полезно: осадокъ чистой металлической мѣди образуетъ на мѣди постоянно чисто металлическую поверхность, кислородъ, соединяясь съ водородомъ, образуетъ снова воду и тѣмъ отстраняетъ вредное для гальваническаго тока накопленіе сего газа около мѣди, а сѣрная кислота, перейдя къ цинку, дѣйствуетъ точно такъ, какъ первоначально прибавленная сѣрная кислота, соединяясь съ окисью цинка.

При устройствѣ батареи съ растворомъ мѣднаго купороса встрѣчается однакожь важное неудобство, а именно то, что для разложенія мѣднаго купороса достаточно одно присутствіе желѣза; если въ растворъ мѣднаго купороса положить кусокъ желѣза, то уже чрезъ одну минуту на этомъ послѣднемъ показывается осадокъ металлической мѣди, а такъ какъ въ цинкѣ всегда находится значительное количество желѣза, то (еслибъ оба металла находились въ соприкосновеніи съ растворомъ мѣднаго купороса) мѣдь осѣла бы не только на мѣдномъ листѣ, но и на цинковой пластинкѣ, въ слѣдствіе чего образовались бы обратные токи, ослабляющіе и уничтожающіе первоначальный гальваническій токъ, какъ это видно на



чер. 8, гдѣ *AB* стаканъ или гуттаперчевый ящикъ песочной батареи; *ZZ* цинковая пластинка; *kk* мѣдный листъ, *dcb* проволока,

Чер. 8.



соединяющая полюсы; если въ стаканъ налить воду съ примѣсью сѣрной кислоты, то у точки прикосновенія *a* положительное электричество переходитъ на цинкъ, чрезъ воду и мѣдную пластинку въ проволоку, по которой она пробѣгаетъ по направленію *dcb*.

Если же на мѣсто воды налить растворъ мѣднаго купороса, то этимъ въ прохожденіи сказаннаго тока ничего не измѣняется, но въ тоже время на всей поверхности цинка, находящейся въ растворѣ, образуется въ слѣдствіе присутствія желѣзныхъ частицъ, осадокъ металлической мѣди *por*, составляющій съ цинкомъ *ZZ* новую гальваническую пару, токъ которой, по вышесказанному, проходитъ по направленію *Zabcdk*, т. е. противоположному первоначальному току.

Этотъ противоположный или обратный токъ сначала незначителенъ, но скоро увеличивается и наконецъ, равняясь первоначальному току, уничтожаетъ дѣйствіе его, потому что два тока одинаковой силы, проходящіе по противоположнымъ направленіямъ, взаимно уничтожаются.

Этотъ противоположный или обратный токъ сначала незначителенъ, но скоро увеличивается и наконецъ, равняясь первоначальному току, уничтожаетъ дѣйствіе его, потому что два тока одинаковой силы, проходящіе по противоположнымъ направленіямъ, взаимно уничтожаются.

Слѣдовательно: поставить цинкъ въ растворъ мѣднаго купороса не возможно, а онъ долженъ находиться въ прикисленной сѣрною кислотою водѣ, а мѣдь въ растворѣ мѣднаго купороса. Въ тоже время совершенно отдѣлитель эти двѣ жидкости одну отъ другой

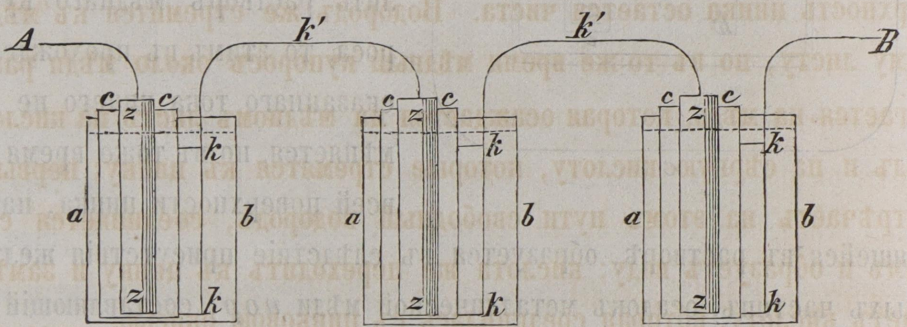


также невозможно, потому что гальванический токъ долженъ проходить изъ одной въ другую.

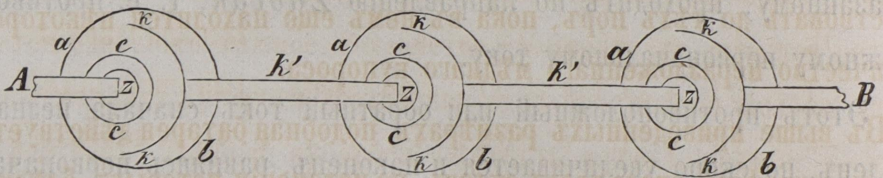
Всѣмъ этимъ условіямъ удовлетворяетъ такъ называемая постоянная батарея Даниэля, которая употребляется при нашихъ телеграфахъ въ двухъ видахъ.

§ 12. Батарея Даниэля старой конструкціи состоитъ изъ слѣдующихъ частей, изображенныхъ на чер. 9 въ вертикальномъ разрѣзѣ, а на чер. 10 въ планѣ; *ab* обыкновенный стаканъ, высотой отъ  $3\frac{1}{2}$  до  $4\frac{1}{2}$  дюйма, діаметромъ отъ  $3\frac{1}{4}$  до  $3\frac{3}{4}$  дюйма, въ который наливается растворъ мѣднаго купороса и помещается изогнутый въ видѣ цилиндра мѣдный листъ *kk*, соединенный съ цин-

Чер. 9.



Чер. 10.



комъ слѣдующаго элемента посредствомъ мѣдной же полосы *k'*; *cc* промокаемый глиняный цилиндръ съ дномъ, высотой отъ 4 до  $4\frac{1}{4}$  дюйма и діаметромъ отъ 2 до  $2\frac{1}{4}$  дюйма, въ который наливается вода съ примѣсью сѣрной кислоты (на 80 частей воды одну часть сѣрной кислоты) и вставляется цинкъ *ZZ*, имѣющій здѣсь форму сплошнаго цилиндра, высотой отъ 3 до  $3\frac{1}{2}$  и діаметромъ  $\frac{3}{4}$  до  $1\frac{1}{4}$  дюйма.



Разнородныя жидкости въ промокаемомъ цилиндрѣ и внѣ его проникають обѣ въ поры глины, которая при томъ прохожденію частицъ этихъ жидкостей представляетъ достаточное сопротивление, чтобы онѣ не могли смѣшиваться. *A* отрицательный и *B* положительный полюсъ этой батареи; при соединеніи ихъ какимъ нибудь проводникомъ, гальваническій токъ проходитъ въ проводникѣ отъ *B* къ *A*, въ батареѣ отъ *A* къ *B*.

Химическіе процессы въ этой батарее уже выше изложены: вода въ глиняномъ горшкѣ разлагается на кислородъ и водородъ, изъ которыхъ первый, соединяясь съ цинкомъ, образуетъ окись цинка, которая соединяется съ сѣрною кислотой и образуетъ сѣрнокислую окись цинка, растворяющуюся въ водѣ; по этому поверхность цинка остается чиста. Водородъ же стремится къ мѣдному листу, но въ то же время мѣдный купоросъ около мѣди разлагается на мѣдь, которая осаждается на мѣдномъ листѣ на кислородъ и на сѣрную кислоту, которые стремятся къ цинку; первый встрѣчаетъ на этомъ пути свободный водородъ, соединяется съ нимъ и образуетъ воду; кислота же переходитъ къ цинку и замѣщаетъ кислоту, которая соединилась съ цинковою окисью.

Изъ этого видно, что такой элементъ продолжаетъ непрерывно дѣйствовать до тѣхъ поръ, пока въ немъ еще находится нѣкоторое количество неразложеннаго мѣднаго купороса.

Въ выше приведенныхъ размѣрахъ, подобная батарея дѣйствуетъ при телеграфахъ около трехъ сутокъ, по истеченіи которыхъ блѣдно-синій цвѣтъ жидкости около мѣди уже показываетъ, что въ ней осталось весьма мало мѣднаго купороса, а около цинка мы найдемъ грязно-черный порошокъ, состоящій изъ разныхъ металловъ (по большей части желѣза), которые всегда находятся примѣшанными къ цинку. Тогда составляется новая батарея, а старая совсѣмъ разбирается, жидкости выливаются и цинковые цилиндры, стаканы и промокаемые горшки моются и очищаются. Изъ нихъ чрезъ трое



сутокъ, когда дѣйствующая батарея въ свою очередь пришла въ негодность, составляется новая такимъ же порядкомъ.

Здѣсь мы замѣтимъ, что лучше всю поставленную батарею дѣлить на 3 части и возобновлять каждый день  $\frac{1}{3}$  батареи, чѣмъ чрезъ три дня всю батарею, потому, что сила новой батареи на дѣль все-таки оказывается болѣе, чѣмъ сила батареи, которая уже дѣйствовала въ продолженіе трехъ дней, и по этому при возобновленіи каждый день трети батареи сила тока будетъ болѣе равномерна, чѣмъ если чрезъ три дни перемѣнять разомъ всю батарею.

Батарея, состоящая изъ 100 подобныхъ элементовъ, требуетъ, по многочисленнымъ опытамъ, сдѣланнымъ при телеграфныхъ станціяхъ:

а) Единовременно на устройство батареи:

Стакановъ . . . . . 100 по 6 к. 6 р. — к.

Горшковъ . . . . . 100 »  $5\frac{1}{2}$  » 5 » 50 »

Мѣдно-цинковыхъ элементовъ . . 100 »  $15\frac{3}{4}$  » 15 » 75 »

---

Всего . . . 27 р. 25 к.

в) На ежегодное содержаніе:

Мѣднаго купороса, фунтовъ . . . 300 по 15 к. 45 р. — к.

Сѣрной кислоты " . . . 20 » 6 » 1 » 20 »

Мѣдно-цинковыхъ элементовъ . . 100 »  $15\frac{3}{4}$  » 15 » 75 »

Горшковъ . . . . . 200 »  $5\frac{1}{2}$  » 11 » — »

Стакановъ . . . . . 50 » 6 » 3 » — »

На мелкіе расходы . . . . . 30 » — »

---

Всего . . . 105 р. 95 к.

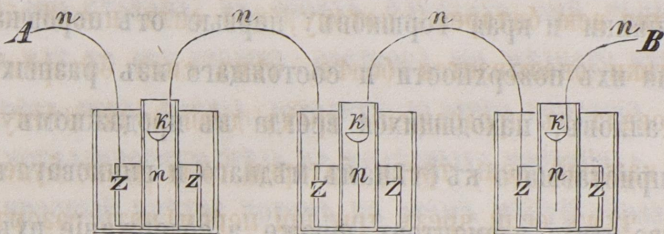
§ 13. Описанной въ последнемъ параграфѣ батареѣ въ послѣдствіи данъ другой видъ, который представляетъ нѣкоторое преимущество.

Даніэлевская батарея новаго устройства (изображен-



ная на чер. 11) отличается въ наружномъ видѣ отъ старой батареи тѣмъ, что обоимъ металламъ даны другія формы и мѣдь помещается въ глиняномъ горшкѣ, а цинкъ между стаканомъ и горшкомъ.

Чер. 11.



Мѣдь въ этихъ элементахъ состоитъ изъ мѣдной полосы  $nn$ , шириною  $\frac{1}{2}$  дюйма, съ приклепанною къ ней мѣдною чашечкою  $k$ ; чашка эта опускается въ промокаемый горшокъ.

Цинкъ имѣетъ форму цилиндра  $zz$  и къ нему прикрѣпленъ конецъ мѣдной полосы, ведущей отъ смежнаго элемента. Стаканы и глиняные горшки остаются тѣже.

По сборкѣ этого элемента, какъ показано на чертежѣ, наливаютъ чистую воду какъ въ горшки, такъ и въ стаканы, а въ чашки, находящіяся внутри глинянаго горшка, насыпаютъ нѣсколько кусковъ мѣднаго купороса, который легко растворяется въ окружающей его водѣ и образуетъ въ горшкѣ растворъ мѣднаго купороса, и потомъ соединяютъ полюсы  $A$  и  $B$  короткою мѣдною проволокою. Токъ возбуждается и при прохожденіи чрезъ воду въ стаканѣ и чрезъ растворъ мѣднаго купороса, находящійся въ горшкѣ; онъ разлагаетъ ихъ, при чемъ освобождается сѣрная кислота изъ купороса и, переходя къ цинку, образуетъ сѣрнокислую окись цинка. Разложенныя частицы мѣднаго купороса сейчасъ же замѣняются новыми частицами, которыя растворяются; и такъ растворъ, оставаясь постоянно въ насыщенномъ видѣ, доставляетъ всегда одинаковое количество сѣрной кислоты, по чему къ этимъ элементамъ не нужно особенно прибавлять сѣрную кислоту, а кладутъ только отъ времени до времени нѣсколько кусковъ мѣднаго купо-



роса въ чашки и тогда батарея дѣйствуетъ до тѣхъ поръ, пока весь цинкъ преобразуется въ цинковый купоросъ.

Весь уходъ за этою батареею состоитъ по этому въ томъ, чтобы иногда добавить мѣдный купоросъ и чистить не болѣе одного раза въ недѣлю цинки и края горшковъ: первые отъ порошка, проявляющагося на ихъ поверхности и состоящаго изъ разныхъ постоянныхъ металловъ, находящихся всегда въ продажномъ цинкѣ, а вторые отъ приставшаго къ стѣнамъ мѣднаго и цинковаго купороса.

Устройство этихъ элементовъ дороже, а содержаніе ихъ дешевле элементовъ, описанныхъ въ предыдущемъ параграфѣ; а именно, по некоторымъ опытамъ, расходъ на устройство и содержаніе 100 стакановыхъ элементовъ опредѣляется слѣдующимъ образомъ:

а) Единовременно на устройство батареи:

Стакановъ, штукъ . . . . . 100 по 66 к. 6 р. — к.

Горшковъ » » . . . . . 100 » 5½ » 55 » 50 » »

Мѣдно-цинковыхъ элементовъ 100 » 2¼ » 24 » 75 » »

всего . . . 33 р. 25 к.

б) На содержаніе потребно ежегодно, приблизительно:

Мѣднаго купороса, фунтовъ . . 234 по 155 к. 35 р. 100 к.

Мѣдно-цинковыхъ элементовъ . 75 » 2¼ » 16 » 3¼ » »

Горшковъ, штукъ . . . . . 200 » 5½ » 11 » — » »

Стакановъ » » . . . . . 25 » 66 » 17 » 50 » »

На мелкіе расходы . . . . . 25 » — » »

Всего . . . 88 р. 9¼ к.

§ 14. Если разобрать давізлевскую батарею старой или новой конструкции, которая находилась некоторое время въ дѣйстви, то замѣтимъ на цинковыхъ цилиндрахъ, кромѣ чернаго порошка, еще красноватый порошокъ, а на стѣнкахъ глиняныхъ горшковъ и въ ихъ порахъ, осадокъ металлической мѣди.

Этотъ осадокъ происходитъ не отъ дѣйствія гальваническаго



тока, но отъ того, что частицы желѣза, находящіяся въ цинкѣ, остаются не растворенными въ водѣ и въ сѣрной кислотѣ и образуютъ сначала этотъ черный порошокъ на поверхности цинка, а въ послѣдствіи падаютъ въ старыхъ элементахъ на дно горшка, въ новыхъ на дно стакана: въ обоихъ случаяхъ онѣ прикасаются къ стѣнкамъ или ко дну горшка; растворъ же мѣднаго купороса, проникая черезъ поры глины, доходитъ до этого порошка, разлагается, выдѣляя металлическую мѣдь на желѣзныхъ частицахъ, и сообщаетъ порошку красный цвѣтъ; потомъ въ этомъ мѣстѣ образуются мѣстные токи, которые еще способствуютъ разложенію раствора и образованію на порошокѣ осадка мѣди, который, постепенно распространяясь, наполняетъ поры и выходитъ на противоположной сторонѣ стѣнки горшка.

Такимъ образомъ наконецъ образуется металлическое соединеніе между цинкомъ и мѣдью, чѣмъ прекращается дѣйствіе элемента.

§ 15. Въ элементѣ Мейдингера этотъ недостатокъ устраняется тѣмъ, что въ немъ глиняный горшокъ вовсе не употребляется, а именно онъ устроенъ на слѣдующемъ основаніи:

Если въ стаканъ съ водою бросить кусокъ мѣднаго купороса, то онъ растворяется въ водѣ; но этотъ растворъ, въ слѣдствіе большаго своего вѣса, остается на днѣ стакана, а на верху будетъ чистая вода.

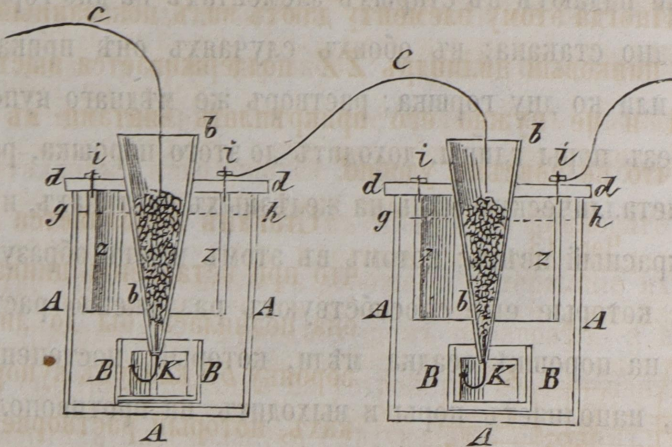
Разумѣется, что главное условіе при этомъ состоитъ въ томъ, чтобы стаканъ остался совершенно въ покоѣ; при малѣйшемъ движеніи его, растворъ смѣшивается съ чистою водою и вся жидкость окрашивается свѣтлосинимъ цвѣтомъ.

Основываясь на этомъ, въ элементѣ Мейдингера, мѣдь помещается на днѣ стакана, а цинкъ на верху, такъ, что первая находится въ растворѣ мѣднаго купороса, а второй въ чистой водѣ, къ которой въ послѣдствіи присоединяется сѣрная кислота, образующаяся при разложеніи мѣднаго купороса.



Составъ этого элемента видѣнъ на чер. 12, гдѣ *ААА* большій стаканъ, ко дну котораго прикрѣпленъ другой маленькій стаканъ

Чер. 12.



*ВВ*; въ этомъ послѣднемъ находится изогнутый, въ видѣ цилиндра, мѣдный листъ *kk*, съ припаянною къ ней мѣдною же проволокою *СС*. Проволока *СС* проходитъ чрезъ стеклянную воронку *bb*, въ которую насыпаются куски мѣднаго купороса; воронка *bb* поддерживается деревянною гуттаперчевою или фаянсовою крышкою *dd*, къ которой также привинченъ двумя винтами *ii* цинковый цилиндръ *zz*; одинъ изъ винтовъ *i* служитъ вмѣстѣ съ тѣмъ для соединенія цинка съ мѣдною проволокою.

Когда всѣ части собраны такимъ образомъ и воронки наполнены кусками мѣднаго купороса, то поднимается крышка вмѣстѣ съ воронкою и съ цинкомъ и наливается вода въ стаканъ до горизонта *gh*. Мѣдный купоросъ тогда растворяется въ водѣ и течетъ въ стаканъ *В*, въ которомъ онъ непрерывно, но весьма медленно поднимается, потому что нижнее весьма узкое отверстіе воронки препятствуетъ быстрому его истеченію.

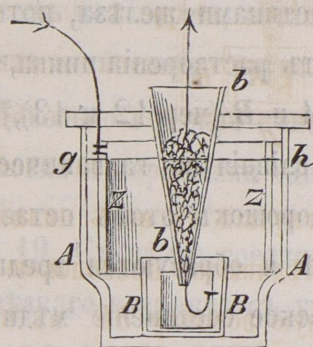
Когда батарея находится въ дѣйствіи, то мѣдный купоросъ разлагается и горизонтъ раствора понижается, если разложеніе происходитъ быстрѣе, чѣмъ притокъ новаго раствора; въ противномъ же случаѣ горизонтъ раствора продолжаетъ подниматься и тогда



слѣдуетъ уменьшить отверстіе воронки, вкладывая туда небольшой кусокъ сукна или пропускной бумаги, такъ чтобы горизонтъ раствора былъ бы по возможности болѣе постояненъ.

§ 16. Иногда этому элементу даютъ видъ, показанный на чер. 13, при чемъ цинковый цилиндръ *ZZ* поддерживается выступомъ стакана *AA* и не нужно его прикрѣплять винтами къ деревянной крышкѣ, что не совѣмъ удобно.

Чер. 13.

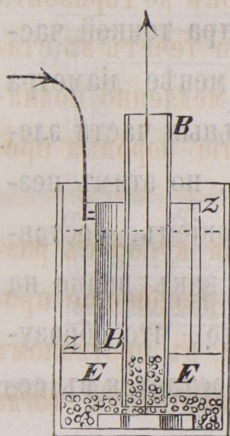


Стаканъ наполняется водою такъ, что при вставленіи цинка и воронки она поднялась бы до линіи *gh*. Въ воронку *bb* кладутъ купоросъ въ кускахъ, который растворяется въ водѣ и, выходя изъ нижняго отверстія воронки, наполняетъ стаканъ *B*; но обыкновенно онъ не поднимается выше края его и почти никогда не доходитъ до цинка.

Эти батареи употребляются на нѣкоторыхъ телеграфныхъ станціяхъ въ Германіи и у насъ на главной станціи въ Петербургѣ.

За границу, гдѣ онѣ служатъ уже продолжительное время, онѣ дали весьма удовлетворительные результаты во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда онѣ стояли въ совершенномъ спокойствіи, но всякое дви-

Чер. 14.



женіе весьма вредно для нихъ и кромѣ того онѣ довольно дороги и сложны, а въ слѣдствіе многихъ стеклянныхъ частей, входящихъ въ ихъ составъ, онѣ не выгодны къ пересылкѣ. Расходъ на устройство и содержаніе этихъ элементовъ у насъ еще точно не опредѣленъ.

§ 17. Первое неудобство отстранено при элементѣ Сименса и Гальске (чер. 14); они выбросили маленькій стаканъ, наполнили

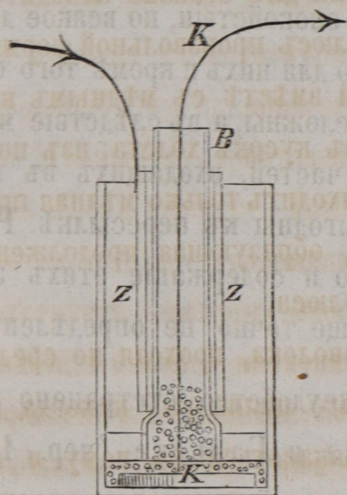


это мѣсто кусками купороса, а надъ этимъ помѣтили слой тѣста *EE*, приготовленнаго изъ бумаги, подвергнутой дѣйствию сѣрной кислоты; чрезъ него проходитъ стеклянная трубка *BB* и на немъ стоитъ цинковый цилиндръ *ZZ*. Въ срединѣ кусковъ купороса находится мѣдь, имѣющая здѣсь видъ изогнутой (въ видѣ звѣзды) ленты, стоящей на ребрѣ.

Этотъ элементъ имѣетъ тоже неудобство дороговизны, при пересылкѣ легко ломается и къ тому еще здѣсь легче, чѣмъ въ элементѣ Мейдингера образуются мѣстные токи отъ разложенія мѣднаго купороса находящимися въ цинкѣ частицами желѣза, потому что въ первомъ порошокъ, образующійся отъ растворенія цинка, падаетъ въ пространство между стаканами *A* и *B* (чер. 12 и 13), гдѣ онъ не можетъ имѣть никакого вреднаго вліянія на гальваническій токъ, а въ элементѣ Сименса и Гальске порошокъ этотъ остается около нижняго края цинка (чер. 14), гдѣ и образуются вредные мѣстные токи, а со временемъ металлическое соединеніе мѣди съ цинкомъ, въ слѣдствіе осадка мѣди въ порахъ раздѣляющаго слоя.

§ 18. Однакожь и это неудобство весьма просто отстраняется, измѣняя только форму стеклянной трубки и цинка (чер. 15).

Чер. 15.



Вмѣсто стеклянной трубки, я употребилъ обыкновенное ламповое стекло и устроилъ цинковый цилиндръ такъ, что внутренній его діаметръ немного болѣе діаметра тонкой части этого стекла и менѣе діаметра толстой части. Остальныя части элемента остались тѣже, но этимъ незначительнымъ измѣненіемъ, составляя этотъ элементъ, какъ видно на чер. 15, достигнуто то, что образующійся порошокъ не остается въ со-



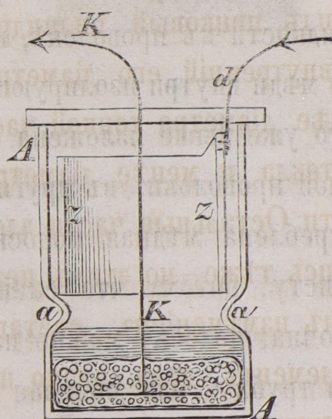
прикосновеніи съ цинкомъ , въ слѣдствіе чего значительно уменьшится опасность образованія мѣднаго осадка на цинкѣ и происходящихъ отъ этого мѣстныхъ токовъ.

Кромѣ того вмѣсто бумаги, приготовленной сѣрною кислотою, я употреблялъ на составленіе такихъ элементовъ гипсъ, который далъ весьма хорошій результатъ. Для этого выливаютъ вокругъ ламповаго стекла кругъ изъ гипса, котораго наружный діаметръ обрѣзываютъ по формѣ стакана. Потомъ вставляютъ ламповое стекло вмѣстѣ съ этимъ гипсовымъ кругомъ въ стаканъ и замазываютъ гипсомъ все щелки, оставшіяся между стѣнками стакана, ламповаго стекла и гипсоваго круга.

Довольно высокая цѣна этого элемента, сложность и неудобство упаковки и пересылки едва ли допустятъ всеобщее примѣненіе его.

§ 19. Съ цѣлю соединить, по возможности, все преимущества послѣдняго элемента съ умѣренною цѣною и большимъ удобствомъ упаковки и пересылки, мною сдѣланы были разные опыты, которые довели къ устройству слѣдующаго элемента, изображеннаго на чер. 16. Стаканъ *AA* этого элемента имѣетъ на  $\frac{1}{3}$  высоты, желобокъ *aa*, служащій для поддержанія цинковаго цилиндра *ZZ*, съ

Чер. 16.



прикрѣпленную къ нему мѣдною полосою *d*; на днѣ стакана находится мѣдный полюсъ произвольной формы, завернутый вмѣстѣ съ мѣднымъ купоросомъ въ кусокъ холста; изъ послѣдняго выходитъ только мѣдная проволока *kk*, образующая продолженіе мѣднаго полюса.

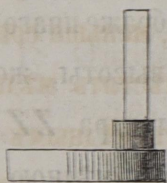
Эта проволока, проходя по серединѣ цинковаго цилиндра, никогда не можетъ прикасаться къ нему и по этому ее можно употребить неизолированною. Опустивъ мѣдный



листъ съ купоросомъ на дно стакана, насыпаютъ слой мелкаго чистаго кварцеваго песка, вставляютъ цинковый цилиндръ, какъ показано на чертежѣ, и наливаютъ воду, соблюдая при этомъ осторожность, чтобы нижній конецъ мѣдной полоски *d* не покрывать водою.

§ 20. Описанному въ предъидущемъ параграфѣ элементу можно дать слѣдующій видъ, при чемъ устройство его будетъ еще дешевле; при этомъ формы мѣднаго листа и цинка совершенно произвольны; въ элементахъ, устроенныхъ мною для опыта, я далъ цинку форму цилиндра, высотой  $\frac{3}{4}$  дюйма, діаметромъ  $3\frac{1}{4}$  дюйма (потому что внутренній діаметръ стакановъ былъ  $3\frac{1}{2}$  дюйма), и съ цилиндрическимъ выступомъ, высотой  $\frac{3}{4}$  дюйма и діаметромъ  $\frac{3}{4}$  дюйма, на одномъ изъ основаній большаго цилиндра; въ этотъ выступъ былъ залитъ кусокъ листовой мѣди, шириною  $\frac{1}{2}$  дюйма; этотъ цинкъ изображенъ на чер. 17.

Чер. 17.



Мѣдный листъ имѣлъ форму круга, діаметромъ 3 дюймовъ, къ нему въ нѣкоторыхъ элементахъ была припаяна обыкновенная мѣдная проволока, покрытая гуттаперчею, для предупрежденія прикосновенія этой проволоки съ цинкомъ и жидкостію, потому что въ первомъ случаѣ токъ вовсе не образовался бы, а во второмъ онъ прошелъ бы прямо изъ жидкости къ проволокѣ, гдѣ образовались бы осадки мѣди внутри изолирующаго слоя, вредность чего уже выше изложена.

Вмѣсто изолированной проволоки, въ другихъ элементахъ была употреблена мѣдная полоска, заклепкою прикрѣпленная къ мѣдному листу, потому что спайка тонкой мѣдной проволоки къ листу не прочна; полоску можно изолировать или надѣвая на нее каучуковую трубку, или обвивая ее тафтою и замазывая потомъ воскомъ.

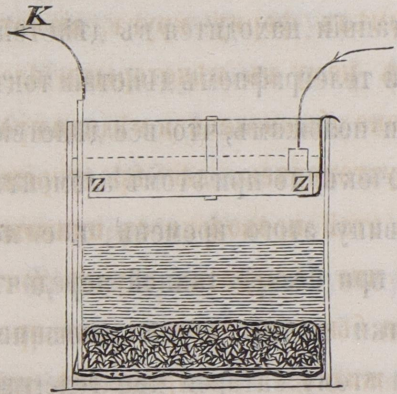
Эти части можно составлять различнымъ образомъ, смотря по



назначенію устраиваемаго элемента и условіямъ, которымъ онъ долженъ удовлетворять.

Первый способъ состоитъ въ слѣдующемъ: мѣдный листъ за-  
вертываютъ вмѣстѣ съ купоросомъ въ кусокъ холста, такъ что изъ  
него выходитъ только изолированная проволока. Все это кладутъ  
на дно батарейнаго стакана такъ, чтобы купоросъ находился надъ  
мѣднымъ листомъ и покрываютъ еще кускомъ холста и двумя или  
тремя кругами пропускной бумаги, сверхъ которой насыпаютъ слой  
самаго чистаго кварцеваго песка, толщиною до  $\frac{1}{2}$  дюйма. Цинковую  
пластинку привѣшиваютъ крючьями къ краю стакана, такъ чтобы  
нижняя плоскость цинка была еще на  $\frac{1}{2}$  дюйма выше поверхности  
песка. Потомъ наливаютъ воды не много выше верхней плоскости  
цинка, однакожь такъ, чтобы выхо-  
дящая изъ цинка мѣдь не погружа-  
лась въ воду.

Чер. 18.



Чтобы придать этимъ элементамъ,  
описаннымъ въ этомъ и въ предъ-  
идущемъ параграфахъ, меньше сопро-  
тивленія, можно помѣстить мѣдный  
листъ не въ низу подъ мѣднымъ ку-  
поросомъ, но выше надъ нимъ, непо-  
средственно подъ пескомъ.

Преимущество этихъ элементовъ  
состоитъ въ томъ, что въ нихъ, рав-  
но какъ въ элементѣ Мейдингера, никогда не образуется метал-  
лическое соединеніе между цинкомъ и мѣдью, а образующійся оса-  
докъ мѣди на желѣзныхъ частицахъ, находящихся въ цинкѣ, па-  
даетъ въ видѣ порошка на поверхность песка.

Въ этихъ элементахъ со временемъ образуется соединеніе меж-  
ду мѣднымъ листомъ и бурымъ порошкомъ, покрывающимъ поверх-  
ность песка, но соединеніе это здѣсь не вредно, потому что поро-  
шокъ не входитъ въ соединеніе съ цинкомъ. Кромѣ того этотъ эле-



ментъ удобенъ для упаковки и пересылки, и не дорогъ, потому что мѣдно-цинковый элементъ можно заготовить за 23 коп.; стаканъ за 6 коп., такъ что считая на тряпки, бумагу и песокъ еще 1 коп., весь элементъ обходится не дороже 30 копѣекъ.

Такіе элементы, поставленные съ  $\frac{1}{4}$  фунта купороса, находились у меня съ постоянно сомкнутымъ токомъ въ продолженіи трехъ недѣль, то есть до совершеннаго разложенія всего мѣднаго купороса, при чемъ сила тока почти не измѣнилась. При взвѣшиваніи цинка послѣ опыта оказалось, что онъ потерялъ  $\frac{1}{10}$  часть своего вѣса. Три недѣли постоянно сомкнутого тока соотвѣтствуютъ около 10 недѣлямъ нахождения на телеграфной станціи, потому что при передачѣ депешъ между двумя станціями дѣйствуютъ только линейная батарея передающей и мѣстная принимающей станціи; по этому, полагая даже непрерывную передачу депешъ между двумя станціями, то, если числа переданныхъ и принятыхъ депешъ одинаковы, каждый элементъ на каждой станціи находится въ дѣйствіи по 12 часовъ въ сутки. Кромѣ того, при телеграфномъ дѣйствіи токъ батареи не постоянно сомкнутъ, а если положимъ, что все дѣйствіе состоитъ въ непрерывной передачѣ точекъ, то при этомъ элементъ находился бы въ дѣйствіи ровно половину этого времени, т. е. по 6 часовъ въ сутки. Кромѣ того даже при безпрестанной передачѣ депешъ неизбѣжно бываютъ промежутки между двумя депешами, для повѣрки ихъ и тому подобное. По этому батареи при телеграфныхъ дѣйствіяхъ ни какъ не болѣе  $\frac{1}{4}$  части всего времени своего нахождения на станціи, или однѣ сутки постоянно сомкнутого тока соотвѣтствуютъ 4 суткамъ нахождения при телеграфной станціи.

Слѣдовательно тѣже элементы, которые при опытѣ непрерывно дѣйствовали 3 недѣли сомкнутымъ токомъ, могли бы по приведенному расчету служить при телеграфной станціи 12 недѣль; мы однакожь считали только 10 недѣль, потому что на станціяхъ, при употребленіи большаго числа элементовъ, нельзя ожидать, чтобы



они были такъ тщательно поставлены и чтобы такъ акуратно за ними смотрѣли, какъ при опытѣ.

По этому на устройство батареи изъ 100 такихъ элементовъ и на содержаніе ея въ продолженіе одного года потребно:

а) Единовременно:

Стакановъ, штукъ.....100 по 6 к. 6 р.

Мѣдно-цинковыхъ элементовъ ..100 » 23 » 23 »

---

Всего...29 р.

в) Ежегодно:

Стакановъ по 10%, т. е. на 100 элементовъ, штукъ..... 10 по 6 к. — р. 60 к.

Мѣдно-цинковыхъ элементовъ, считая по  $\frac{1}{10}$  въ 10 недѣль, т. е. по 1 элементу со 100 въ недѣлю, что составляетъ въ годъ, штукъ..... 52 » 23 » 11 » 96 »

Мѣднаго купороса по  $\frac{1}{4}$  фунта въ 10 недѣль на 1 элементъ, т. е. въ 1 годъ на 100 элементовъ всего мѣднаго купороса, фунтовъ.....130 » 15 » 19 » 50 »

Трапки, пропускную бумагу, песокъ и прочее, считая по 3 руб. на каждое возобновленіе, всего на 5 возобновленій въ годъ.....15 » — »

---

Всего...47 р. 6 к.

На 100 элементовъ, нынѣ употребляемыхъ при телеграфахъ, потребно (§ 13):

единовременно.....33 руб. 25 коп.

ежегодно.....88 » 91 $\frac{1}{4}$  »

Слѣдовательно дѣлается сбереженіе на каждые 100 элементовъ:

по 4 руб. 25 коп. единовременно

» 41 » 85 $\frac{1}{4}$  » ежегодно



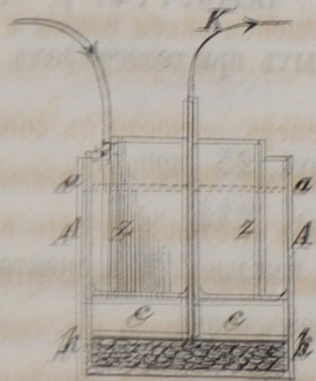
и сверхъ того элементы этого устройства требуютъ гораздо менѣе присмотра.

Хотя все эти соображенія и расчеты основаны только на выводахъ изъ опытовъ, сдѣланныхъ не на телеграфныхъ станціяхъ, однакожъ онѣ заслуживали бы на столько вниманія, чтобы произвести опыты въ большихъ размѣрахъ на одной или на нѣкоторыхъ станціяхъ въ продолженіи по крайней мѣрѣ полгода или при комнатныхъ электрическихъ звонкахъ.

При этомъ надобно замѣтить, что для линейныхъ батарей лучше употребить первый способъ устройства элементовъ съ большимъ сопротивленіемъ, а для мѣстныхъ батарей телеграфныхъ станцій и для комнатныхъ электрическихъ звонковъ второй способъ устройства элементовъ съ меньшимъ сопротивленіемъ, потому что, какъ телеграфные пишущіе приборы, такъ и электрическіе звонки обыкновенно устраиваются съ небольшимъ сопротивленіемъ, а для усильнаго дѣйствія этихъ приборовъ должно стараться, чтобы сумма сопротивленій батарей и проводниковъ равнялась сопротивленію проволоки электромагнитовъ пишущаго прибора или звонка.

§ 21. Въ этихъ элементахъ я также употреблялъ съ большимъ успѣхомъ гипсъ вмѣсто песка и бумаги. Такіе элементы можно устроить слѣдующимъ образомъ: въ обыкновенный батарейный стаканъ *A* (чер. 19) насыпаютъ мѣдный купоросъ въ кускахъ, на него

Чер. 19.



ставятъ мѣдный листъ *k* съ припаянною къ нему изолированную мѣдною же проволокою. Мѣдный листъ, въ устроенныхъ мною элементахъ, имѣлъ форму круга, діаметра равнаго внутреннему діаметру стакана. На мѣдный листъ наливаютъ слой гипса *CC*, на который кладется кругъ обыкновенной писчей бумаги, и на-



конецъ ставится цинковый цилиндръ *Z*, съ приклепанныю къ нему полоскою красной мѣди.

До составленія элемента надобно разумѣется гипсу дать отвердѣть и потомъ, для наливаія воды въ нижнюю часть стакана, сквозь слой гипса просверлить дыры, которыя вмѣстѣ съ тѣмъ и служатъ для выхода воздуха, накопляющагося подъ гипсомъ.

Когда весь элементъ составлень, наливають чистой воды до высоты *aa*, т. е. на  $\frac{1}{4}$  до  $\frac{1}{2}$  дюйма ниже края стакана.

Если хотять, чтобы этотъ элементъ тотчасъ же дѣйствовалъ всею силою, то прибавляютъ къ водѣ 2 или 3 капли сѣрной кислоты.

Для сохраненія цинка можно его амальгамировать ртутью.

Если не прибавить кислоты, то этотъ элементъ пріобрѣтаетъ полную силу только по истеченію нѣкотораго времени, именно отъ 2 до 24 часовъ, смотря по толщинѣ слоя налитаго гипса.

Толщиною слоя гипса опредѣляется величина сопротивленія этого элемента.

Листъ бумаги, положенный на гипсъ, служитъ для того, чтобы мелкій порошокъ, отдѣляющійся отъ цинка, не прикасался къ гипсу, къ которому онъ довольно сильно пристаеъ. Этимъ листомъ бумаги весьма облегчается чистка элемента; стоитъ только чрезъ 2 или 3 недѣли, когда на бумагѣ уже накопилось замѣтное количество этого порошка, вынуть цинковый цилиндръ, вылить воду, выбросить бумагу, воспольнувшись чистою водою верхнюю часть стакана надъ гипсомъ, потомъ на чистый кусокъ бумаги поставить, по прежнему, очищенный отъ образовавшейся окиси цинкъ и налить воды.

Подобные элементы стоятъ у меня теперь, отчасти съ сомкнутымъ токомъ, отчасти безъ дѣйствія, одинъ болѣе 6 мѣсяцовъ, другіе 4 мѣсяца; галваническій токъ такъ постояненъ, что измѣненія его едва замѣтны на весьма чувствительномъ синусъ-буссоли.

Расходы на устройство этого элемента, какъ видно изъ состава его, совершенно тѣже, какъ для послѣдняго изъ выше описанныхъ



элементовъ, и для ремонта, на сколько можно судить изъ неоконченныхъ еще опытовъ, онъ потребуетъ, по всей вѣроятности, еще менѣ расходовъ, а во всякомъ случаѣ не болѣе.

Преимущество этого элемента передъ другими состоятъ въ простотѣ, прочности, чистотѣ и, что важнѣе всего, въ постоянствѣ силы тока, которую онъ впрочемъ раздѣляетъ и съ вышепомянутымъ въ § 18 элементомъ, поставленнымъ также съ гипсомъ.

Въ слѣдствіе этого я считалъ бы вообще полезнымъ, если бы при опытахъ для улучшенія гальваническихъ батарей обратили вниманіе на гипсъ, который, сколько мнѣ извѣстно, до сихъ поръ еще никому не употребленъ какъ діафрагма.

§ 22. При всѣхъ элементахъ, описанныхъ въ послѣднихъ параграфахъ, какого бы они устройства ни были, неизбѣжно, чтобы нѣкоторая, хотя и незначительная, часть мѣднаго купороса не пришла въ соприкосновеніе съ цинкомъ, на которомъ въ слѣдствіе этого всегда образуется осадокъ мѣди.

Этотъ недостатокъ отчасти отстраняется покрытіемъ цинка ртутью. Амальгамированіе цинка производится проще всего, если въ обыкновенный стаканъ налить ртути и на него воды съ примѣсью сѣрной кислоты (отъ 3 до 4 частей воды на 1 часть кислоты) и туда поставить цинкъ, при чемъ необходимо избѣгать прикосновенія ртути съ прикрѣпленною къ цинку мѣдною полоскою или проволокою, потому что мѣдь также весьма легко соединяется со ртутью и черезъ это дѣлается весьма ломкою.

Этотъ способъ довольно дорогъ, потому что при немъ много цинка и ртути теряется напрасно; когда же требуется амальгамировать большое количество цинковыхъ полосовъ, то лучше всего заготовить мазь изъ 5 частей свинца, который расплавливается и въ расплавленномъ состояніи покрывается слоемъ сала или камеди; когда же онъ начинаетъ остывать, прибавляютъ одну часть



ртути, перемѣшивая все лопаткою. Этою мазью намазываютъ цинкъ, растирая ее металлическою или жесткою щетиноюю щеткою.

§ 23. Кромѣ цинка и мѣди, всѣ другіе металлы могутъ служить для устройства батарей, такъ на прим. батарея Грове устроена изъ цинка и платины; цинкъ, въ видѣ пустаго цилиндра, вставляется въ стаканъ, наполненный водою, прикисленною нѣсколькими каплями сѣрной кислоты.

Внутри цинковаго цилиндра находится глиняный горшокъ, наполненный крѣпкою селитряною кислотою, въ которую погружается листъ платины, загнутый обыкновенно въ видѣ буквы *S* и прикрѣпленный, посредствомъ мѣдной пластинки, къ фарфоровой крышкѣ. Къ этой мѣдной пластинкѣ, какъ и къ цинковому цилиндру, придѣланы прижимные винты, имѣющіе отверстія, необходимыя для помѣщенія въ нихъ концовъ соединительныхъ проволокъ. Для составленія батареи соединяютъ платиновую пластинку одного элемента съ сжимомъ цинковаго цилиндра другаго элемента и т. д.

При прохожденіи тока вода разлагается, кислородъ соединяется съ цинкомъ, окись цинка съ сѣрною кислотою, а сѣрнокислая окись цинка растворяется въ водѣ. Водородъ, переходя къ платинѣ, образовалъ бы на поверхности ея изолирующій слой газа, если-бъ онъ не встрѣчалъ селитряную кислоту, которая разлагается на кислородъ и на азотистую кислоту. Первый соединяется съ водородомъ и образуетъ снова воду, не вредную для дѣйствія элемента; азотистая же кислота уходитъ изъ горшка, въ видѣ красновато-желтыхъ паровъ, весьма вредныхъ для дыханія и разъѣдающихъ всѣ вблизи находящіяся металлическія вещи.

Это обстоятельство, равно какъ и высокая цѣнность этихъ батарей, дѣлаютъ ихъ неудобопримѣнимыми при телеграфахъ.

§ 24. Батарея Бунзена состоитъ изъ цинка, который, какъ и у другихъ элементовъ, вставляется въ прикисленную сѣрною кислотою воду въ глиняномъ горшкѣ.



В пространстве между двумя шариками в стальной вставке  
установил диантар и на расстоянии четверти сантиметра. При  
вращении вращающаго диантара выделается водород, который съ  
присоединенною къ нему серною кислотою для употребленія введе-  
на въ диантар, соединяющагося въ водороду такимъ образомъ  
какъ приращеннаго водороду диантара.

Тогда какъ диантаръ вращается въ водѣ диантаръ тѣмъ самымъ  
образомъ въ водороду. Тогда, до сихъ поръ, вода была прѣсная, тѣ-  
перь же диантаръ и въ водороду, а такъ тому, какъ водородъ и тѣ-  
перь онъ соединяется водороду въ водороду, а такъ прѣсная вода  
такъ же соединяется при вращеніи.

§ 25. Законъ Вара. Если устроить два тѣла изъ металла,  
какъ Вара Вара, то при этомъ различно, что одинъ электро-  
дъ будетъ изъ водѣ прѣсной воды и установится въ ста-  
нцій водороду, а другой водородъ долженъ соединять прѣсную  
водородную воду.

Причемъ, въ водѣ прѣсной диантаръ, устанавливается въ прѣсную  
воду водороду и водороду. Потомъ устанавливается въ водороду и  
въ водороду, прѣсную воду, а такъ прѣсную воду.

Суть различія галаваническаго тока заключается въ соединеніи  
одного электрода въ водѣ, водороду и водороду водороду, вода на водо-  
роду и водороду. Водороду водороду соединяется съ водороду, однимъ  
образомъ съ водороду водороду, а водороду водороду соединяется  
съ водороду водороду. Водороду водороду образуетъ съ водороду  
водороду водороду водороду, а чисто металлическая  
водороду водороду на водѣ водороду.

Эти элементы весьма постоянного дѣйствія, но неудобны какъ  
по высокой цѣнѣ, такъ и по вреднымъ свойствамъ соединенной  
водороду водороду, одного изъ соединенныхъ водороду.

§ 26. Законъ Ома. Галаваническій токъ есть феноменъ чисто-  
динамическій; электричество, находящееся въ водѣ, приводится въ



движеніе электровозбудительною силою и чѣмъ движущая сила болѣе, тѣмъ быстрѣе движеніе, т. е. тѣмъ болѣе количество электричества, проходящаго въ единицу времени чрезъ поперечное сѣченіе проводника, слѣдовательно тѣмъ болѣе сила галваническаго тока.

Изъ этого слѣдуетъ, что сила галваническаго тока прямо пропорціональна электровозбудительной силѣ.

Всякое вообще движеніе тѣмъ быстрѣе, чѣмъ менѣе движущееся тѣло встрѣчаетъ сопротивленія на своемъ пути, такъ и электричество движется тѣмъ быстрѣе, чѣмъ менѣе сопротивленіе и по этому: сила галваническаго тока обратно пропорціональна сопротивленію, встрѣчаемому токомъ на пути.

Это выражается простою формулою:

$$p = \frac{e}{L} \dots \dots \dots (1),$$

гдѣ  $p$  сила тока,  $e$  электровозбудительная сила,  $L$  сопротивленіе, встрѣчаемое токомъ на пути.

Изъ этого уравненія опредѣляется каждая изъ величинъ  $e$ ,  $p$  или  $L$ , если двѣ другія извѣстны; на примѣръ: если мы устроимъ двѣ батареи, одну Даниеля, другую Бунзена или Грове, такъ что сопротивленія въ обоихъ случаяхъ одинаковы, то мы получаемъ для первой батареи уравненіе:

$$p' = \frac{e'}{L} \dots \dots \dots (a)$$

для второй  $p'' = \frac{e''}{L} \dots \dots \dots (b)$

а изъ этого:  $\frac{p'}{p''} = \frac{e'}{e''} \dots \dots \dots (c).$

Если теперь обѣ эти батареи дѣйствуютъ на два совершенно одинаковые вольметра и первая доставляетъ въ 24 часа  $m$ , другая (въ тоже время)  $n$  кубическихъ миллиметровъ газовъ, то мы имѣемъ:

$$\frac{e'}{e''} = \frac{m}{n} \text{ или } e' = \frac{m}{n} \cdot e \dots \dots \dots (d)$$



потому что, какъ уже выше сказано, сила тока прямо выражается количествомъ доставленнаго въ единицу времени газовъ. Такимъ образомъ Вольта опредѣлилъ величины электровозбудительныхъ силъ въторгаль тѣлъ; между ними свинець и олово дали наименьшую силу, которую онъ принялъ за единицу, съ нею сравнивалъ другія и нашелъ, что эти величины для приближенія шла съ свинцомъ.

- » оловомъ . . . . . 5
- » желѣзомъ . . . . . 6
- » мѣдью . . . . . 9
- » и т. д. . . . . 11 и т. д.

§ 27. Сопротивленіе разныхъ тѣлъ также опредѣляется тѣмъ же уравненіемъ (1) предыдущаго параграфа, если соединить поперекъ одной и той же батареи разными проводниками одинаковыхъ размѣровъ и сравнивать потоки количества газовъ, доставленнаго въ единицу времени въ вольтметрѣ. Эти количества показаны въ § 7 и обратныя числа ихъ, которыя обозначаютъ относительныя величины сопротивленій, называются коэффициентами сопротивленія. Дѣйствительная величина сопротивленія въ данномъ проводникѣ зависитъ, кромѣ рода проводника, еще отъ размѣровъ его и въ этомъ отношеніи движеніе электричества подвергается также общимъ законамъ движенія жидкостей, а именно: чѣмъ больше поперечное сѣченіе русла, тѣмъ больше количество жидкости, которое можетъ проходить въ данное время; по этому сопротивленіе обратно пропорціоально поперечному сѣченію проводника. Кромѣ того, такъ какъ токъ въ каждомъ мѣстѣ одного и того же проводника встрѣчаетъ извѣстное сопротивленіе, то сопротивление прямо пропорціоально длинѣ проводника.

По этому сопротивленіе даннаго проводника выражается формулою:

$$r = \frac{l}{q} k \dots \dots \dots (2)$$

гдѣ *r* сопротивленіе, встрѣчаемое токомъ въ данномъ проводникѣ,



$l$  длина,  $q$  поперечное сѣченіе проводника,  $k$  коэффициентъ сопротивленія.

Единицею для сравненія разныхъ сопротивленій у насъ принято сопротивленіе куска желѣзной проволоки, длиною 1 версты и діаметромъ 4 милим. Съ нею сравниваютъ всѣ другія сопротивленія. Если коэффициенты сопротивленія и размѣры проводника извѣстны, то посредствомъ формулы (2) можно вычислить его сопротивленіе. На примѣръ для опредѣленія сопротивленія мѣдной проволоки, длиною въ 3 версты, діаметромъ въ 2 милим., мы должны поставить:  $l = 3$ , потому что длина ея не одна, но три версты  $q = 2^2 = 4$ , потому что поперечныя сѣченія въ обоихъ случаяхъ площади круговъ, которыя пропорціональны квадратамъ діаметровъ.

$k = 0,17$ ; коэффициентъ сопротивленія мѣди  $= 0,17$ , если этотъ коэффициентъ для желѣза принимается равно 1 (см. § 7).

По этому сопротивленіе этого куска мѣдной проволоки:

$$\frac{3}{4} 0,17 = 0,1275,$$

т. е. оно равняется сопротивленію 0,1275 версты желѣзной проволоки въ 4 милим. діаметра.

Однакожь кромѣ проводника токъ встрѣчаетъ сопротивленіе и въ самомъ элементѣ; это сопротивленіе подвергается тѣмъ же законамъ, какъ сопротивленіе въ проводникѣ и по этому выражается формулою:

$$R = \frac{l'}{q'} k' \dots \dots \dots (3)$$

гдѣ  $R$  сопротивленіе въ элементѣ,  $l'$  разстояніе между металлами или толщина слоя жидкости, чрезъ который токъ проходитъ отъ одного металла къ другому,  $q'$  поверхность металловъ, погруженная въ жидкость,  $k'$  коэффициентъ сопротивленія жидкости.

По этому все сопротивленіе  $L$ , встрѣчаемое токомъ, раздѣляется на два: одно  $R$  въ батарееѣ, другое  $r$  въ проводникѣ и по этому уравненіе (1) предъидущаго параграфа превращается въ слѣдующее:

$$p = \frac{e}{R + r} \dots \dots \dots (4)$$



§ 28. Это уравненіе относится къ одному элементу извѣстной величины; если же мы имѣемъ батарею, состоящую изъ  $n$  совершенно одинаковыхъ элементовъ, то каждый изъ нихъ дѣйствуетъ точно также, какъ одинъ отдѣльный элементъ, но токъ каждаго долженъ проходить чрезъ всѣ  $n$  элементы, въ каждомъ изъ нихъ онъ встрѣчаетъ сопротивленіе  $R$ , т. е. всего въ батареѣ сопротивленія  $nR$ , а въ проводникѣ  $r$ ; по этому каждый элементъ даетъ токъ силой  $\frac{e}{nR+r}$  и сумма всѣхъ этихъ  $n$  токовъ или токъ батарей, состоящей изъ  $n$  элементовъ, будетъ:

$$P = \frac{ne}{nR+r} \dots \dots \dots (5)$$

Изъ этого уравненія видно, что сила тока не увеличивается прямо пропорціонально числу элементовъ батареи, а въ меньшей степени, потому что съ прибавленіемъ каждаго новаго элемента, увеличивается вмѣстѣ съ тѣмъ и сопротивленіе батарей.

Кромѣ числа элементовъ можно увеличивать и величину каждаго элемента, чѣмъ также увеличивается сила тока.

Сопротивленіе каждаго элемента (см. уравн. 3 § 27) выражается формулою:

$$R = \frac{l}{q'} k'$$

гдѣ  $q'$  поверхность металловъ, погруженная въ жидкость. Изъ этого уравненія видно, что если  $l$  (т. е. разстояніе между металлами) и  $k'$  (коэффициентъ сопротивленія жидкости) не измѣняются, а  $q'$  увеличивается, то сопротивленіе элемента  $R$  уменьшается.

Положимъ, что мы устроили элементъ, у котораго поверхность металловъ въ  $m$  разъ болѣе, чѣмъ у разсмотрѣннаго до сихъ поръ элемента, то сопротивленіе этого элемента будетъ:

$$R' = \frac{l}{mq'} \cdot k' = \frac{1}{m} \cdot \frac{l}{q'} \cdot k' = \frac{1}{m} R, \dots \dots \dots (6)$$

т. е. сопротивленіе этого элемента будетъ  $m$  разъ меньше сопротивленія перваго, а сила тока подобнаго элемента будетъ:



$$p' = \frac{e}{\frac{1}{m} R + r} \text{ или}$$

$$p' = \frac{m e}{R + m r} \dots \dots \dots (7)$$

Изъ этого видно, что увеличеніемъ поверхности элемента также можно увеличивать силу тока, но и въ этомъ случаѣ сила тока не увеличивается пропорціонально увеличенію элемента, потому что величина  $m$  въ этомъ уравненіи находится также въ знаменателѣ.

Теперь спрашивается, въ какомъ случаѣ выигрывается болѣе силы тока: при увеличеніи числа или размѣровъ элементовъ, т. е. лучше ли устроить изъ даннаго количества матеріаловъ одинъ элементъ большихъ размѣровъ или большее число маленькихъ элементовъ?

Положимъ сначала, что мы устроили изъ всего даннаго матеріала одинъ большій элементъ; сила тока его выражается формулою:

$$p = \frac{e}{R + r},$$

гдѣ всѣ величины имѣютъ прежнее значеніе.

Если же мы устроили бы изъ этого же матеріала  $n$  элементовъ, то сопротивленіе каждаго изъ нихъ будетъ  $n R$ ; а такъ какъ во всей батарее  $n$  такихъ элементовъ, то сопротивленіе ея будетъ  $n \cdot n R = n^2 R$ , а сила батареи:

$$P = \frac{n e}{n^2 \cdot R + r} \dots \dots \dots (8)$$

Наивыгоднѣйшее число элементовъ будетъ то, для котораго  $P$  получить наибольшее значеніе; чтобы найти это число, поставимъ дифференціалъ его равно 0, то есть:

$$d \left[ \frac{n e}{n^2 \cdot R + r} \right] = 0$$



$$\frac{1}{n^2 R + r} - \frac{2 n^2 R}{(n^2 R + r)^2} = 0$$

$$1 = \frac{2 n^2 R}{n^2 R + r}$$

$$\underline{r = n^2 R} \dots\dots\dots (9)$$

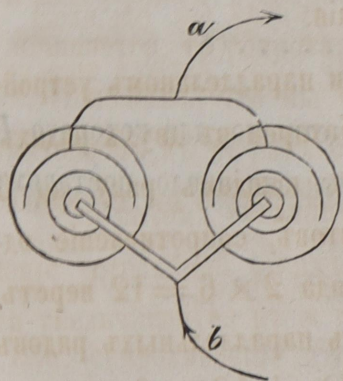
то есть: если дано известное количество матеріаловъ, то изъ нихъ слѣдуетъ устроить столько элементовъ, чтобы сопротивленіе во всей батарее равнялось сопротивленію въ проводникѣ.

§ 29. Въ практикѣ увеличеніе числа элементовъ производится весьма просто и легко; увеличеніе же размѣровъ каждаго элемента было бы очень затруднительно, если производить его на самомъ дѣлѣ, но ту же цѣль можно достигнуть весьма простымъ способомъ, а именно: такъ называемымъ параллельнымъ устройствомъ батареи.

Если мы имѣемъ два элемента и знаемъ, что каждый изъ нихъ имѣетъ по одной верстѣ сопротивленія, то есть  $R = 1$ , а сопротивленіе проводника  $r = \frac{1}{2}$  версты, и мы устроили бы батарею изъ этихъ двухъ элементовъ обыкновеннымъ способомъ, то сопротивленіе ея было бы  $2 R = 2$  и сила тока:

$$P = \frac{2e}{2 + \frac{1}{2}} = \frac{4}{5} \cdot e$$

Чер. 20.



что, согласно вышесказанному, было бы невыгодно. Однакожъ мы можемъ данные намъ элементы иначе составить, а именно: соединить оба цинковые и оба мѣдные полюса вмѣстѣ, какъ показано на чер. 20.

Въ этомъ случаѣ они образуютъ одинъ элементъ, въ которомъ поверхность погруженныхъ въ жидкость



металловъ вдвое больше и по этому сопротивленіе этого составнаго элемента будетъ вдвое меньше, то есть  $\frac{1}{2} R$  или въ приведенномъ примѣрѣ  $\frac{1}{2}$  версты. Проволоки *a* и *b* представляютъ полюсы: *a* положительный, *b* отрицательный; если ихъ соединить проводникомъ, сопротивленіе котораго равно  $\frac{1}{2}$  версты, то вышесказанное условіе исполнено и мы получимъ для силы проходящаго въ этомъ случаѣ тока:

$$p' = \frac{e}{\frac{1}{2} + \frac{1}{2}} = \frac{2}{2} e = e,$$

т. е. токъ въ этомъ случаѣ сильнѣе, чѣмъ въ первомъ на  $\frac{1}{5} e$ .

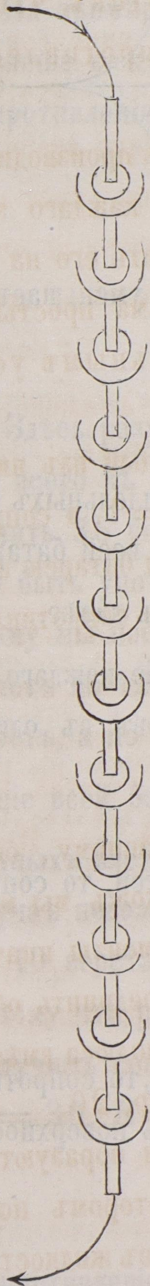
Точно такимъ же образомъ можно составить и большее число элементовъ; на прим. изъ 12 элементовъ можно устроить 6 батарей, всѣ съ различнымъ сопротивленіемъ; три изъ нихъ показаны на чер. 21, 22 и 23.

Если каждый элементъ отдѣльно имѣетъ 2 версты сопротивленія, то всѣ 12, поставленные въ одинъ рядъ (чер. 21), имѣютъ:

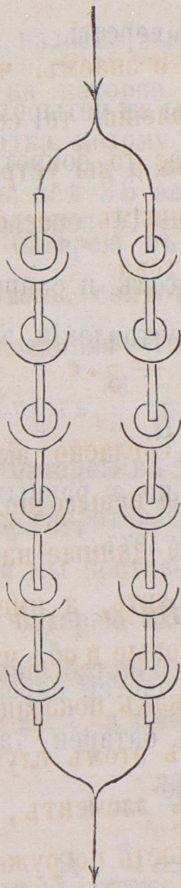
2. 12 = 24 версты сопротивленія.

При параллельномъ устройствѣ батареи въ двухъ рядахъ, гдѣ въ каждомъ ряду по 6 элементовъ, сопротивленіе одного ряда  $2 \times 6 = 12$  верстъ, а двухъ параллельныхъ рядовъ (чер. 22):  $\frac{1}{2} \cdot 12 = 6$  верстамъ.

Чер. 21.



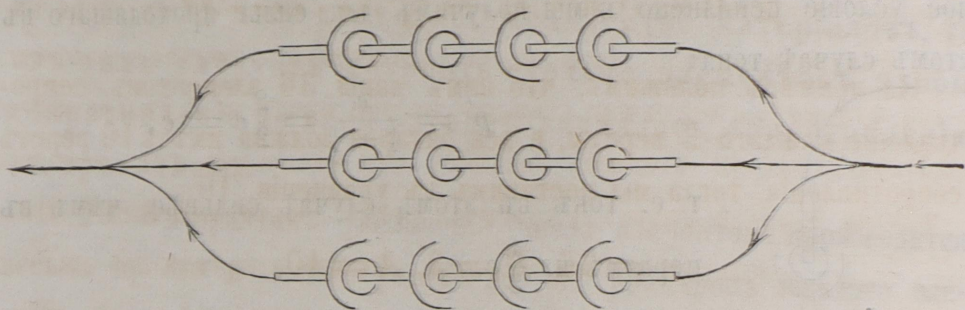
Чер. 22.





Если же дѣлить всю батарею на три равныя части, то въ каждой изъ нихъ будетъ по 4 элемента, слѣдовательно сопротивленіе каждой части будетъ  $2 \times 4 = 8$  версты; если всѣ три части поставлены параллельно, какъ показано на чер. 23, то поверхность

Чер. 23.



увеличивается втрое; сопротивленіе на столько же уменьшается, т. е. оно будетъ въ этомъ случаѣ:

$$\frac{1}{3} 8 = 2 \frac{2}{3} \text{ версты.}$$

Если же поставить эти элементы въ четырехъ параллельныхъ рядахъ, въ каждомъ по три элемента, то сопротивленіе всей батареи въ этомъ случаѣ будетъ:  $\frac{3 \times 2}{4} = 1 \frac{1}{2}$  версты, и такъ далѣе.

Если вообще имѣемъ  $n$  элементовъ и сопротивленіе каждаго  $R$ , то сопротивленіе батареи при составленіи элементовъ въ одинъ рядъ будетъ:

$$n \cdot R.$$

Если же мы дѣлимъ батарею на  $x$  равныхъ частей, то сопротивленіе каждой части отдѣльно будетъ:

$$\frac{n}{x} R.$$

Если потомъ соединить всѣ  $x$  частей параллельно, то сопротивленіе устроенной такимъ образомъ батареи, такъ какъ поверхность ея увеличивается въ  $x$  разъ, равно

$$\frac{1}{x} \cdot \frac{n}{x} \cdot R = \frac{n}{x^2} \cdot R.$$



Теперь то число рядовъ, въ которыхъ должно поставить данное число элементовъ извѣстнаго сопротивленія, для того, чтобы вся батарея имѣла извѣстное сопротивленіе  $A$  верстъ, найдется изъ уравненія:

$$\frac{n}{x^2} \cdot R = A \text{ или } x^2 = \frac{nR}{A} \dots\dots\dots (10)$$

На примѣръ положимъ, что намъ даны 36 элементовъ, сопротивленіе каждаго 3 версты, а вся батарея должна имѣть 10 верстъ сопротивленія, тогда мы поставимъ въ уравненіи (10):

$$n = 36, R = 3, A = 10.$$

$$x^2 = \frac{36 \cdot 3}{10} = 10,8$$

$$x = \sqrt{10,8} = 3,3.$$

Здѣсь, разумѣется, надобно выбрать для  $x$  то число, которое ближе всего къ  $3\frac{3}{10}$  и на которое вмѣстѣ съ тѣмъ можно было бы дѣлить 36 безъ остатка, потому что на устройство батареи должны быть употреблены всѣ 36 элементовъ; это число будетъ 3. По этому мы поставимъ батарею въ трехъ рядахъ, въ каждомъ ряду будетъ по 12 элементовъ, сопротивленіе его будетъ  $3 \cdot 12 = 36$  верстъ, а по этому, соединяя эти 3 части параллельно, сопротивленіе всей батареи будетъ  $\frac{36}{3} = 12$  верстъ; и такъ, составить изъ данныхъ элементовъ батарею въ 10 верстъ сопротивленія въ этомъ случаѣ невозможно, а сопротивленіе батареи будетъ ближе всего къ 10 верстамъ, если мы поставимъ ее вышесказаннымъ образомъ, потому что раздѣляя батарею на 4 части, каждая по 9 элементовъ, получимъ сопротивленіе батареи, если въ (10) уравненіи поставимъ  $n = 36, R = 3, x = 4$ , а именно:

$$A = \frac{36 \cdot 3}{16} = 6\frac{3}{4}$$

сопротивленіе батареи въ этомъ случаѣ равно  $6\frac{3}{4}$  версты, т. е. на



$3\frac{1}{2}$  версты менѣе десяти, между тѣмъ какъ въ первомъ случаѣ оно только на двѣ версты болѣе.

§ 30. Сила тока, какъ выше сказано, прямо пропорціональна количеству воды, разложенной въ вольтметрѣ въ продолженіе извѣстнаго времени. Однакожъ измѣреніе силы тока вольтметромъ имѣеть нѣкоторыя весьма значительныя неудобства; оно на практикѣ затруднительно и не вѣрно, потому что вода при одномъ элементѣ разлагается такъ медленно, что дѣйствіе элемента прекратилось бы ранѣе, чѣмъ получилось такое количество газовъ, которое возможно было бы измѣрять самыми точными инструментами.

По этому, чтобы получить хотя измѣряемое количество газовъ надобно употребить большее число элементовъ и не чистую, а прикисленную воду, при чемъ количество прибавленной кислоты должно быть весьма точно опредѣлено, потому что малѣйшая разница въ этомъ количествѣ значительно измѣняетъ скорость разложенія воды.

Кромѣ того, даже при большемъ числѣ элементовъ и при употребленіи прикисленной воды, разложеніе происходитъ такъ медленно, что едва только по прошествіи нѣсколькихъ часовъ можно будетъ измѣрять количество газовъ; сила же возникшаго элемента въ продолженіе этого времени измѣняется довольно значительно; и такъ подобныя, довольно затруднительныя, опыты мы получили бы результаты, вѣрность которыхъ совершенно не соответствовала бы трудамъ, посредствомъ которыхъ они достигнута.

Наконецъ опредѣленіе силы каждаго элемента отдѣльно, невозможно этиаъ способомъ и оно важно еще по тому, что на практикѣ оказывается, что два совершенно одинаково устроенныя элемента не даютъ, какъ должно было бы ожидать, совершенно равносильнаго токи, въ саудствіе немнѣжныхъ разницъ въ качествахъ матеріаловъ и приборовъ, употребленныхъ на устройство.

Не сравненно удобнѣе и вѣрнѣе сила тока опредѣляется свидѣствіемъ его на малочисленную стрѣлку.



Галваническій токъ, проходя мимо магнитной стрѣлки, стремится поставить ее перпендикулярно къ направле- нію проволоки, по которой онъ проходитъ.

Извѣстно, что магнитная стрѣлка, привѣшенная на шелковинкѣ или подпертая остриемъ такъ, чтобы она могла свободно вращаться въ горизонтальной плоскости, принимаетъ всегда направление такъ называемаго магнитнаго меридіана, болѣе или менѣе подходящее къ направленію географическаго меридіана.

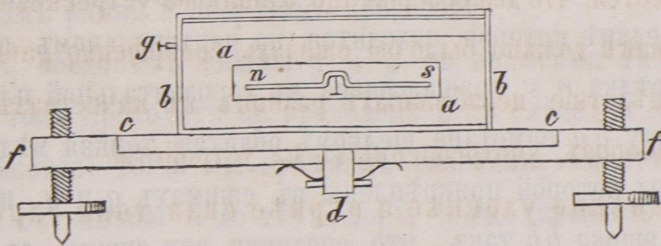
Если въ небольшомъ разстояніи отъ стрѣлки, находящейся въ магнитномъ меридіанѣ, проходитъ горизонтальная проволока, чрезъ которую мы пропускаемъ галваническій токъ, то стрѣлка отклоняется отъ нормальнаго своего положенія и становится бы, согласно вышесказанному, перпендикулярно къ этой проволокѣ, если въ тоже время не дѣйствовала бы на нее сила земнаго магнетизма, удерживая ее въ магнитномъ меридіанѣ.

По этому послѣ нѣсколькихъ качаній стрѣлка останавливается внѣ магнитнаго меридіана, съ которымъ она образуетъ уголъ, величина котораго зависить отъ величины двухъ дѣйствующихъ силъ, магнетизма и галваническаго тока. Первую, т. е. силу магнетизма, можно для одной и той же магнитной стрѣлки принять постоянно неизмѣняющеюся и по тому она можетъ служить мѣрою послѣдней.

§ 31. На этомъ основаніи устроенъ аппаратъ для измѣренія силы тока: такъ называемый синусъ-буссоль.

Синусъ-буссоль, изображенный на чер. 24 въ вертикальномъ

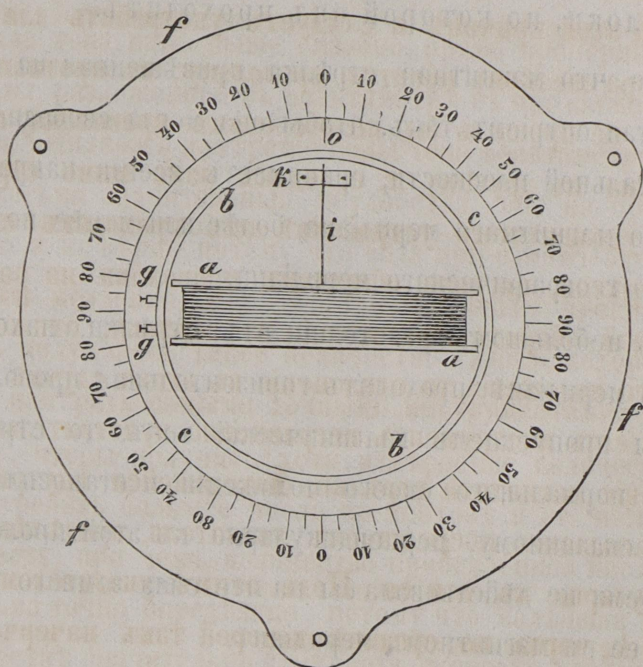
Чер. 24.





разрѣзѣ по срединѣ, а на чер. 25 въ планѣ, состоитъ изъ слѣду-

Чер. 25.



ющих частей: *bb* мѣдный цилиндрическій ящикъ, придѣланный къ мѣдному же кругу *cc*; по срединѣ этого круга стержень *d*, на который насаживается пружина, прижимающая кругъ *c* къ подставкѣ всего прибора *ff*. Подставка эта состоитъ изъ мѣднаго круга, стоящаго на 3 винтахъ, которыми можно его всегда привести въ горизонтальное положеніе. Въ кругѣ этомъ цилиндрическая выемка, въ которой весьма аккуратно помѣщается кругъ *c*. На краю этой выемки дѣленіе на градусы и полуградусы; на кругѣ *c* находится знакъ *O* или лучше еще ноніусъ. Кругъ *c* вращается въ выемкѣ подставки, къ которой онъ прижимается пружиною, прикрѣпленною къ стержню *d*. Въ срединѣ ящика прикрѣплена деревянная рамка *aa*, въ срединѣ которой находится на вертикальномъ остріѣ магнитная стрѣлка *n s*, вращающаяся въ горизонтальной плоскости.

На рамку *aa* намотана шелкомъ обвитая тонкая мѣдная проволока, концы которой прикрѣплены въ сжимахъ *g* и *g*, изолированныхъ отъ ящика *bb* такъ, что, соединяя эти сжимы съ полюсами



галваническаго элемента, токъ проходитъ по всей проволокъ, намотанной на рамкѣ, отъ одного сжима къ другому вокругъ магнитной стрѣлки; по этой причинѣ и слѣдуетъ употребить для устройства этого прибора шелкомъ обвитую проволоку; въ противномъ случаѣ токъ вовсе не прошелъ бы по оборотамъ проволоки, а прямо отъ одного сжима къ другому, т. е. одинъ разъ мимо стрѣлки, тогда какъ при упомянутомъ устройствѣ онъ проходитъ столько разъ вокругъ стрѣлки, сколько оборотовъ проволоки на рамкѣ; а такъ какъ каждый оборотъ дѣйствуетъ на стрѣлку, отклоняя ее отъ нормальнаго положенія, то отклоненіе въ этомъ случаѣ несравненно больше, то есть инструментъ несравненно чувствительнѣе.

Положеніе магнитной стрѣлки, находящейся внутри деревянной рамки, наблюдается посредствомъ указателя, придѣланнаго къ ней перпендикулярно къ оси ея. Подъ этимъ указателемъ находится пластинка *k*, черта по срединѣ которой такъ начерчена, что конецъ указателя покрываетъ ее, когда ось магнитной стрѣлки аккुरатно параллельна стѣнкамъ деревянной рамки; по концамъ пластинки *k* придѣланы къ ней два штифта, которые ограничиваютъ движеніе указателя и вмѣстѣ съ тѣмъ и магнитной стрѣлки.

Положимъ, что мы вращали сначала кругъ *c* до тѣхъ поръ, пока знакъ *O* на немъ будетъ находиться противъ нуля дѣленія на подставкѣ. Потомъ передвигаемъ весь инструментъ до тѣхъ поръ, пока указатель *i* установится надъ чертою, находящеюся на пластинкѣ *k*.

Когда инструментъ такъ поставленъ, то магнитная стрѣлка находится въ магнитномъ меридіанѣ и вмѣстѣ съ тѣмъ параллельна къ стѣнкамъ рамки и оборотамъ проволоки.

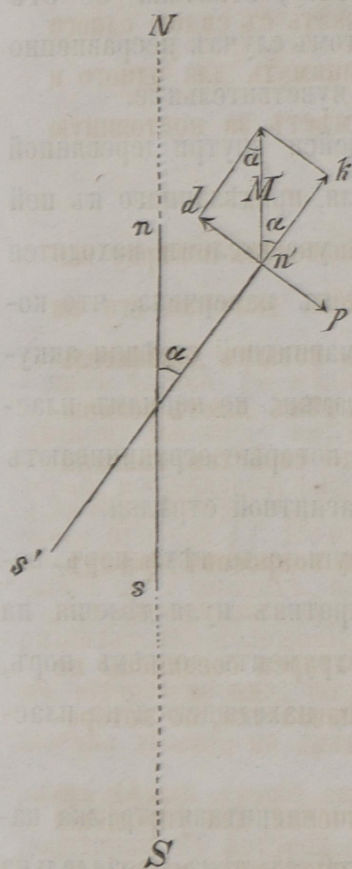
Теперь соединимъ сжимы *g* и *g* съ полюсами галванической батареи; токъ проходитъ по проволокъ и въ слѣдствіе этого стрѣлка отклоняется; тогда мы вращаемъ пластинку вмѣстѣ *C* съ ящикомъ *b* и съ рамкою *a* до тѣхъ поръ, пока указатель *i* покроетъ снова черту на пластинкѣ *k*.



Когда это достигнуто, то стрѣлка, разумѣется, не находится уже болѣе въ магнитномъ меридианѣ, но ось ея, не смотря на это, параллельна съ оборотами проволоки и по этому дѣйствіе гальваническаго тока на нее не измѣнилось, но онъ дѣйствуетъ снова какъ сила, перпендикулярная къ оси стрѣлки.

На чер. 26 линия  $NS$  обозначаетъ магнитный меридианъ,  $n$  нормальное положеніе стрѣлки, въ которомъ ее удерживаетъ маг-

Чер. 26.



нитизмъ; коль скоро она удаляется изъ этого положенія, то магнетизмъ является какъ сила, дѣйствующая параллельно линіи  $NS$ . На чертежѣ она изображена линіею  $M$ ; ее можно разложить на двѣ части:  $n'k$ , которая уничтожается, и  $n'd$ , которая старается привести стрѣлку въ нормальное положеніе; изъ чертежа видно, что  $n'd = M \cdot \sin \alpha$ , если  $\alpha$  уголь отклоненія.

По этому сила, съ которою стрѣлка стремится назадъ въ нормальное положеніе  $= M \cdot \sin \alpha$ .

Этому противодѣйствуетъ сила гальваническаго тока, изображенная на чертежѣ линіею  $P$ .

По этому, если стрѣлка при отклоненіи  $\alpha$  находится въ покоѣ, то

$P = M \cdot \sin \alpha$ , т. е., при вышесказанномъ опытѣ намъ стоитъ только еще наблюдать на сколько градусовъ и минутъ отошелъ знакъ  $O$  на доскѣ  $s$  отъ прежняго своего положенія и тогда мы знаемъ, что сила проходящаго гальваническаго тока пропорціональна величинѣ синуса этого угла.

Пропуская потомъ токъ другой батареи такимъ же образомъ



чрезъ проволоку синусъ-буссоли, мы найдемъ другой уголъ  $\alpha'$ , при которомъ стрѣлка будетъ въ равновѣсїи, и получимъ, называя силу этого тока  $P'$ , уравненїе:

$$P' = M \cdot \sin \alpha'$$

а изъ этихъ двухъ уравненїй третье:

$$\frac{P}{P'} = \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha'} \text{ или } P' = \frac{\sin \alpha'}{\sin \alpha} \cdot P,$$

по которому можно сравнивать между собою силы разныхъ токовъ, то есть измѣрять ихъ, если ихъ всехъ сравнивать съ силою одного извѣстнаго элемента. Величину  $M$  можно принимать для одного и того же инструмента, въ одномъ и томъ же мѣстѣ за постоянную величину.

§ 32. Помощїю синусъ-буссоли можно производить повѣрку вышериведенныхъ законовъ гальваническаго тока, включая его на мѣсто вольтметра. Подобные опыты служатъ новымъ доказательствомъ вѣрности этихъ законовъ и вмѣстѣ съ тѣмъ даютъ возможность рѣшать разные вопросы, касающїеся до свойствъ гальваническаго тока.

Разсмотримъ здѣсь одинъ изъ важнѣйшихъ вопросовъ: раздѣленїе тока на части.

Положимъ, что полюсы одной и той же батареи соединены не однимъ, а двумя проводниками (чер. 27); спрашивается, по которому изъ нихъ пройдетъ токъ?

Разсмотримъ этотъ вопросъ сперва теоретически; для упрощенїя случая положимъ, что оба проводника изъ одинаковаго матеріала, одинаковой длины и толщины, тогда и сопротивленїе ихъ будетъ одинаковое, а именно въ каждомъ проводникѣ:

$$r = k \cdot \frac{l}{q} \dots \dots \dots (1)$$

Здѣсь все величины имѣютъ тоже значенїе, какъ въ уравненїи (2)

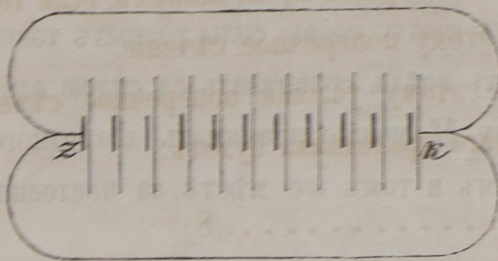
§ 27.



Такъ какъ длина и коэффициентъ сопротивленія у обонѣ одинаковы, то вмѣстѣ они образуютъ ничто иное, какъ одинъ проводникъ съ поперечнымъ сѣченіемъ  $2q$ , сопротивленіе котораго будетъ:

$$r' = k \frac{l}{2q} = \frac{1}{2} r \dots \dots \dots (2)$$

Чер. 27.



то есть вдвое меньше сопротивленія каждаго изъ нихъ отдѣльно.

Если же поперечныя сѣченія проводниковъ не одинаковы, то сопротивленіе перваго будетъ:

$$r_1 = k \cdot \frac{l}{q_1} \dots \dots \dots (3)$$

а втораго:

$$r_2 = k \cdot \frac{l}{q_2} \dots \dots \dots (4)$$

гдѣ  $q_1$  поперечное сѣченіе перваго,  $q_2$  втораго проводника.

Сопротивленіе ихъ обонѣхъ будетъ, если мы представимъ себѣ ихъ сложенными вмѣстѣ по всей длинѣ:

$$r^1 = k \cdot \frac{l}{q_1 + q_2} = \frac{1}{\frac{q_1}{k.l} + \frac{q_2}{k.l}} = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}} = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2},$$

то есть:

$$r' = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} \dots \dots \dots (5)$$

Если же, кромѣ поперечныхъ сѣченій, длины проводниковъ разныя и онѣ состоятъ изъ различныхъ матеріаловъ, то это правило остается все таки тоже; положимъ: сопротивленіе перваго проводника

$$r_1 = \frac{k_1 l_1}{q_1} \dots \dots \dots (6)$$



второго проводника:

$$r_2 = \frac{k_2 l_2}{q_2} \dots \dots \dots (7)$$

гдѣ  $k_1$ ,  $l_1$ ,  $q_1$  коэффициентъ сопротивленія, длина и поперечное сѣченіе перваго,  $k_2$ ,  $l_2$ ,  $q_2$  тѣже величины втораго проводника.

Мы можемъ устроить третій проводникъ изъ одинаковаго съ первымъ матеріала и одинаковой съ нимъ длины, но съ сопротивленіемъ  $r_2$ , т. е. одинаковымъ со вторымъ проводникомъ, если только выбрать соответствующее этому поперечное сѣченіе.

Назовемъ удовлетворяющее этому условію поперечное сѣченіе  $q_3$ , тогда сопротивленіе третьяго проводника будетъ:

$$r_2 = \frac{k_1 l_1}{q_3} \dots \dots \dots (8)$$

Ясно, что сила тока нисколько не измѣнится, если второй проводникъ замѣнить третьимъ и тогда мы получимъ, какъ выше, общее сопротивленіе перваго и третьяго или перваго и втораго проводника вмѣстѣ:

$$r^1 = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}} = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2} \dots \dots \dots (9)$$

Такимъ же образомъ можно доказать, что у трехъ проводниковъ разной длины, разнаго поперечнаго сѣченія и изъ различныхъ матеріаловъ, если сопротивленіе перваго  $r_1$ , втораго  $r_2$ , третьяго  $r_3$ , сопротивленіе всѣхъ трехъ будетъ:

$$r' = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}} = \frac{r_1 \cdot r_2 \cdot r_3}{r_1 r_2 + r_1 r_3 + r_2 r_3} \dots \dots \dots (10)$$

Обращаясь теперь снова къ первому случаю, т. е. къ соединенію полюсовъ одной батареи двумя проводниками, мы можемъ опредѣлить общую силу тока, проходящаго по обоимъ вмѣстѣ, а именно: называя чрезъ  $E$  электровозбудительную силу, чрезъ  $R$  сопротивленіе батареи,  $r_1$  сопротивленіе перваго,  $r_2$  сопротивленіе втораго проводника, мы получимъ силу тока:



$$P = \frac{E}{R + \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}} \dots \dots \dots (11)$$

Часть этого тока пройдетъ по первому проводнику, другая по второму; называя ихъ  $p_1$  и  $p_2$ , ясно, что:

$$p_1 + p_2 = P \dots \dots \dots (12)$$

Каждая изъ этихъ частей, какъ отдѣльный гальванический токъ, подвергается общему его закону, т. е. она должна быть обратно пропорциональна сопротивленію,

то есть 
$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{r_2}{r_1} \dots \dots \dots (13)$$

или 
$$r_1 \cdot p_1 = r_2 \cdot p_2 \dots \dots \dots (14)$$

изъ уравненій (12) и (14) получаемъ:

$$p_1 = \frac{r_2}{r_1 + r_2} \cdot P \dots \dots \dots (15)$$

$$p_2 = \frac{r_1}{r_1 + r_2} \cdot P \dots \dots \dots (16)$$

Для трехъ проводниковъ мы имѣли бы слѣдующія три уравненія:

$$p_1 + p_2 + p_3 = P \dots \dots \dots (17)$$

$$r_1 p_1 = r_2 p_2 = r_3 p_3 \dots \dots \dots (18)$$

и нашли бы изъ нихъ:

$$p_1 = \frac{1}{r_1} \cdot \frac{P}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}} = \frac{r_2 r_3}{r_1 r_2 + r_1 r_3 + r_2 r_3} \cdot P \dots \dots (19)$$

$$p_2 = \frac{1}{r_2} \cdot \frac{P}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}} = \frac{r_1 r_3}{r_1 r_2 + r_1 r_3 + r_2 r_3} \cdot P \dots \dots (20)$$

$$p_3 = \frac{1}{r_3} \cdot \frac{P}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}} = \frac{r_1 r_2}{r_1 r_2 + r_1 r_3 + r_2 r_3} \cdot P \dots \dots (21)$$



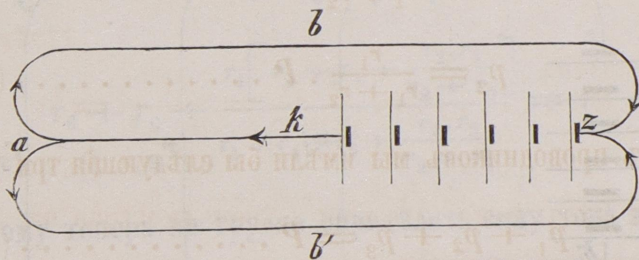
$$P = \frac{E}{R + \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}}} = \frac{E}{R + \frac{r_1 \cdot r_2 \cdot r_3}{r_1 r_2 + r_1 r_3 + r_2 r_3}}. \quad (22)$$

Для четырехъ, пяти и большаго числа проводниковъ выводы эти будутъ не много сложнѣе, основныя же уравненія сохраняютъ во всѣхъ случаяхъ ту же самую, весьма простую, форму какъ и уравненія (12), (14), (17) и (18).

Онѣ сохраняютъ эту форму даже тогда, когда раздѣленіе тока происходитъ не у самой батареи, но токъ проходитъ сначала по одному проводнику, который потомъ только раздѣляется на двѣ, три, четыре или болѣе частей и всѣ или нѣкоторыя изъ этихъ частей снова раздѣляются на части.

Если токъ, на примѣръ, проходитъ сначала по одному проводнику отъ полюса  $k$  (чер. 28) до точки  $a$  и потомъ раздѣляется на

Чер. 28.



двѣ части  $abz$  и  $ab'z$ , то называя:

сопротивленіе по проволокаѣ  $abz$  чрезъ  $r_1$

» »  $ab'z$  чрезъ  $r_2$

мы получимъ общее сопротивленіе отъ  $a$  до  $z$ , согласно вышесказанному [уравненіе (9)]:

$$r^1 = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2}.$$

Называя теперь сопротивленіе по проволокаѣ  $ka$  чрезъ  $r$ , то общее сопротивленіе по всему пути будетъ:

$$r'' = r + r^1 = r + \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}.$$



Называя силу тока, проходящаго по проволоку  $ka$  чрезъ  $P$ , по проволоку  $abz$  чрезъ  $p_1$ , по проволоку  $ab'z$  чрезъ  $p_2$ , мы имѣемъ слѣдующія три уравненія:

$$P = \frac{E}{R + r + \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}}$$

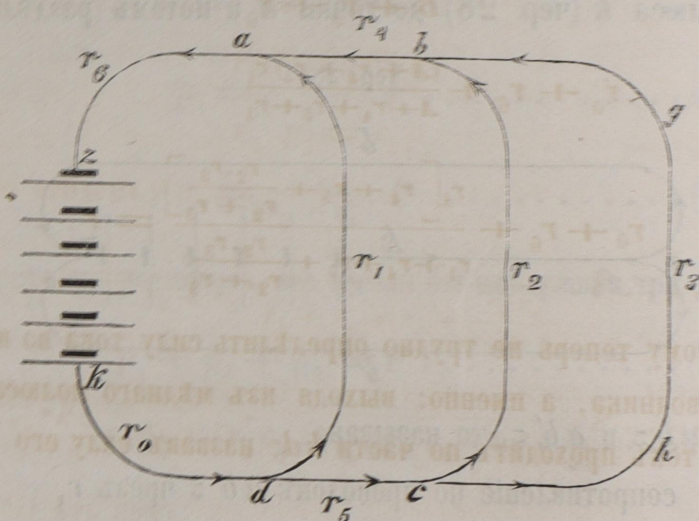
$$p_1 \cdot r_1 = p_2 \cdot r_2$$

$$p_1 + p_2 = P$$

которыя опредѣляются  $p_1, p_2, P$ , если все сопротивленія извѣстны.

Опредѣлимъ еще для примѣра общее сопротивленіе, которое токъ встрѣчаетъ въ показанномъ на чер. 29 случаѣ, при прохожденіи

Чер. 29.



отъ одного полюса батареи  $k$  до другаго  $z$ , называя сопротивленія:

проволоки $kd$ чрезъ .....	$r_0$
» $da$ » .....	$r_1$
» $bc$ » .....	$r_2$
» $bghc$ » .....	$r_3$
» $ab$ » .....	$r_4$
» $cd$ » .....	$r_5$
» $az$ » .....	$r_6$



Сопротивленіе двухъ проволокъ  $bc$  и  $bghc$  будетъ:

$$\frac{1}{\frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}} = \frac{r_2 \cdot r_3}{r_2 + r_3} = A;$$

къ этому еще прибавляются сопротивленія  $r_4$  и  $r_5$ , такъ, что мы имѣемъ отъ  $a$  до  $d$  два пути, по одному сопротивленіе  $r_4$ , по другому  $A + r_4 + r_5$ ; вмѣстѣ онѣ даютъ сопротивленіе отъ  $a$  до  $d$ :

$$\frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{A + r_4 + r_5}} = \frac{r_1 [A + r_4 + r_5]}{A + r_4 + r_5 + r_1} = B;$$

къ сопротивленію  $B$  прибавляются еще сопротивленія  $r_0$  и  $r_6$ , и по этому все сопротивленіе отъ одного полюса  $k$  до другаго  $z$  по этому проводнику будетъ:

$$B + r_0 + r_6$$

или  $r_0 + r_6 + \frac{(A + r_4 + r_5) r_1}{A + r_4 + r_5 + r_1}$

или  $r_0 + r_6 + \frac{r_1 \left[ r_4 + r_5 + \frac{r_2 \cdot r_3}{r_2 + r_3} \right]}{r_1 + r_4 + r_5 + \frac{r_2 \cdot r_3}{r_2 + r_3}} = r$

По этому теперь не трудно опредѣлить силу тока во всѣхъ частяхъ проводника, а именно: выходя изъ мѣднаго полюса батареи, главный токъ проходить по части  $kd$ ; назвавъ силу его  $P$ , мы получимъ:

$$P = \frac{E}{R + r} = \frac{E}{R + r_0 + r_6 + \frac{r_1 \left[ \frac{r_2 \cdot r_3}{r_2 + r_3} + r_4 + r_5 \right]}{r_1 + r_4 + r_5 + \frac{r_2 \cdot r_3}{r_2 + r_3}}} \quad (a)$$

У точки  $d$  токъ этотъ раздѣляется на двѣ части, изъ которыхъ одна проходить по проволокѣ  $da$ , другая по проволокѣ  $dc$ . Называя первую  $p_1$ , вторую  $p_5$ , мы получимъ для опредѣленія ихъ слѣдующія уравненія:



$$p_1 + p_5 = P$$

$$p_1 r_1 = p_5 \cdot \left[ r_4 + r_5 + \frac{r_2 \cdot r_3}{r_2 + r_3} \right]$$

то есть:

$$p_1 = \frac{r_4 + r_5 + \frac{r_2 \cdot r_3}{r_2 + r_3}}{r_1 + r_4 + r_5 + \frac{r_2 \cdot r_3}{r_2 + r_3}} P \dots \dots \dots (b)$$

и

$$p_5 = \frac{r_1}{r_1 + r_4 + r_5 + \frac{r_2 \cdot r_3}{r_2 + r_3}} P \dots \dots \dots (c)$$

Въ точкѣ *c* второй изъ этихъ токовъ раздѣляется на двѣ части; одна изъ нихъ  $p_2$  проходитъ по провололкѣ *cb*, другая  $p_3$  по провололкѣ *chgb* и мы имѣемъ для опредѣленія сихъ величинъ уравненія:

$$p_2 + p_3 = p_5$$

$$r_2 \cdot p_2 = r_3 p_3$$

и изъ этого найдемъ:

$$p_2 = \frac{r_3}{r_2 + r_3} \cdot p_5 = \frac{r_3}{r_2 + r_3} \cdot \frac{r_1}{r_1 + r_4 + r_5 + \frac{r_2 \cdot r_3}{r_2 + r_3}} \cdot P \dots \dots \dots (d)$$

$$p_3 = \frac{r_2}{r_2 + r_3} \cdot p_5 = \frac{r_2}{r_2 + r_3} \cdot \frac{r_1}{r_1 + r_4 + r_5 + \frac{r_2 \cdot r_3}{r_2 + r_3}} \cdot P \dots \dots \dots (e)$$

Токи  $p_2$  и  $p_3$  у точки *b* соединяются и образуютъ снова токъ силою  $p_2 + p_3 = p_5$  [уравн. (c)] въ провололкѣ *ba*.

Токи  $p_5$  и  $p_1$  соединяются у точки *a*, образуя въ провололкѣ *az* токъ силою  $p_1 + p_5 = P$  [уравн. (a)].

Такимъ образомъ сила тока въ каждомъ мѣстѣ этого сложнаго проводника опредѣлена, а въ вѣрности опредѣленія можно убѣдиться опытомъ, включая синусъ-буссоль въ разныя проволоки и опредѣляя силу проходящаго тока.



Сдѣланные такимъ образомъ опыты совершенно согласны съ теоріею.

§ 33. Синусъ-буссоль служитъ также къ точному измѣренію сопротивленія разныхъ тѣлъ.

Выше, въ § 27, мы приняли единицею сопротивленія то сопротивление, которое встрѣчаетъ гальваническій токъ въ кускѣ желѣзной проволоки, длиною одной версты и діаметромъ 4 милим. Измѣреніе сопротивленія проводника или элемента состоитъ въ сравненіи его съ этою единицею. Для подобнаго сравненія необходимо имѣть нѣкоторое количество проволокъ извѣстныхъ сопротивленій, различныхъ между собою.

Для большаго удобства устриваются особые приборы, такъ называемые реостаты, состоящіе изъ кусковъ проволоки извѣстныхъ сопротивленій, которые удобно включаются въ цѣпь тока.

Реостаты устриваются весьма различнымъ образомъ. Наиболее употребительное устройство, особенно при телеграфахъ, есть слѣдующее: кусокъ шелкомъ обмотанной нейзильберной проволоки, въ тысячу верстъ сопротивленія, разрѣзанъ на 28 кусковъ, изъ которыхъ 10 кусковъ имѣютъ каждый по одной верстѣ сопротивленія; 9 другихъ кусковъ имѣютъ каждый по десяти верстѣ сопротивленія, а послѣдніе 9 кусковъ каждый по сто верстѣ сопротивленія.

Эти проволоки намотаны на три деревянные катушки, такъ что на каждой катушкѣ проволоки одинаковаго сопротивленія; концы проволокъ остаются свободными.

Катушки съ проволокою прикрѣплены къ деревянной доскѣ *АА* (чер. 30), на другой сторонѣ которой находятся нѣсколько мѣдныхъ пластинокъ, а именно три кругообразныя пластинки *a*, *b*, *c*, которыя соотвѣтствуютъ тремъ катушкамъ съ проволокою.

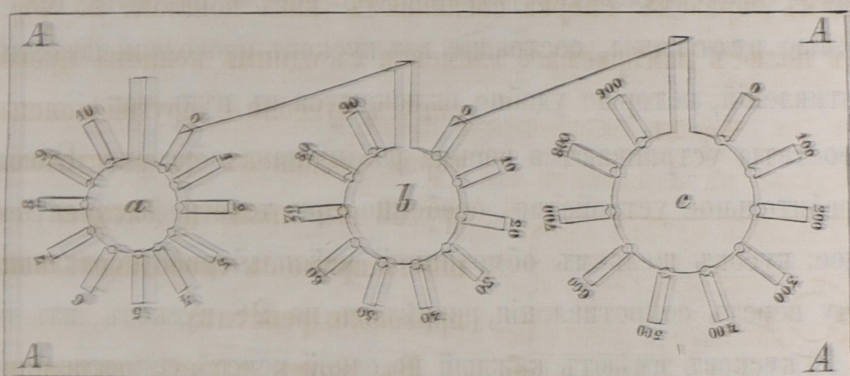
Вокругъ пластинки *a* расположены по радіусамъ одиннадцать пластинокъ, обозначенныя цифрами 0, 1, 2, . . . до 10. Противъ средней пластинки *a* прикрѣплена катушка съ 10 кусками прово-



локи, изъ которыхъ каждый имѣетъ одну версту сопротивленія. Одинъ конецъ перваго изъ этихъ кусковъ прикрѣпленъ къ пластинкѣ 0, другой конецъ къ пластинкѣ 1, къ которой вмѣстѣ съ тѣмъ и прикрѣпленъ одинъ конецъ втораго куска проволоки. Къ пластинкѣ 2 привинчены: одинъ конецъ второй и одинъ конецъ третьей проволоки, къ пластинкѣ 3 одинъ конецъ третьей и одинъ конецъ четвертой проволоки и т. д.

Каждую изъ маленькихъ пластинокъ можно соединить съ среднею пластинкою посредствомъ мѣдной втулки, которая вставляется въ отверстіе между ними.

Чер. 30.



Такимъ же образомъ проволоки съ 10 верстами сопротивленія соединены съ пластинками 0, 10, 20, и т. д., и проволоки со ста верстами сопротивленія съ пластинками 0, 100, 200 и такъ далѣе до 900.

Пластинка 0 перваго круга соединена съ выступомъ пластинки *b*, пластинка 0 втораго круга съ выступомъ пластинки *c*.

Концы проводника, въ который хотятъ включить реостатъ, соединяются: одинъ съ выступомъ пластинки *a* и другой съ пластинкою 0 у третьяго круга *c*.

Чтобы теперь включить, на примѣръ, 435 верствъ сопротивленія, вставляютъ втулки въ отверстія между пластинками *c* и 400, *b* и

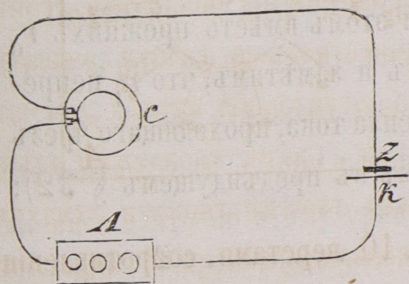


30,  $a$  и 5; тогда токъ встрѣчаетъ въ первомъ кругѣ 5, во второмъ 30, въ третьемъ 400 верстъ сопротивленія.

§ 34. Для измѣренія сопротивленія данной проволоки помощью синусъ-буссоли и реостата, включаютъ проволоку и синусъ-буссоли въ цѣпь тока батареи, наблюдаютъ отклоненіе стрѣлки и потомъ, включая вмѣсто этой проволоки реостатъ, переставляютъ въ немъ втулки до тѣхъ поръ, пока стрѣлка синусъ-буссоли не покажетъ тоже отклоненіе какъ прежде. Когда это достигнуто, то извѣстное намъ сопротивленіе на реостатѣ равно сопротивленію проволоки, которое требовалось опредѣлить.

Для измѣренія сопротивленія элемента поступаютъ слѣдующимъ образомъ: сперва соединяютъ (какъ показано на чер. 31) одинъ полюсъ измѣряемаго элемента съ однимъ концомъ проволоки

Чер. 31.



синусъ-буссоли  $c$ , другой конецъ которой соединенъ съ реостатомъ  $A$ ; другой же полюсъ батареи соединяютъ прямо съ свободнымъ концомъ проволоки реостата.

Въ этомъ случаѣ гальваническій токъ проходитъ отъ мѣднаго полюса батареи  $k$  чрезъ реостатъ  $A$  и проволоку синусъ-буссоли  $c$  къ отрицательному полюсу батареи  $Z$ . Въ слѣдствіе этого стрѣлка синусъ-буссоли отклоняется, но вращая ящикъ съ рамкою, мы приводимъ указатель снова на черту пластинки.

Сила проходящаго въ этомъ случаѣ тока будетъ:

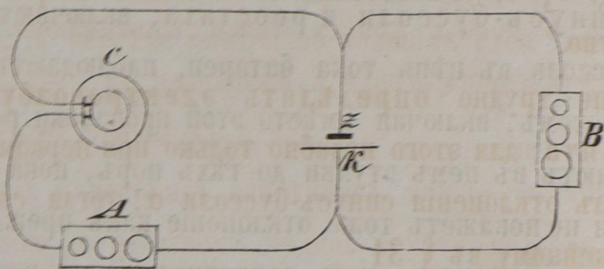
$$P_0 = \frac{e}{x + r_0 + t} \dots \dots \dots (1)$$

гдѣ  $e$  электровозбудительная сила,  $x$  сопротивленіе элемента,  $r_0$  сопротивленіе въ реостатѣ (которое совершенно произвольно),  $t$  сопротивленіе проволоки синусъ-буссоли.



Потомъ, не измѣняя положеніе синусъ-буссоли и втулокъ реостата, дѣлаютъ второе соединеніе (какъ показано на чер. 32) по-

Чер. 32.



средствомъ втораго реостата  $B$ , на которомъ втулки поставлены на произвольное число  $m$  верстъ сопротивленія. Этимъ новымъ соединеніемъ токъ, проходящій чрезъ синусъ-буссоль  $C$  и реостатъ  $A$ , потеряетъ часть своей силы и стрѣлка по этому удаляется отъ того положенія, которое она имѣла при первомъ опытѣ; но, переставивъ втулки въ реостатѣ  $A$ , мы приводимъ ее назадъ въ прежнее положеніе. Положимъ, что при этомъ вмѣсто прежнихъ  $r_0$  верстъ, на реостатѣ  $A$  теперь  $r_1$  верстъ и замѣтимъ, что  $r_1$  непременно менѣе, чѣмъ  $r_0$ . Въ этомъ случаѣ сила тока, проходящаго чрезъ  $C$  и  $A$ , будетъ (согласно съ изложеннымъ въ предъидущемъ § 32):

$$p_1 = \frac{e}{x + r_1 + t + x \frac{r_1 + t}{m}} \dots \dots \dots (2)$$

Отклоненіе стрѣлки синусъ-буссоли, какъ сказано, въ обоихъ случаяхъ одинаковое; слѣдовательно и силы проходящихъ чрезъ нее токовъ въ обоихъ случаяхъ равны, т. е.

$$p_0 = p_1$$

или 
$$\frac{e}{x + r_0 + t} = \frac{e}{x + r_1 + t + x \frac{r_1 + t}{m}}$$

слѣдовательно

$$x + r_0 + t = x + r_1 + t + x \frac{r_1 + t}{m},$$



то есть

$$x = m \cdot \frac{r_0 - r_1}{r_1 + t} \dots \dots \dots (3)$$

такъ какъ  $r_0$ ,  $r_1$ ,  $t$ ,  $m$  извѣстны, то и  $x$  или сопротивление элемента извѣстно.

Теперь не трудно опредѣлить электровозбудительную силу элемента; для этого надобно только при первомъ опытѣ наблюдать уголъ отклоненія синусъ-буссоли  $\alpha$ ; тогда сила тока, согласно изложенному въ § 31:

$$p_0 = \text{Sin } \alpha = \frac{e}{r_0 + x + t},$$

то есть

$$\text{Sin } \alpha = \frac{e}{r_0 + t + m \frac{r_0 - r_1}{r_1 + t}}$$

или

$$e = \left[ r_0 + t + m \frac{r_0 - r_1}{r_1 + t} \right] \text{Sin } \alpha \dots \dots (4)$$

Величины на правой сторонѣ этого уравненія все извѣстны изъ наблюдений, по этому и электровозбудительная сила намъ извѣстна.

При этомъ однакожь надобно замѣтить, что для одного и того же элемента уголъ  $\alpha$ , при разныхъ инструментахъ, имѣетъ разныя величины и что по этому сравнивать между собою можно только тѣ величины электровозбудительныхъ силъ разныхъ элементовъ, которыя опредѣлены на одномъ и томъ же инструментѣ и въ одномъ и томъ же мѣстѣ.

Сопротивленія же можно во всехъ случаяхъ сравнить между собою, если онѣ только выражены въ одинаковыхъ единицахъ.

Такимъ образомъ найдено, на примѣръ, что даніэлевскій элементъ (§ 12 чер. 9 и 10) имѣетъ среднимъ числомъ одну версту сопротивленія, а такой же элементъ новаго устройства (§ 13, чер. 11) около  $\frac{3}{4}$  версты сопротивленія.

Элементы Мейдингера имѣютъ болѣе сопротивленія, а именно при поверхности цинка въ 20 квадратныхъ дюймовъ (§ 15 чер. 12)



отъ 3,6 до 4,8 версты, а немного большихъ размѣровъ (§ 16 чер. 13) отъ 2,6 до 3,5 версты.

Сопротивленіе элементовъ, описанныхъ въ § 18 (чер. 15), при поверхности цинка около 30 квадратныхъ дюймовъ, простирается отъ 0,9 до 2,6 версты, смотря по толщинѣ слоя гипса.

Сопротивленіе элементовъ (§ 19 чер. 16, § 20 чер. 18, § 21 чер. 19) отъ 1,7 до 3,0 версты, смотря по толщинѣ слоя песка или гипса.

М. Ф. Парротъ.

С.-Петербургъ 14 марта 1864 г.

Изъ 4-й кн. журн. пут. сообщ. 1864 г.