

АККУМУЛЯТОРЫ.

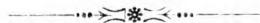
Общедоступное описание ихъ дѣйствія, работоспособности
и уходъ за ними.

Д-ра КАРЛА ЭЛЬБСЪ.

ПРОФ. ФРЕЙБУРГСКАГО УНИВЕРСИТЕТА.

ПЕРЕВОДЪ СЪ НѢМЕЦКАГО.

Съ 4-мя рисунками въ текстѣ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Издание книжного магазина В. Эрикссонъ.

Вознесенскій проспектъ, 28

1894.

Дозволено цензурою. С.-Петербургъ, 13 Октября 1893 года.

Предисловие.

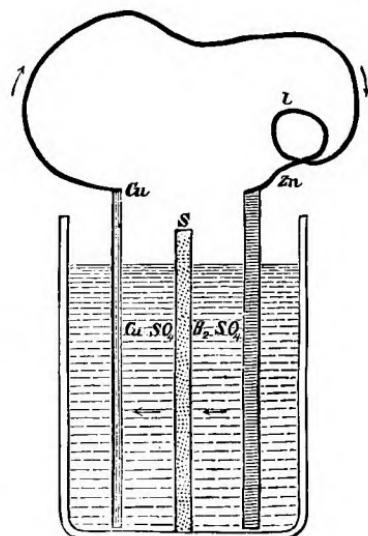
Только въ послѣдніе годы аккумуляторы нашли примѣненіе въ электричествѣ. Теперь они уже вытѣсняютъ гальваническіе элементы въ лабораторіяхъ, учебныхъ заведеніяхъ и медицинской практикѣ; поэтому явилась потребность ближе познакомиться съ устройствомъ, примѣненіемъ и уходомъ за маленькими аккумуляторными батареями. Этому и должна по возможности соотвѣтствовать эта краткая и общепонятная брошюра.

Фрейбургъ, вѣсна 1893 г.

ГЛАВА I.

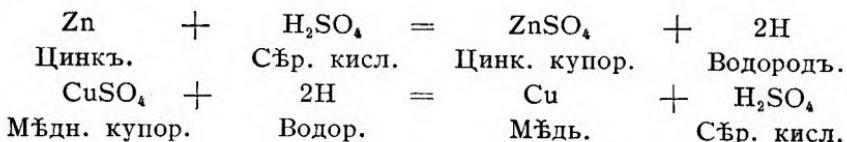
Дѣйствіе аккумуляторовъ.

Если мы пользуемся гальваническимъ элементомъ, то въ немъ происходятъ химическія реакціи; эти химическія реакціи служатъ источникомъ рабочей силы, которую мы получаемъ въ формѣ электрическаго тока. Если возьмемъ, напр. элементъ Даніеля, въ которомъ цинкъ погруженъ въ разбавленную сѣрную кислоту, а мѣдь въ мѣдный купоросъ (сѣрно-мѣдную соль $CuSO_4$) какъ это схематически показано на fig. 1, то положительное электричество течетъ чрезъ замыкающую проволоку 1 отъ мѣди къ цинку, въ жидкости отъ цинка черезъ разбавленную сѣрную кислоту, пористый стаканъ S и мѣдный купоросъ къ мѣди. Цинкъ окисляется сѣрною кислотою въ цинковый купоросъ, который и растворяется; освободившійся водородъ направляется, какъ переносчикъ положительного электричества (въ видѣ іонъ, а не въ формѣ газообразныхъ частицъ водорода) къ мѣди, и отдаетъ тамъ свой электрическій зарядъ, при чемъ, однако-же не выдѣляется газообразного водорода, а возстановляется изъ мѣдного купороса сѣрная кислота и металлическая мѣдь, которая осаждается на мѣдномъ листѣ.



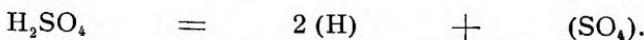
Фиг. 1.

Итакъ, химическія реакціи происходятъ по слѣдующимъ уравненіямъ:

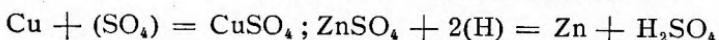


Пока существуютъ цинкъ и мѣдный купоросъ, до тѣхъ поръ продолжается этотъ обмѣнъ и его слѣдствія,—электрическій токъ; цинковый листъ, уничтожаясь, превращается въ растворимый цинковый купоросъ, а соотвѣтствующее количество мѣди возстановляется изъ мѣднаго купороса и осѣдаетъ на мѣдной пластинкѣ. Полное количество сѣрной кислоты остается неизмѣннымъ, такъ какъ количество кислоты потраченное на раствореніе цинка и полученное при разложеніи мѣднаго купороса вполнѣ равны.

Итакъ, употребляя цинкъ и мѣдный купоросъ, мы получаемъ цинковый купоросъ и мѣдь и при этомъ химическомъ превращеніи электрическій токъ. Если въ данномъ элементѣ Даніэля пропустить токъ такимъ образомъ, что положительное электричество войдетъ при мѣди, пройдетъ черезъ жидкость къ цинку и тамъ опять выйдетъ, то мѣдь соединится съ остаткомъ сѣрной кислоты (SO_4),—образуя мѣдный купоросъ, водородъ же направляется къ цинку и выдѣляется въ видѣ сѣрной кислоты изъ окруженаго цинковымъ купоросомъ цинка.



Ионы сѣрной кислоты, которые выдѣляются токомъ на цинковой или мѣдной пластинкѣ.



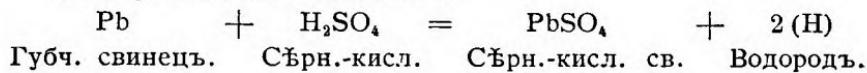
Если достаточно долго пропускать токъ черезъ элементъ, то мы приведемъ его въ такое же состояніе, въ какомъ онъ находился до начала работы. Этотъ опытъ мы можемъ производить какъ угодно часто. Вмѣсто того, чтобы время отъ времени вставлять новыя цинковыя пластинки и прибавлять мѣдный купоросъ, можно такъ пропустить токъ черезъ элементъ, что растворившійся цинкъ снова выдѣлится, а осажденная мѣдь снова растворится. Другими словами, элементъ Даніэля можетъ

быть употребленъ какъ аккумуляторъ; и такъ, аккумуляторы суть ничто иное, какъ гальваническіе элементы, въ которыхъ происходящіе процессы обратны. Аккумуляторы накопляютъ электричество, которое было на нихъ израсходовано въ формѣ химическихъ соединеній, а они въ свою очередь даютъ электрическій токъ, переходя въ первоначальное состояніе. Такія вещества въ вышеупомянутомъ случаѣ были цинкъ и мѣдный купоросъ. Определенное вѣсомое количество цинка и мѣднаго купороса даетъ определенное количество электричества, электрическій токъ определенной силы и продолжительности; если мы въ теченіе нѣкотораго времени отнимемъ, такъ сказать, отъ элемента эти вещества подъ видомъ цинковаго купороса и мѣди, то мы можемъ ввести въ элементъ въ теченіе другого времени то же самое количество электричества, и вмѣстѣ съ тѣмъ возстановить первоначальный запасъ цинка и мѣднаго купороса, и такимъ образомъ накопить въ элементѣ соотвѣтствующее количество электричества. Цинкъ и мѣдный купоросъ, суть хронители извѣстнаго количества электричества въ элементѣ Даніэля. Итакъ, аккумуляторы суть аппараты чтобы перерабатывать поперемѣнно химическую энергию въ электрическую и электрическую въ потенціальную химическую. Элементъ Даніэля для этой цѣли вслѣдствіе различныхъ обстоятельствъ весьма не практиченъ и не удобенъ.

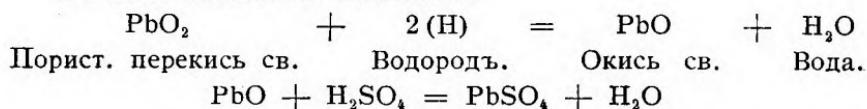
Всѣ изобрѣтенные до сихъ поръ и употребляющіе аккумуляторы основываются на другихъ химическихъ процессахъ, главнымъ образомъ, на реакціяхъ, происходящихъ между свинцомъ и его соединеніями въ присутствіе разбавленной сѣрной кислоты. Металлическими проводниками служатъ свинцовые пластинки, однѣ покрытыя слоемъ пористаго губчатаго свинца, другія пористой перекисью свинца. Обѣ пластины устанавливаются въ свинцовомъ, эбонитовомъ или стеклянномъ ящицѣ разбавленной сѣрной кислотой, при чемъ никакихъ отдѣляющихъ пористыхъ перегородокъ не употребляютъ. Различные роды аккумуляторовъ отличаются только способомъ приготовленія дѣйствующихъ слоевъ губчатаго свинца и перекиси свинца и прикрѣпленіемъ ихъ къ свинцовымъ листамъ. Химическая реакція, которая производитъ вторичный токъ, состоитъ такимъ образомъ въ слѣдующемъ: губчатый свинецъ на отрицательной пластинкѣ превращается дѣйствіемъ разбавленной сѣрной кислоты въ сѣрно-кислый свинецъ; отдѣляю-

щійся при этомъ водородъ направляется, какъ переносчикъ положительного электричества, къ положительной пластинкѣ, отдастъ тамъ свой зарядъ, и выдѣлился бы въ газообразномъ состояніи, если-бы не превратился въ воду вслѣдствіе окисленія его находящейся на положительной пластинкѣ перекисью свинца. Перекись при этомъ превращается въ окись, которая при посредствѣ сѣрной кислоты переходитъ въ сѣрно-кислый свинецъ. Итакъ, въ жидкости положительное электричество течеть отъ губчатой свинцовой пластинки къ пластинкѣ съ перекисью свинца и отъ нея, по замыкающей проволокѣ, къ губчатой свинцовой пластинкѣ. Химическая реакція, а также и токъ продолжаются до тѣхъ поръ, пока губчатый свинецъ и перекись превращаются въ сѣрно-кислый свинецъ; на обѣихъ пластинкахъ при этомъ истребляется сѣрная кислота. Слѣдующія равенства намъ картино представляютъ реакціи при разрядѣ:

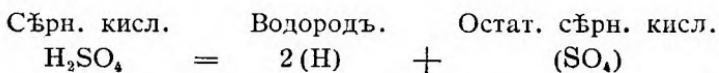
На отрицательной пластинкѣ:



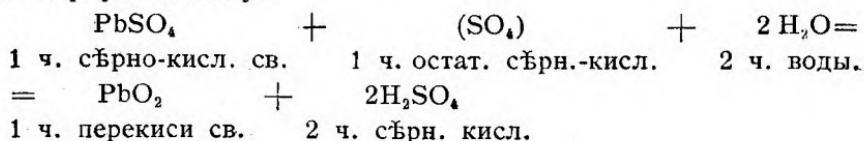
На положительной пластинкѣ:



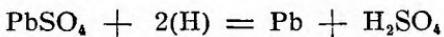
Эти процессы обратимы; если мы пропустимъ черезъ разряженный аккумуляторъ обратно направленный токъ, то мы произведемъ обратно всѣ химическія измѣненія. Электролитомъ служить разбавленная сѣрная кислота, какъ видно изъ равенства.



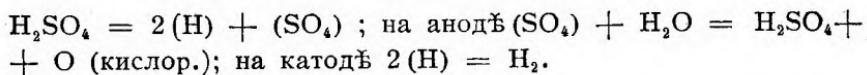
Входящій въ положительную пластинку токъ, отдѣляетъ остатокъ сѣрной кислоты, который, не имѣя способности существовать въ свободномъ состояніи, превращается вмѣстѣ съ сѣрно-кислымъ свинцомъ, при помощи воды, въ перекись свинца и сѣрную кислоту:



Выходящій на отрицательной пластинкѣ токъ отдаляетъ соотвѣтствующее остатку (SO_4) количество водорода $2(\text{H})$, которое газообразно не выдѣляется, а переводить сѣрно-кислый свинецъ въ сѣрную кислоту и свинецъ, осаждающійся въ видѣ пористаго губчатаго свинца на пластинкѣ,



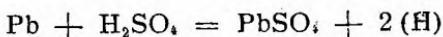
Если заряжающій токъ дѣйствуетъ достаточно долго, то аккумуляторъ опять вполнѣ приходитъ въ первоначальное состояніе, способное дать токъ; положительная пластинка опять покрывается перекисью свинца, отрицательная губчатымъ свинцомъ, и связанная во время разряда со свинцомъ сѣрная кислота опять освобождается. Если мы не прервемъ по достижениіи этого состоянія заражающаго тока, то являются продукты, которые мы обыкновенно получаемъ при электролизѣ разбавленной сѣрной кислоты, посредствомъ не окисляющихся электродовъ напр. платиновыхъ листочковъ, а именно, свободные водородъ и кислородъ въ такомъ отношеніи, въ какомъ они связаны образуя воду, т. е. гремучій газъ; на мѣстѣ входа положительного тока, на анодѣ, появляется кислородъ, какъ продуктъ разложенія остатка сѣрной кислоты съ водою, на мѣстѣ же выхода, на катодѣ водородъ.



Вводимое послѣ этого электричество не будетъ уже накапляться въ аккумуляторѣ въ формѣ перекиси свинца, но будетъ доставлять безполезно выдѣляющійся гремучій газъ. Такимъ образомъ, наглядное изображеніе реакцій, происходящихъ въ аккумуляторѣ между жидкимъ проводникомъ (разбавленной сѣрной кислотой) и дѣйствующими массами (пористыми слоями на положительной и отрицательной пластинкахъ) слѣдующія:

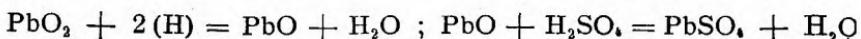
а) При разрядѣ:

На отрицательной пластинкѣ, дѣйствіе разбавленной сѣрной кислоты на губчатый свинецъ и переходъ освобождающагося водорода къ положительной пластинкѣ.



На положительной пластинкѣ, окисленіе водорода въ воду,

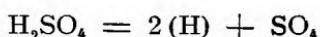
помощью перекиси свинца и превращение происходящей при этом окиси свинца въ сѣрно-кислый свинецъ.



Итакъ, въ концѣ разряда обѣ пластинки, положительная и отрицательная, покрываются сѣрно-кислымъ свинцомъ, токъ, следовательно, прекращается и часть запаса свободной сѣрной кислоты становится связанной со свинцомъ.

b) При зарядѣ:

Разложение разбавленной сѣрной кислоты заряжающимъ токомъ.



На положительной пластинкѣ, куда входитъ заряжающій токъ, окисленіе сѣрно-кислого свинца въ перекись свинца.



На отрицательной пластинкѣ, откуда заряжающій токъ выходитъ, возстановленіе сѣрно-кислого свинца въ губчатый свинецъ.



При окончаніи заряда, отрицательная пластинка покрывается губчатымъ свинцомъ, положительная перекисью свинца, какъ было и въ началѣ разряда, и соединенная до сихъ поръ со свинцомъ сѣрная кислота дѣлается опять свободною.

ГЛАВА II.

Устройство аккумуляторовъ.

Какъ уже было сказано, различные виды употребляющихся теперь аккумуляторовъ отличаются только способомъ приготовленія дѣйствующихъ массъ—губчатаго свинца и пористой перекиси его, и прикрепленіемъ ихъ на пластинкахъ. Изобрѣтатель аккумуляторовъ, Гастонъ Плантѣ, приготовлялъ дѣйствующія пленки для свинцовыхъ пластинокъ слѣдующимъ образомъ. Онъ опускалъ свинцовые пластинки въ разбавлен-

ную сѣрную кислоту и пользовался ими поперемѣнно какъ электродами. Такимъ образомъ свинцовыя пластинки покрывались въ разбавленной сѣрной кислотѣ очень тонкимъ слоемъ сѣрно-кислого свинца, который при приходженіи тока окислялся на анодѣ въ перекись свинца, на катодѣ возстановлялся въ губчатый свинецъ; если же теперь соединить обѣ пластинки замыкающимъ проводникомъ, то оба образовавшіеся слоя превращаются въ губчатый сѣрно-кислый свинецъ и во все время этого превращенія токъ течетъ по проводнику отъ электрода съ перекисью свинца къ электроду съ губчатымъ свинцомъ, т. е. въ направленіи обратномъ первоначальному. Но внутри пористаго сѣрно-кислого свинца остается все таки слой массивнаго свинца, который подвергается дѣйствію сѣрной кислоты для дальнѣйшаго образованія сѣрно-кислого свинца, при вторичномъ зараженіи переходящаго опять въ перекись и губчатый свинецъ. Если поперемѣнныя заряды и разряды, такъ сказать формированіе, продолжаются достаточно долгое время, то всѣ частичныя малыя дѣйствія суммируются и на пластинкахъ накапляются твердо прикрепленные, сильно дѣйствующіе слои перекиси и губчатаго свинца до 1 мм. толщиною. Длинный и дорого стоющій процессъ формированія можно обойти, вмазывая и прессуя порошкообразный металлическій свинецъ въ ямки различно приготовленныхъ для этого рѣшетокъ. Само собою разумѣется, что металлическій свинецъ можно замѣнить или окисью, или сѣрно-кислымъ свинцомъ вмѣстѣ съ такими веществами, которыя способствуютъ отвердѣнію кашеобразной массы. Эти рѣшетки приготавляются изъ свинца или свинцовой лигатуры, которая очень трудно поддается вліянію сѣрной кислоты, а потому въ химическихъ реакціяхъ аккумулятора почти не участвуетъ. Благодаря этому обстоятельству формированіе можно ограничить гораздо меньшимъ числомъ зарядовъ и разрядовъ, чтобы перевести всѣ существующія соединенія свинца въ активную массу. Подобное устройство имѣютъ аккумуляторы „Electrical Power Storage Company“ и „Berliner Akkumulatorwerke“ въ Шарлотенбургѣ. Съ теоретической точки зрѣнія, вполнѣ безразлично, состоить ли масса, наполняющая рѣшетки, изъ свинца, окиси его, сѣрно-кислой соли, или наконецъ изъ смѣси всѣхъ этихъ тѣлъ, и наполнены ли положительныя рѣшетки другой массой или тою же. Уже при первомъ употребленіи перекись свинца образуется на положи-

тельной пластинкѣ, губчатый свинецъ на отрицательной; только техническая цѣль примѣненія аккумулятора можетъ указать выборъ наполняющихъ рѣшетки массъ. Среднее мѣсто между первоначальными аккумуляторами Плантѣ и только что упомянутыми рѣшетчатыми аккумуляторами, занимаютъ Tudor—аккумуляторы, которые приготавляются въ Hagen i. W. Здѣсь пластиинки имѣютъ вертикальныя нарѣзки, замазанныя активной массой и формируются какъ по Плантѣ. Хотя во время употребленія не твердо держащаяся въ нарѣзкахъ масса и выпадаетъ, но это не приноситъ никакого вреда, такъ какъ одновременно вслѣдствіе постояннаго заряда и разряда работающаго аккумулятора (по процессу формированія аккумулятора Плантѣ) образующаяся активная масса постоянно увеличивается въ такомъ же размѣрѣ, въ какомъ теряетъ въ замазанныхъ нарѣзкахъ. Въ аккумуляторахъ положительная пластинка съ перекисью свинца стоитъ между двумя отрицательными, губчатыми свинцовыми пластинками; итакъ, число отрицательныхъ пластинокъ аккумулятора всегда превышаетъ число положительныхъ на единицу. Всѣ положительныя пластинки, а также всѣ отрицательныя пластинки аккумулятора металлически соединены между собою и выдающіяся изъ аккумулятора свинцовые полосы образуютъ: одна положительный, другая отрицательный полюсы. Чтобы не произошло соединенія между соѣднными, рядомъ расположеными, пластинками черезъ обвалившуюся массу, эти пластинки устанавливаются не на дно сосуда, а укрѣпляются ихъ на стеклянныхъ призмахъ или стерженькахъ или, еще лучше, подвѣшиваются ихъ такимъ образомъ, что ихъ нижніе концы отстаютъ отъ дна на нѣсколько сантиметровъ. Маленькие легко переносимые типы аккумуляторовъ, о которыхъ здѣсь главнымъ образомъ идетъ рѣчь, обыкновенно не плотно прикрыты фарфоровой крышкой, иногда же закрываются герметически, оставляя только отверстіе со штепселеемъ для наполненія сѣрной кислотой и для выхода газовъ при зарядѣ. Стеклянныя сосуды предполагаются сосудами изъ каучука и масляной папки, ибо они позволяютъ наблюдать всѣ происходящія въ аккумуляторѣ реакціи и состояніе пластинокъ, что при другого рода сосудахъ неудобно, вслѣдствіе ихъ непрозрачности. Вкладывая аккумуляторы въ деревянныя ящики, стекло легко предохранить отъ разлома. Чтобы при извѣстной работоспособности

могно было сдѣлать приборъ возможно малымъ и легкимъ, употребляютъ сосуды, въ которыхъ для разбавленной сѣрной кислоты оставляютъ лишь очень немного мѣста. Но такъ какъ сѣрная кислота не только служитъ жидкимъ проводникомъ, но и дѣятельно участвуетъ въ реакціяхъ аккумулятора, то здѣсь слѣдуетъ оставаться въ извѣстныхъ границахъ; для 1 A. St. (амперъ-часъ) ёмкости нужно 25 Ccm. сѣрной кислоты въ 1,15 уд. вѣса и значитъ для аккумулятора напр. въ 20 A. St. нужно 500 Ccm.; это для малыхъ аккумуляторовъ минимальное количество кислоты. Многочисленныя приспособленія, которыя примѣняются къ батареѣ составленной изъ обыкновенныхъ гальваническихъ элементовъ какъ то: для регулированія напряженія и силы тока, измѣненія его направленія и распределенія, облегченіе переноски всего аппарата, можно, очевидно, примѣнить и къ аккумуляторной батареѣ, какъ служащей для тѣхъ же цѣлей. Однако всѣ эти приспособленія въ аккумуляторахъ могутъ служить гораздо дольше и лучше, такъ какъ въ нихъ удалены обстоятельства сильно затрудняющія удобный уходъ, какъ напр. частое удаленіе и наполненіе кислыхъ жидкостей, кристаллизація солей и, наконецъ, выдѣленіе газовъ портящихъ металлическія части.

ГЛАВА III.

Работоспособность аккумулятора.

Аккумуляторъ (свинецъ, сѣрная кислота, перекись свинца) обладаетъ электро-возбудительной силой въ 2 V (см. прибавленіе); слѣдовательно, превосходитъ всѣ употребляющіеся до сихъ поръ гальваническіе элементы; электро-возбудительная сила элемента Даніэля 1,07 V, Бунзена или Гровэ приблизительно 1,8 V. Электро-возбудительная сила зависитъ лишь отъ химическихъ процессовъ и, слѣдовательно, совершенно не зависитъ отъ величины аппарата. Напротивъ, другой факторъ работоспособности, внутреннее сопротивленіе зависитъ отъ величины пластинокъ; и въ этомъ отношеніи аккумуляторы выдѣляютъ, ибо ихъ внутреннее сопротивленіе, относительно, чрез-

вычайно мало; такъ какъ разбавленная сѣрная кислота хороший проводникъ, пластиинки отстоятъ другъ отъ друга на незначительномъ разстояніи и, наконецъ, никакихъ пористыхъ глиняныхъ стѣнокъ въ нихъ не существуетъ. Внутреннее сопротивленіе маленькихъ аккумуляторовъ отъ 0,03 до 0,1 Ω (см. прибавленіе), элемента Даніэля обыкновенныхъ размѣровъ около 2 Ω , большого Бунзена приблизительно 0,3 Ω ; впрочемъ электро-возбудительная сила и внутреннее сопротивленіе аккумуляторовъ измѣняется въ извѣстныхъ опредѣленныхъ границахъ по извѣстнымъ законамъ. Только что вполнѣ заряженный аккумуляторъ показываетъ напряженіе до 2,4 V; если токъ замкнуть, то напряженіе въ нѣсколько минутъ спадаетъ приблизительно до 2 V и остается долгое время почти постояннымъ, а затѣмъ снова падаетъ, вначалѣ довольно медленно, къ концу быстрѣе до 1,8 V. Если токъ еще остается замкнутымъ, то наблюдается внезапное паденіе напряженія тока и аккумуляторъ дѣйствуетъ уже какъ непостоянный элементъ.

Объясненіе этого явленія очень просто. Высокое напряженіе въ 2,4 V соотвѣтствуетъ состоянію тотчасъ послѣ заряденія, когда пластиинки окружены еще газами: положительная—кислородомъ, отрицательная—водоромъ; если токъ замкнуть, то газы быстро израсходуются: ионы сѣрной кислоты ($_2\text{H}$) и (SO_4) превращаются водородъ отрицательной пластиинки въ сѣрную кислоту, а кислородъ положительной пластиинки въ воду; въ то время какъ это происходитъ, электро-возбудительная сила ослабѣваетъ до 2 V. 2 V есть нормальное напряженіе, которое производитъ аккумуляторъ (свинецъ, сѣрная кислота, перекись свинца); незначительное паденіе, въ общемъ около 10%, происходитъ во время всего продолженія разряда отъ того, что къ дѣйствующимъ массамъ, губчатому свинцу и перекиси, постоянно примѣшиваются сѣрно-кислый свинецъ, вслѣдствіе чего ходъ химического обмѣна веществъ терпитъ постоянно увеличивающееся задерживаніе. Какъ только обнаруживается быстрое паденіе напряженія тока, дѣйствующая масса, особенно перекись свинца, уже не образуетъ болѣе достаточно плотнаго слоя, превращаясь въ сѣрно-кислый свинецъ, деполяризация уничтожается и элементъ становится непостояннымъ. Въ постоянныхъ гальваническихъ элементахъ упомянутое быстрое паденіе электро-возбудительной силы на-

ступаетъ тогда, когда приходятъ къ концу запасы мѣднаго купороса въ элементѣ Даніэля, и азотной или хромовой кислоты въ элементѣ Бунзена. На практикѣ должно разряжать аккумуляторы до тѣхъ поръ, пока напряженіе не уменьшилось приблизительно до 1,8 V, и тогда заряжать снова.

При зарядѣ электро-возбудительная противодѣйствующая сила аккумулятора въ теченіе нѣсколькихъ минутъ поднимается отъ 1,8 V до 2,1 и остается въ такомъ состояніи довольно долго, увеличиваясь сперва медленно, а потомъ быстро до 2,4 V. Нормальная противодѣйствующая заряду электро-возбудительная сила (поларизаціонное напряженіе) 2,1 V и соотвѣтствуетъ преобразованію сѣрно кислого свинца при посредствѣ, раздѣленныхъ заряжающимъ токомъ элементовъ сѣрной кислоты, съ одной стороны въ губчатый свинецъ, съ другой въ перекись. Если уже произошла большая часть этой реакціи, такъ что немного сѣрно-кислого свинца примѣшано къ чистому свинцу на одной и перескиси на другой пластинкѣ, то начинаетъ мало по малу выдѣляться на сотвѣтствующихъ мѣстахъ водородъ и кислородъ, а вмѣстѣ съ этимъ возрастаютъ поляризаціонное напряженіе; электро-возбудительная противодѣйствующая заряду сила теперь быстро возрастаетъ и достигаетъ 2,4V, если выдѣленіе газовъ въ полномъ ходу. Теперь аккумуляторъ вполнѣ заряженъ.

Внутреннее сопротивленіе аккумулятора при разрядѣ возрастаетъ сперва очень медленно потомъ быстрѣе; наоборотъ при зарядѣ падаетъ сперва быстро, потомъ медленнѣе. Сопротивленіе разбавленной сѣрной кислоты 1,15 уд. вѣса, увеличивается при дальнѣйшемъ разбавленіи, по не точно ему пропорціонально, а нѣсколько быстрѣе. А такъ какъ, по причинамъ изложеннымъ въ предъидущихъ главахъ, извѣстное количество сѣрной кислоты при разрядѣ входитъ въ соединеніе со свинцомъ, при зарядѣ, напротивъ, снова освобождается, то этимъ вполнѣ объясняются упомянутыя измѣненія сопротивленія. Чѣмъ менѣе количество жидкости сравнительно съ активными массами въ интересѣ возможно меньшаго объема и вѣса, тѣмъ болѣе измѣненія концетраціи сѣрной кислоты и внутренняго сопротивленія во время заряда и разряда.

Отъ величины аккумулятора, выражаясь точнѣе, отъ вѣса дѣйствующихъ въ немъ материаловъ, зависитъ количество электричества, которое можно въ немъ накопить; это коли-

чество электричества измѣряемое въ A. St. называется емкостью аккумулятора. Для примѣра объяснимъ, что подъ аккумуляторомъ въ 20 A. St. подразумѣваютъ такой, который можетъ доставлять въ теченіе 20 часовъ токъ въ 1 A., или 10 часовъ 2 A. или наконецъ 5 часовъ 4 A., послѣ чего онъ снова долженъ быть запряженъ; или наоборотъ, которому долженъ быть приданъ токъ въ 1 A. въ продолженіе 20 часовъ, или въ 2 A. въ продолженіи 10 часовъ, что бы онъ вполнѣ зарядился. Выведенныя въ I главѣ химическія равенства позволяютъ сдѣлать приблизительно точныя выкладки о количествѣ материаловъ здѣсь необходимыхъ. 3,87 gr. есть электрохимическій эквивалентъ свинца, т. е., токъ въ 1 A. возникаетъ въ 1 часъ 3,87 gr. металлическаго свинца изъ его соединеній, или при обратномъ направленіи переводить 3,87 gr. металлическаго свинца въ его соединенія. Итакъ для 1 A. St. будутъ употреблены:

Губчатаго свинца (на отр. пластинкѣ).	3,87	gr.
Перекиси свинца (на полож. „).	4,47	„
Сѣрной кислоты (на обѣихъ пластинкахъ вмѣстѣ).	3,67	„
Или соотвѣтственно раствору 1,15 уд. вѣса, 20% содержанія, которая употребляется въ аккумуляторахъ.	18,35	„

а получены:

Сѣрно-кислаго свинца (на обѣихъ пластинкахъ вмѣстѣ)	11,33	„
---	-------	---

Эти реакціи не происходятъ въ такомъ количествѣ, а сопровождаются другими побочными, мало важными измѣненіями; къ тому же должно прибавить, что, конечно, незначительная часть введенаго въ аккумуляторъ тока, преодолѣвая внутреннее сопротивленіе переходитъ въ теплоту, которая совершенно безполезна. Само собою разумѣется, что невозможно получить все потраченное на заряженіе аккумулятора электричество, какъ по количеству, такъ и по его энергіи, и по этому вопросу о полезному дѣйствіи аккумулятора имѣть большую важность. Слѣдуетъ различать два рода работоспособности: выражаемую въ A. St. (амперъ-часахъ) и V. A. St. (вольтъ - амперъ - часахъ) или короче въ ваттъ - часахъ. Пропуская въ аккумуляторъ

токъ въ 100 A. St., мы получаемъ при разрядѣ лишь 90—96 A. St. Полезное дѣйствіе въ A. St. такимъ образомъ = 90%—96% и, слѣдовательно, такъ выгодно, что этой потерей можно пренебречь при вычислениі. Полезное же дѣйствіе въ V. A. St. достигаетъ лишь 76—88%; причина этого явленія та, что при зарядѣ противодѣйствующая электро-воздушительная сила аккумулятора замѣтно (приблизительно 2,25 V) выше, чѣмъ при разрядѣ (приблизительно 1,95 V); 1 A. St. при зарядѣ обладаетъ слѣдовательно высшей энергией, чѣмъ при разрядѣ кромѣ того мы должны затратить больше этихъ сильныхъ A. St. при зарядѣ, чѣмъ получимъ слабыхъ при разрядѣ.

Для объясненія этихъ отношеній приведемъ примѣръ. Аккумуляторъ въ 20 A. St. емкостью былъ заряженъ до яснаго выдѣленія газовъ и тотчасъ былъ разряженъ до наступленія сильнаго паденія электро-воздушительной силы. Сила тока и напряженіе были измѣрены черезъ каждые $\frac{1}{2}$ часа и записаны и изъ полученныхъ результатовъ взяты средніе.

I. Заряженіе.	Продолжительность . . .	9,2 ч.
	Средняя сила тока . . .	2,4 A.
	Средняя электро-возд. сила.	2,16 V.
II. Разрядѣ.	Продолжительность . . .	4,6 ч.
	Средняя сила тока . . .	4,5 A.
	Средняя электро-возд. сила.	1,98 V.

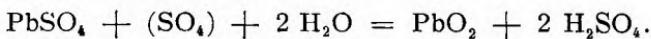
Для заряженія, слѣдовательно, потребовалось $9,2 \cdot 2,4 = 22,08$ A. St., при разрядѣ мы получили $4,6 \cdot 4,5 = 20,70$ A. St. Работоспособность въ A. St. будетъ $\frac{20,70}{22,08} = 93,7\%$.

Далѣе, зарядъ потребовалъ $9,2 \cdot 2,4 \cdot 2,16 = 47,69$ V. A. St.; разрядъ далъ $4,6 \cdot 4,5 \cdot 1,98 = 40,99$ V. A. St.; это соотвѣтствуетъ работоспособности въ V. A. St. $\frac{40,99}{47,69} = 85,9\%$.

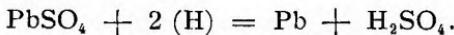
Полезное дѣйствіе аккумуляторовъ въ высокой степени зависитъ отъ силы тока, которымъ заряжали или разряжали ихъ, такъ какъ химическая реакція, вызванныя токомъ наступаютъ не тотчасъ, а спустя извѣстное, хотя и очень короткое время. Пластиинки данной величины могутъ отдѣлить лишь извѣстное количество элемента въ извѣстный промежутокъ времени; если же соотвѣтствующее количество этого элемента выработано, то излишекъ его вступаетъ въ ненужная намъ

соединенія. Положимъ, заряжающій токъ освободилъ на положительной пластинкѣ ионы (SO_4), а на отрицательной (H), они немедленно превращаются, находящійся на пластинкахъ сѣрнокислый свинецъ въ перекись свинца или чистый свинецъ.

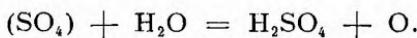
На положительной пластинкѣ.



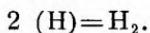
на отрицательной пластинкѣ.



Но если количество одновременно прибывающихъ, вслѣдствіе разложенія, элементовъ очень велико, то они не успѣваютъ соединяться съ дѣйствующей массой и на положительной пластинкѣ начинаетъ выдѣляться кислородъ, вслѣдствіе слѣдующей реакціи.



а на отрицательной, безъ всякой реакціи излишекъ газообразнаго водорода.



Эти побочныя реакціи поглощаютъ часть заряжающаго тока, которая безцѣльно пропадаетъ. При наиболѣе употребительныхъ типахъ аккумуляторовъ удобнѣйшее время заряженія колеблется между 5—10 часами, удобнѣйшее время разряда между 3—8 часами; другими словами, разряжающій токъ долженъ обладать въ А. $\frac{1}{5} - \frac{1}{10}$, а разряжающій $\frac{1}{3} - \frac{1}{8}$ емкости аккумулятора въ А. St. Можно однако, не вредя аккумулятору, но съ потерей полезнаго дѣйствія, получить и болѣе сильный токъ. Для батареи въ 20 А. St., емкостью совѣтуетсѧ заряжающій токъ въ 2—4 А. При разрядѣ аккумуляторъ въ теченіе 5 часовъ можетъ давать токъ въ 4 А. и въ теченіе 4 часовъ въ 5 А.; за этими предѣлами работоспособность аккумулятора сильно понижается и токомъ въ 7 А. можно пользоваться не $\frac{20}{7} = 2$ ч. 51 м., но гораздо меньшее время.

Степень работоспособности зависитъ главнымъ образомъ отъ конструкціи аккумулятора, почему и нельзя дать особыхъ для этого правилъ. Пользованіе токомъ выше нормальной силы обнаруживается въ аккумуляторѣ одной системы тѣмъ, что

мѣстами активная масса отпадаетъ и это вредитъ элементу; въ другихъ, лишь малымъ полезнымъ дѣйствіемъ, но при новомъ заряженіи аккумуляторы становятся опять нормальными. Эти данные вполнѣ достаточны для уясненія себѣ, чего можно требовать отъ данной аккумуляторной батареи, или сколько элементовъ и какой емкости необходимо для выполненія извѣстной работы.

Положимъ мы имѣемъ 8 аккумуляторовъ въ 8 А. Стѣкости каждый, соединенныхъ при помощи коммутатора такъ, что каждые 4 аккумулятора составляющихъ одну батарею, могутъ быть включены параллельно или послѣдовательно *); внутреннее сопротивленіе аккумулятора приблизительно $0,05 \Omega$ и столько - же сопротивленіе коммутатора и проводовъ. Слѣдующая таблица показываетъ различные способы включенія аккумуляторовъ, соотвѣтствующую электро - возбудительную силу и максимальную силу тока при разряженіи.

ВКЛЮЧЕНИЕ.	Электро-возбуд. сила.	Полное сопротивленіе источника тока.	Максимальная сила тока при разряженіи.
1. Аккумуляторы обѣихъ батарей включены параллельно и батареи соединены параллельно	2 V	0,10 Ω	20 A
2. Аккумуляторы параллельно, батареи послѣдовательно	4 V	0,12 Ω	10 A
3. Аккумуляторы послѣдовательно, батареи параллельно	8 V	0,20 Ω	5 A
4. Аккумуляторы послѣдовательно и батареи послѣдовательно . .	16 V	0,50 Ω	2,7 A

*) Говорятъ, что рядъ аккумуляторовъ соединенъ послѣдовательно, или для совмѣстнаго дѣйствія, если положительный полюсъ одного соединенъ съ отрицательнымъ слѣдующаго; при этомъ складываются и электро - возбудительные силы и внутреннее сопротивленіе; другъ возлѣ друга, или параллельно включенными называется тогда если однородные полюсы положительные и отрицательные соединены между собою. Въ этомъ случаѣ электро - возбудительная сила остается одного элемента, а внутреннее сопротивленіе равно внутреннему сопротивленію одного элемента, дѣленному на число элементовъ. Вышеупомянутая аккум.

По закону Ома сила тока равняется суммѣ дѣйствующихъ въ цѣпи электро-возбудительныхъ силъ (принимая во вниманіе и противодѣйствующія отрицательные электро-возбудительные силы) дѣленной на сумму сопротивлений:

$$\text{Сила тока (въ A)} = \frac{\text{Сумма электро-возбудительныхъ силъ (въ V)}}{\text{Сумма сопротивлений (въ } \Omega \text{)}}.$$

Отсюда видно, что включение съ большой электро-возбудительной силой только тамъ могутъ быть примѣнимы, гдѣ большая противодѣйствующая электро-возбудительная сила, или большое сопротивление въ цѣпи, или же то и другое. Въ противномъ случаѣ токъ превзойдетъ допускаемую границу.

Положимъ, происходитъ полученіе гремучаго газа электролизомъ разбавленной сѣрной кислоты въ обыкновенномъ вольтаметрѣ. Противодѣйствующая электро-возбудительная сила (поляризациѣ) даетъ при этомъ почти 2,2 V; пусть сопротивление вольтаметра 0,6 Ω , сопротивление проводовъ 0,5 Ω . При третьемъ включеніи получается: Сила тока

$$= \frac{8-2,2}{0,2+0,6+0,5} = \frac{5,8 \text{ V}}{1,3 \Omega} = 4,5 \text{ A.}, \text{ что даетъ } 4,5 \cdot 10,5 = 47,2 \text{ Сст. гремучаго газа въ минуту.}$$

Включение четвертое не надежно $\left(\text{Сила тока} = \frac{16-2,2}{0,5+0,6+0,5} = \frac{13,8 \text{ V}}{1,6 \Omega} = 8,7 \text{ A.} \right)$, включение второе слишкомъ слабо $\left(\text{Сила тока} = \frac{4-2,2}{0,12+0,6+0,5} = \frac{1,8 \text{ V}}{1,22 \Omega} = 1,5 \text{ A.} \right)$,

Чтобы достигнуть тѣхъ же результатовъ при помощи элементовъ Бунзена, нужно взять 12 элементовъ и включить послѣдовательно: Сила тока $\frac{6 \cdot 1,8-2,2}{6 \cdot \frac{0,3}{2} + 0,6 + 0,5} = \frac{8,6 \text{ V}}{2,0 \Omega} = 4,3 \text{ A.}$

Возьмемъ еще примѣръ: нужна ежедневно въ теченіе нѣсколькихъ часовъ движущая сила въ $\frac{1}{10}$ лошадиной силы. Какъ источникъ силы нужно взять аккумуляторную батарею, зарядъ которой можетъ быть ежедневно пополняемъ при помощи динамо-машины, и есть на лицо электро-двигатель, который требуетъ напряженія въ 20 V. и работаетъ съ 50% полезнаго дѣйствія. Лошадиная сила эквивалентна току въ 736 V. A.; если двигатель съ 50% полезнаго дѣйствія долженъ дать $\frac{1}{10}$ лошадиной силы, то мы должны дать ему токъ въ $\frac{2}{10} 736 \text{ V. A} = 147,2 \text{ ватта}$. Напряженіе 20 V. получается отъ электро-двигателя, слѣдовательно,

батарея имѣеть электро-возбудительную силу въ $4,2-8 \text{ V.}$, если ея 4 элемента соединены послѣдовательно и внутреннее сопротивление $4,0,05 = 0,2 \Omega$ ма; если же параллельно, то въ 2 V, и внутреннее сопротивление въ $\frac{0,05}{4} = 0,012 \Omega$ ма. Болѣе подробное описание соединеній эл. можно найти въ каждомъ учебнику физики.

сила тока должна быть $\frac{147,2}{20}=7,4$ А. Такимъ условіямъ удовлетворяетъ аккумуляторная батарея изъ 10—11 послѣдовательно соединенныхъ аккумуляторовъ (напряженіе 20—22 В) въ 30 А. St. емкости, которая можетъ двигать моторъ въ теченіе $\frac{30}{7,4}=4$ часовъ.

Иногда приходится платиновую проволоку толщиною въ 0,3 смм. и 0,5 смм. длиною накалить до красна или до бѣла. Въ распоряженіи есть батарея изъ двухъ послѣдовательно соединенныхъ аккумуляторовъ въ 20 А. St. каждый и магазинъ сопротивленія.

Платиновая проволока въ 0,3 смм толщины и длиною въ 1 м. при 0° имѣеть сопротивленіе въ 0,28 Ω , при красно-калильномъ жарѣ сопротивленіе возрастаетъ до 0,76 Ω и при бѣло-калильномъ до 0,89 Ω : для проволоки длиною въ 0,5 м. длиною это сопротивленіе уменьшается вдвое, т. е. 0,38 Ω и 0,45 Ω ; чтобы накалить платиновую проволоку толщиною въ 0,3 смм. до красна, нужно приблизительно 3,7 А., до бѣла 4,5 А. электро-возбудительная сила нашей батареи 4. V, внутреннее сопротивленіе проводниковъ и гальванометра доходитъ до 0,25 Ω . При этихъ обстоятельствахъ необходимо еще ввести сопротивленіе, въ противномъ случаѣ проволока, вслѣдствіе слишкомъ большой силы тока расплавится, такъ какъ мы получили приблизительно

$$\frac{4}{0,45+0,15}=5,7 \text{ А.}$$

Чтобы получить требуемую силу тока 3,7 А. или 4,5 А., необходимо чтобы сумма сопротивленіе

$$\left(\text{Сила тока} = \frac{\text{Сумма } V.}{\text{Сумма } \Omega.}; \text{ сумма сопротивленій } (\Omega.) = \frac{\text{Сумма } V.}{\text{Силу тока}} \right) = \frac{4}{3,7} =$$

$= 1,08 \Omega$, или $\frac{4}{4,5}=0,89 \Omega$. Полное сопротивленіе въ цѣпи достигаетъ $0,38+0,25=0,63$ или $0,45+0,25=0,70 \Omega$, а потому нужно ввести сопротивленіе въ $1,08-0,63=0,45 \Omega$ или $0,89-0,70=0,19 \Omega$. Теперь батарея дастъ токъ желаемой силы, который накалить проволоку до красна $\left(\frac{4}{0,36+0,25+0,45}=3,7 \text{ А.} \right)$, или до бѣла $\left(\frac{4}{0,45+0,25+0,19}=4,5 \text{ А.} \right)$ и будетъ поддерживать проволоку при красномъ каленіи $\frac{20}{3,7}=5,4$ часа и при бѣломъ $\left(\frac{20}{4,5}=4,4 \text{ часа, не требуя нового заряженія.} \right)$.

Какъ мы уже сказали во время разряда электро-возбудительная сила аккумулятора падаетъ, а сопротивленіе возрастаетъ. Оба измѣненія дѣйствуютъ въ одномъ направлениі и уменьшаютъ силу тока. Итакъ строго разсуждая, аккумуляторы совсѣмъ не постоянные элементы; тѣмъ не менѣе они превосходятъ постоянствомъ не только элементы Погендорфа, но и Бунзена, не говоря о томъ, что они превосходятъ ихъ удобствомъ и надежностью.

Точная регулировка силы тока во время хода разряда при помощи магазина сопротивлений, во многихъ случаяхъ не нужна, если не пользоваться аккумуляторами пока на пластинкахъ находится кислородъ и водородъ, повышающіе электро-воздушительную силу до 2,4 V. Черезъ нѣсколько часовъ эта газовая поляризация уничтожается сама собою; быстро ее можно уничтожить тѣмъ, что ввести на 3—5 минутъ магазинъ сопротивлений въ нѣсколько омовъ. Въ обоихъ случаяхъ каждый аккумуляторъ получитъ нормальную электро-воздушительную силу, около 2 V., которая и сохраняется почти неизмѣнно во все время разряда, и только къ концу падаетъ до 1,8 V. При чрезмѣрномъ пользованіи токомъ, электро-воздушительная сила въ началь немногого слабѣе.

Приращеніе внутренняго сопротивлений, которое зависитъ главнымъ образомъ отъ расхода сѣрной кислоты во время разряда, бываетъ тѣмъ чувствительнѣе, чѣмъ менѣе запасъ кислоты въ аккумуляторѣ. Такимъ образомъ аккумуляторы съ большими сосудами даютъ болѣе постоянный токъ, чѣмъ съ малыми; впрочемъ, эта разница замѣтна только при очень маломъ внѣшнемъ сопротивлении, такъ какъ при другихъ обстоятельствахъ внутреннее сопротивленіе аккумулятора сравнительно очень незначительно и едва замѣтно.

Во всякомъ случаѣ не слѣдуетъ брать менѣе 25 Csm. сѣрной кислоты, на каждый 1 A. St. емкости.

Напримеръ, аккумуляторъ емкостью 20 A. St. долженъ заключать 500 Csm. сѣрной кислоты удѣльного вѣса 1,15; эта кислота 20% и въ 500 Csm. содержить $1,15 \cdot 500 \cdot 0,2$ gr. чистой кислоты. Для каждого A. St. при разряженіи тратится 3,67 gr. сѣрной кислоты, для нашей батареи $(20 \cdot 3,67) = 73,4$ gr., остатокъ приблизительно въ 42 gr. остается раствореннымъ почти въ томъ же количествѣ воды. Такимъ образомъ жидкость состоить къ концу разряда изъ 8,5% сѣрной кислоты, проводимость которой въ половину менѣе 20%, т. е. сопротивленіе аккумулятора во время употребленія больше чѣмъ удвоилось.

Если сосудъ заключаетъ только 400 Csm. раствора, т. е. 92 gr. чистой кислоты, то къ концу растворъ будетъ только 4,8% и сопротивленіе возрастетъ болѣе чѣмъ въ 3 раза. При 300 Csm. жидкости, количествѣ кислоты 69,5 gr. не хватаетъ даже для химическихъ процессовъ при разряженіи.

Заряженные аккумуляторы безъ употребленія разряжаются сами. Фактъ этотъ, однако, совершается очень медленно и хорошо приготовленные чисто содержащіеся аккумуляторы

еще черезъ нѣсколько мѣсяцевъ содержать такъ значительный остаточный зарядъ, что ими можно работать. Еще требуетъ разъясненія вопросъ, какимъ образомъ разбавленная сѣрная кислота почти не дѣйствуетъ на губчатый свинецъ отрицательной пластинки, когда аккумуляторъ уединенъ, и такъ быстро обращаетъ его въ сѣрно-кислый свинецъ, разъ токъ замкнуть.

Въ спокойномъ состояніи происходитъ только незначительное окисленіе свинца съ поверхности: освобождающейся водородъ при реакціи $Pb + H_2SO_4 = PbSO_4 + H_2$ пристаетъ къ образовавшемуся сѣрно-кислому свинцу и образуетъ предохранительную пленку, которая мѣшаетъ дальнѣйшему воздействию на свинецъ, находящійся подъ нею. Но если токъ замкнуть, то на отрицательной пластинкѣ не освобождается газообразного водорода, такъ какъ онъ въ видѣ іонъ, служитъ переносителямъ положительного электричества къ перекиси свинца и тамъ окисляется въ воду; при такихъ обстоятельствахъ не можетъ образоваться предохранительной водородной пленки; и превращеніе губчатаго свинца въ сѣрно-кислый происходитъ безпрепятственно, пока не будетъ прерванъ токъ, и тогда не собирается газообразный водородъ на отрицательной пластинкѣ.

Очень легко убѣдиться въ томъ, что только водородная пленка служитъ губчатому свинцу защитой противъ дѣйствія сѣрной кислоты, если въ жидкости прикоснуться къ отрицательной пластинкѣ платиновой проволокой. Тотчасъ около нея происходитъ обильное выдѣленіе водорода и ближайшія части къ мѣсту касанія превращаются въ сѣрно-кислый свинецъ; теперь электрическій токъ течетъ отъ губчатаго свинца черезъ сѣрную кислоту къ платиновой проволокѣ и отсюда черезъ мѣсто касанія опять къ свинцу; іоны водорода, выдѣляясь на платинѣ, служатъ переносителями возбужденаго токомъ электричества и свинецъ остается безъ предохранительной пленки.

Зашита губчатаго свинца водородной пленкой не вполнѣ надежна по двумъ причинамъ. Во первыхъ, водородъ растворенный въ разбавленной сѣрной кислотѣ, расходится постепенно по жидкости, достигаетъ положительной пластинки и окисляется; во вторыхъ, воздухъ имѣетъ доступъ въ аккумуляторъ, кислородъ воздуха въ незначительномъ количествѣ растворяется въ жидкости и окисляетъ водородъ въ воду. По

мѣрѣ того, какъ этими двумя дѣйствующими причинами уничтожается предохранительная водородная пленка, она снова нарастаетъ и происходитъ то, что въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ аккумуляторъ самъ собою мало по малу разряжается; на отрицательной пластинкѣ губчатый свинецъ переходитъ въ сѣрно-кислый, а на положительной перекись свинца отчасти раскисляется въ тотъ же сѣрно-кислый свинецъ.

ГЛАВА IV.

Уходъ за аккумуляторами.

Для наполненія аккумуляторовъ служитъ чистая разбавленная сѣрная кислота уд. вѣса въ 1,15. Получаютъ такую кислоту смѣшивая 1000 частей по объему дестиллированной воды съ 136 частями химически чистой концентрированной сѣрной кислоты; смѣсь ни въ какомъ случаѣ не можетъ быть употребляема до полнаго охлажденія. Плотность кислоты не играетъ почти никакой роли, и удѣльного вѣса въ (1,14) и въ 1,16 не вредитъ ни продолжительности, ни работоспособности аппарата; кислота только должна быть безусловно чистая. Употребляемая въ продажѣ концентрированная химически чистая сѣрная кислота, хотя и освобождена отъ обыкновенныхъ примѣсей сырой кислоты, однако содержитъ въ себѣ слѣды мѣди, золота и соединеній платины, которые получаются при перегонкѣ въ платиновыхъ сосудахъ. Эти металлы отлагаются на отрицательныхъ пластинкахъ и происходитъ тоже, что и отъ прикосновенія къ пластинкамъ платиновой проволокой. На поверхности этихъ постороннихъ металловъ выдѣляется водородъ, и свинецъ, не покрытый предохранительной водородной пленкой подвергается сильнѣйшему дѣйствію сѣрной кислоты. Если примѣси не значительны, то онѣ проявляются только въ томъ, что аккумуляторъ плохо удерживаетъ свой зарядъ, и въ очень короткое время самъ собою разряжается; если же количество примѣсей хоть нѣсколько значительно, что узнается потому, что отрицательные пластины вместо серебристо-свѣтло-сѣрыхъ становятся темно-сѣрыми или грязно-сѣрыми, то

аккумуляторъ не годецъ и не можетъ быть правильно заряженъ потому что уже съ самаго начала происходит сильное выдѣленіе водорода на отрицательныхъ пластинкахъ. Единственное средство въ подобныхъ случаяхъ, замѣнить отрицательныя пластиинки новыми.

Для избѣжанія этихъ неудобствъ нужно или брать несомнѣнно чистую кислоту, которую можно получить во всѣхъ магазинахъ приготовляющихъ аккумуляторы, или нужно самому ее очищать. Достигаютъ этого лучше всего тѣмъ, что впускаютъ въ разбавленную и охлажденную кислоту нѣсколько минутъ сѣроводородъ, сильно взбалтываютъ и послѣ одно или двудневнаго отстаиванія отдѣляютъ при помоши фильтра отъ получившагося осадка. Для удаленія сѣроводорода, кипятятъ ее нѣкоторое время въ фарфоровомъ сосудѣ, охлаждаютъ и доливаютъ дестиллированной водой до прежняго объема, чѣмъ достигается первоначальная крѣпость. Впрочемъ, нѣтъ надобности заботиться о совершенномъ удаленіи сѣроводорода, такъ какъ остатокъ его быстро разлагается при дѣйствіи аккумулятора.

Когда аккумуляторъ правильно наполненъ, то затѣмъ остается только доливать дестиллированной воды до извѣстнаго уровня вмѣсто испарившейся жидкости.

Слѣдуетъ еще замѣтить, что перекись свинца и губчатый свинецъ занимаютъ большій объемъ, чѣмъ соотвѣтствующее количество пористаго сѣрно-кислого свинца, вслѣдствіе этого пластиинки при заряженіи расширяются и жидкость въ сосудѣ поднимается; при разряженіи онѣ снова стягиваются и жидкость опускается.

Чтобы избѣжать побочныхъ соединеній, необходимо наружныя стѣнки сосудовъ держать сухими и во всякомъ случаѣ всегда вытираять брызнувшую или пролитую сѣрную кислоту.

Пропитывая жидкимъ вазелиномъ деревянные сосуды, въ которыхъ стоятъ аккумуляторы, предохраняютъ ихъ отъ намоканія въ сѣрной кислотѣ, чтобы они не сдѣлались проводниками.

Устраиваютъ также аккумуляторы, въ которыхъ разбавленная сѣрная кислота, вслѣдствіе примѣсей, составъ которыхъ намъ не извѣстенъ, превращается въ желатинозную массу. Этимъ предупреждается разливаніе сѣрной кислоты и аппаратъ

легче переносится; но при равномъ вѣсѣ онъ имѣть меньшую емкость и большее внутреннее сопротивление, а по этому и меньшую работоспособность и имѣющіяся опытная данныя еще не достаточны, чтобы решить, превосходятъ ли выгоды этого новаго изобрѣтенія его недостатки.

Заряженіе аккумуляторовъ. Если нужно зарядить маленькую легко переносимую батарею аккумуляторовъ, то слѣдуетъ эту работу предоставить опытнымъ рукамъ, чтѣ за дешевую цѣну легко сдѣлать во всякомъ большомъ городѣ. Въ томъ же случаѣ, если желательно или необходимо самому зарядить ихъ, слѣдуетъ руководиться слѣдующимъ. Изъ выше сказаннаго мы знаемъ, что для заряженія слѣдуетъ брать силу тока, при которомъ заряженіе продолжается отъ 5 до 10 часовъ. Такъ для батареи въ 8 аккумуляторовъ по 8 A. St. нуженъ токъ въ 6—11 A, если всѣ соединены параллельно и 0,8—1,16 A., если всѣ соединены послѣдовательно. Необходимо, послѣдовательно, измѣрять силу заряжающаго тока амперметромъ. Подобные измѣрительные приборы, удобно примѣнимые съ эмпирическимъ дѣленіемъ на A, $\frac{1}{10}$ A $\frac{1}{1000}$ A (Milli-amrѣge) находятся во всѣхъ магазинахъ, и всякий учебникъ физики даетъ подробныя свѣдѣнія о ихъ употребленіи. Конецъ заряженія узнается по сильному выдѣленію газа на пластинкѣ. Если сосуды не прозрачны, то признакомъ служить шумъ отъ лопанья пузырьковъ газа на поверхности жидкости. При закрытыхъ аккумуляторахъ, которые снабжены отверстіемъ со штепсельемъ, само собою разумѣется, что во время заряженія слѣдуетъ штепсель вынуть. Въ открытыхъ аккумуляторахъ слѣдуетъ смотрѣть, чтобы сильно поднимающіяся пузырьки газа не производили надъ поверхностью жидкости мелкаго дождика высотою въ нѣсколько сантиметровъ, который скоро разрушаетъ всѣ мѣдныя части и зажимные винты, подвергающіеся его вліянію. Его можно избѣжать почти совершенно, наливая на поверхность кислоты слой вазелина, черезъ который пузырьки медленно проходятъ, не увлекая кислоты. При сильномъ выдѣленіи газа прерываются заряжающій токъ, хотя перезаряженіе для аккумулятора безвредно и даже выгодно, когда или много пользовались имъ или давно не пользовались.

Только въ крайнемъ случаѣ заряжаютъ аккумуляторы при помощи гальваническихъ элементовъ и пригодны въ этомъ

случаѣ только элементы Бунзена. Вообще, слѣдуетъ включать элементы послѣдовательно, а аккумуляторы параллельно; одинъ аккумуляторъ требуетъ по меньшей мѣрѣ соединенного дѣйствія двухъ элементовъ Бунзена по выше приведеннымъ причинамъ. Положительный полюсъ (уголь), конечно, нужно сообщить съ положительнымъ, а отрицательный (цинкъ) съ отрицательнымъ полюсомъ аккумулятора.

Такъ, напримѣръ, чтобы два аккумулятора, въ 20 А. St. емкостью каждый, зарядить тремя большими элементами Бунзена (1,8 V, 0,3 Ω) нужно около 14 часовъ, ибо для обоихъ параллельно соединенныхъ аккумуляторовъ нужно $2 \cdot 20 = 40$ А. St. Если принять во вниманіе незначительное внутреннее сопротивленіе аккумулятора вмѣстѣ съ сопротивленіемъ проводниковъ 0,2 Ω , то заряжающій токъ даетъ $\frac{(3 \cdot 1,18 - 2,2)}{(3 : 0,03 + 0,2)} = \frac{3,2 \text{ V}}{1,1 \Omega} = 2,9$ А. и продолжительность заряда $\frac{40}{2,9} = 13,8$ часовъ. При послѣдовательно соединенныхъ аккумуляторахъ, при средней электрозвозбудительной противодѣйствующей силѣ въ 4,4 V нужно было бы ввести только 20 А. St. и заряженіе продолжалось бы 25 час. (Сила заряжающаго тока $\frac{(3 \cdot 1,8) - 4,4}{(3 \cdot 0,3) + 0,3} = \frac{1 \text{ V}}{1,2 \Omega} = 0,83$ А. Продолжительность $\frac{20}{0,83} = 24,1$ часа.)

Если есть возможность, то выгодно заряжать маленькую батарею аккумуляторовъ большою. При этомъ можно аккумуляторы соединять послѣдовательно и параллельно, и остается только одна забота, чтобы заряжающій токъ имѣлъ соответствующую силу, что достигается, включая магазинъ сопротивленія въ приспособленное боковое отвѣтвленіе или непосредственно въ главную цѣпь.

Возьмемъ прежній примѣръ. Оба аккумулятора въ 20 А. St., при параллельномъ включеніи заряжаются токомъ въ 4—8 А., а при послѣдовательномъ, токомъ въ 2—4 А. въ продолженіе 5—10 часовъ.

Для лабораторій и учебныхъ заведеній не имѣютъ возможности пользоваться токомъ изъ центральной станціи или динамомашины можно рекомендовать для заряженія маленькой батареи аккумуляторовъ термоэлектрическую батарею *Gülicher*'а въ 66 элементовъ. Такая термоэлектрическая батарея имѣетъ электрозвозбудительную силу въ 4 V., внутреннее сопротивленіе въ 0,7 Ω и даетъ, даже при умѣренныхъ колебаніяхъ

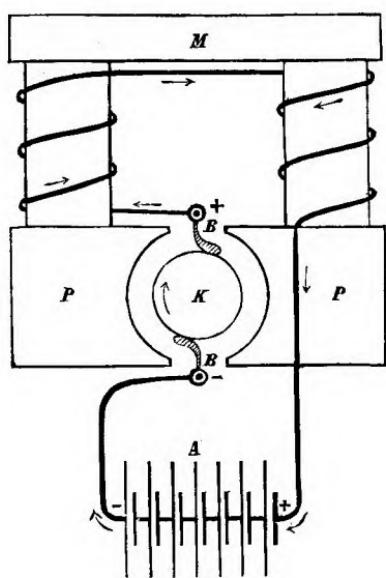
давленія газа почти совершенно постоянный токъ желаемой продолжительности. Такая батарея можетъ быть во всякое время приведена въ дѣйствіе простымъ зажиганіемъ пламени, не нуждается въ регуляторѣ газа и наблюденіи и употребляеть въ часъ 170 — 180 litr. газа, т. е. на нѣсколько копѣекъ. Включая аккумуляторы параллельно и соединяя положительный полюсъ термоэлектрической батареи съ положительнымъ и отрицательный съ отрицательнымъ аккумуляторной батареи и если термоэлектрическая батарея была передъ тѣмъ нагрѣваема въ теченіи 5 — 10 минутъ, то мы получимъ заряжающій токъ въ 2 — 2,4 A. Слѣдовательно, упомянутая въ главѣ III батарея въ 8 аккумуляторовъ, по 8 A. St. каждый, зарялится въ теченіе $\frac{64}{2,2} = 30$ часовъ. Важно то обстоятельство, что при работе разряжающимъ токомъ, всегда готовая термоэлектрическая батарея и аккумуляторы могутъ работать вмѣстѣ, такъ какъ въ большинствѣ случаевъ требуется только часть работоспособности аккумуляторовъ и почти всегда достаточно промежутковъ между работой, чтобы зарядить аккумуляторы, тѣмъ болѣе, что безъ всякой опасности для аппаратовъ, можно оставить на всю ночь горящую термоэлектрическую батарею и обезпечить заряженіе.

Напримѣръ, мы имѣемъ въ распоряженіи термоэлектрическую батарею Gütcher'a и въ главѣ III вышеупомянутая двѣ аккумуляторныя батареи и желаемъ получить токъ въ 2 A. при 8 V въ теченіе 3 часовъ. Мы его можемъ получить, или отъ 4 послѣдовательно включенныхъ аккумуляторовъ, которые при этомъ даютъ $4 \cdot 2 \cdot 3 = 24$ A. St. и для ихъ вторичнаго полнаго заряженія термоэлектрической батареей нужно $\frac{24}{2,2} = 11$ часовъ; или же соединяя въ обѣихъ батареяхъ аккумуляторы параллельно, между собою а съ термоэлектрической батареей послѣдовательно.

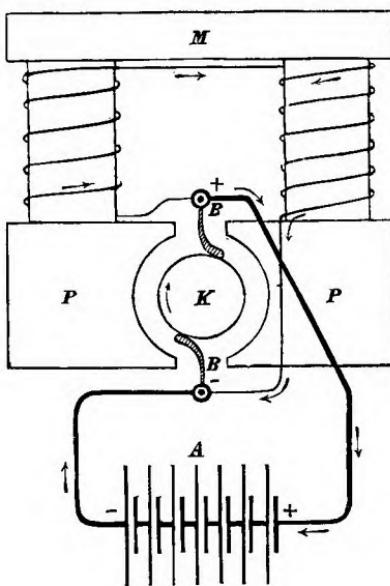
Въ этомъ случаѣ, мы имѣемъ 8 V; всѣ аккумуляторы даютъ $2 \cdot 2 \cdot 3 = 12$ A. St. и могутъ быть опять заряжены въ теченіе $\frac{12}{2,2} = 5,5$ часовъ.

Машины съ постояннымъ токомъ служатъ обыкновенно для заряженія большихъ аккумуляторныхъ батарей, но они пригодны и для маленькихъ батарей, какъ въ данномъ случаѣ. Для полученія заряжающаго тока не пригодна самовозбуждающаяся динамомашинѣ съ простымъ возбудителемъ, напротивъ шунтъ-машинѣ (самовозбуждающаяся, съ отвѣтвле-

ниемъ) вполнѣ пригодна, какъ это легко видѣть изъ схематического чертежа (fig. 2 и 3).



Фиг. 2.



Фиг. 3.

Въ обоихъ чертежахъ обозначаетъ:

M электромагнитъ съ полюсами *PP*.

BB щетки, которые собираютъ съ коллектора *K* индуктивныя токи и проводятъ ихъ въ общую цѣль, какъ показано стрѣлкой.

A аккумуляторную батарею.

Въ самовозбуждающейся динамомашинѣ съ простымъ возбудителемъ токъ проходитъ отъ положительной щетки (fig. 2) по обмоткамъ магнита, протекаетъ черезъ аккумуляторъ, отъ положительного полюса къ отрицательному и возвращается къ отрицательной щеткѣ. Если случайно круговая скорость машины на столько уменьшилась, что электро-возбудительная сила ея становится меньше электро-возбудительной силы заряжаемой батареи, то токъ получаетъ обратное направлѣніе и положительный токъ, вмѣсто того, чтобы направиться въ аккумуляторы, направляется въ машину. Вслѣдствіе этого электромагнитъ перемагничивается и не смотря на то, что машина тотчасъ опять получаетъ нормальную скорость, магнитъ остается перемагниченнымъ, токъ удерживаетъ обратное направлѣніе и разряжаетъ батарею вмѣсто того, чтобы ее заря-

жать. Кромѣ того это можетъ сильно повредить и динамо и батареѣ.

Ничего подобного не можетъ произойти въ шунтѣ-динамо, такъ какъ токъ въ электромагнитѣ всегда удерживаетъ определенное направлѣніе независимо отъ того, преобладаетъ ли токъ машины или батареи. При положительной щеткѣ (fig. 3) токъ раздваивается, часть его идетъ въ электромагнитъ и возвращается къ отрицательной щеткѣ, а другая идетъ въ батареѣ отъ положительного полюса къ отрицательному и оттуда къ отрицательной щеткѣ. При случайному замедленіи машины токъ можетъ изъ батареи пойти и обратно, но какъ только замедленіе устранено заряженіе продолжается, такъ какъ электромагнитъ не перемагніченъ и токъ машины удерживаетъ свое первоначальное направлѣніе.

При заряженіи аккумуляторной батареи динамомашиной нужно внимательно слѣдить за проводами соотвѣтствующихъ полюсовъ, если это не установлено разъ на всегда. Для этой цѣли можно воспользоваться имѣющимися въ продажѣ бумажками для определенія полюсовъ (polreagenz papier); можно взять также кусочекъ фильтровальной бумаги, смоченной растворомъ іодистаго калія. Если прикоснуться къ такой бумажкѣ обѣими проволоками, то около положительного полюса появляется бурое пятно отъ выдѣлившагося іода, значитъ этотъ проводъ слѣдуетъ сообщить съ положительнымъ полюсомъ батареи, а другой съ отрицательнымъ. Силу заряжающаго тока необходимо регулировать или посредствомъ шунта или магазина сопротивленія.

Аккумуляторамъ ни сколько не вредить, если ихъ заряжать раньше полнаго разряда. Остающейся въ нихъ зарядъ не пропадаетъ, а только быстрѣе происходитъ ихъ заряженіе. Черезъ всяkie 3 — 4 мѣсяца аккумуляторъ необходимо снова заряжать, хотябы онъ и не былъ за это время въ употребленіи. Въ противномъ случаѣ въ нихъ увеличивается внутреннее сопротивленіе и уменьшается емкость. То и другое происходитъ вслѣдствіе физическихъ измѣненій сѣрно-кислаго свинца, для котораго въ химіи существуетъ много аналогичныхъ, трудно растворимыхъ видоизмѣненій. Большинство трудно растворимыхъ осадковъ въ свѣжемъ состояніи аморфны, а не кристаллически и легко подвергаются дѣйствію реагентовъ. Находясь въ жидкости изъ которой осѣли, они съ теченіемъ

времени обращаются въ крупинки, ясно кристаллическаго строения и трудно вступаютъ въ химическія реакціи. То же самое происходитъ и съ сѣрно-кислымъ свинцомъ въ аккумуляторѣ. Первоначально мягкий аморфный и легко реагирующей, онъ становится болѣе крупнымъ, кристаллическимъ и трудно реагирующимъ, такъ что при заряженіи съ трудомъ обращается въ свинецъ и окисляется въ перекись свинца. Въ этомъ заключается причина уменьшенія емкости, которая достигаетъ прежней величины, только постояннымъ заряженіемъ и разряженіемъ послѣ разложенія кристаллическаго свинца. Въ верхнихъ частяхъ аккумулятора часто образуются наросты изъ трудно растворимыхъ кристаллическихъ осадковъ. Это явление объясняется, хотя и незначительными, измѣненіями растворимости въ зависимости отъ измѣненія температуры. Если вслѣдствіе повышенія температуры растворимость увеличивается, то растворяются прежде всего мелкія частицы и выступы; когда же температура опять понижается, то растутъ и сростаются главнымъ образомъ уже существующіе кристаллы; если это часто повторяется, то образуется плотная, непроницаемая для жидкости кора. Трудно растворимый въ разбавленной сѣрной кислотѣ свинецъ обладаетъ такими свойствами, а по этому внутреннее сопротивленіе аккумулятора долгое время не бывшаго въ употребленіи очень велико, такъ какъ хорошо проводящая разбавленная сѣрная кислота отдѣлена отъ хорошо проводящаго пористаго свинца непроницаемой корой. При продолжительномъ употребленіи это неудобство устраняется превращеніемъ коры въ пористую дѣйствующую массу.

Какъ мы уже сказали, при заряженіи объемъ пластинокъ увеличивается, а при разряженіи уменьшается, вслѣдствіе этого, а такъ же при сильномъ заряженіи, пластинки могутъ прійти въ соинрикосновеніе. Устраниютъ это, помѣщая между пластинками стеклянныя палочки.

Относительно разряженія аккумулятора было найдено, что самая выгодная сила тока въ А. составляетъ отъ $1/3$ — $1/8$ емкости аккумулятора въ А. St., можно же получить безъ вреда для аккумулятора и болѣе сильный токъ, но въ теченіе болѣе короткаго времени. Во всякомъ случаѣ, не слѣдуетъ работать съ аккумуляторомъ, не включая въ цѣнь гальванометра, если хотятъ предохранить отъ порчи и батарею и аппаратъ.

Само собою разумѣется, что отдельные аккумуляторы батареи слѣдуетъ равномѣрно употреблять въ дѣло, что бы они всѣ одновременно разряжались.

Если напримѣръ, воспользоваться какъ источникомъ тока упомянутой въ главѣ III двойной батареей, чтобы получить токъ въ 2 V., то мы воспользуемся первымъ включеніемъ, даже если работаемъ вполнѣ слабымъ токомъ, а не будемъ включать одну пару, что кажется гораздо проще.

Слѣдуетъ между прочимъ смотрѣть, что бы соединительные проволоки аккумуляторной батареи не пришли въ непосредственное сопротивленіе; ибо при такомъ сокращеніи проводовъ, аккумуляторы такъ быстро и сильно разряжаются, что пластиинки коробятся, дѣйствующія вещества отпадаютъ и батарея портится или совсѣмъ становится негодною.

Если при употреблениі аккумуляторовъ токъ измѣренъ и извѣстенъ способъ соединенія ихъ и время дѣйствія, то всегда можно разсчитать, нужно-ли новое заряженіе аккумулятора или нѣтъ.

Напримѣръ, если мы пользовались токомъ въ 2 A. въ теченіе 4 часовъ отъ двойной батареи (глава III) при первомъ включеніи, то истрачено $2 \cdot 4 = 8$ A. St., такъ какъ всѣ пары соединены параллельно и дѣйствуютъ какъ одинъ большой элементъ, то на долю каждой пришлось $\frac{1}{8}$ количества тока, т. е. A. St., новое заряженіе не нужно, такъ какъ каждый аккумуляторъ содержитъ еще 7 A. St.

Если же мы пользовались токомъ въ 2 V въ теченіи 4 часовъ при третьемъ включеніи, то распредѣляется 8 A. St. между каждыми двумя аккумуляторами, такъ какъ это включеніе соотвѣтствуетъ батареѣ съ 4 двойными элементами; каждый аккумуляторъ истратилъ 4 A. St. и потому на половину разряженъ.

Если же, наконецъ, мы воспользуемся четвертымъ включеніемъ, то каждый аккумуляторъ, включенный постѣдовательно, истратить $2 \cdot 4 = 8$ A. St. и батарея будетъ разряжена.

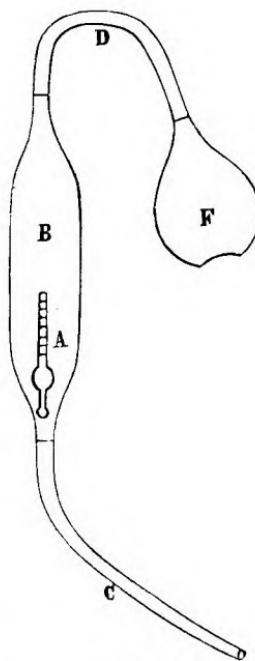
Часто нѣтъ данныхъ для вычисленія остаточнаго заряда аккумулятора и было-бы полезно знать способъ для разрѣшенія этого вопроса, такъ какъ не всегда приходится пользоваться аккумуляторами до тѣхъ поръ, пока полное истощеніе работоспособности не укажетъ на необходимость зарядить его снова. Для открытыхъ аккумуляторовъ хорошимъ средствомъ для опредѣленія степени заряженія служитъ ареометрическое изслѣдованіе удѣльнаго вѣса разбавленной сѣрной кислоты. Извѣстно, что при разряженіи кислота вступаетъ въ соедине-

ніе, а потому, если при определенномъ аккумуляторѣ разъ на всегда вычислены измѣненія удѣльнаго вѣса кислоты въ зависимости отъ степени разряда, то для определенія величины заряда достаточно быстрое определеніе удѣльнаго вѣса кислоты. Но почти всѣ типы аккумуляторовъ плотно закупорены и нельзя опустить въ нихъ ареометра, а поэтому приходится прибегнуть къ другому способу *).

Имѣя вольтметръ, мы получаемъ точные свѣдѣнія о зарядѣ, опредѣляя электро-возбудительную силу 1 аккумулятора. Какъ только электро-возбудительная сила понизилась до 1,8 V, необходимо снова зарядить аккумуляторъ.

Для той же цѣли можно примѣнить и гальванометръ (амрѣгеметръ). Необходимо только ввести соотвѣтствующее сопротивленіе, величину котораго мы можемъ точно и не знать, если мы имъ постоянно пользуемся, и затѣмъ доведя силу тока до соотвѣтствующей величины измѣрить. Разъ такое измѣреніе сдѣлано и записано, то повтореніе измѣренія даетъ желаемый результатъ для этого аккумулятора или батареи. При дальнѣйшемъ разряженіи сила тока падаетъ и возрастаетъ внутреннее сопротивленіе, поэтому при одинаковыхъ прочихъ условіяхъ получается меньшая сила тока.

Такъ, напримѣръ, при определенномъ аккумуляторѣ въ 8 A. St. емкости, электро-возбудительная сила во время разряда удерживается



Фиг. 4.

*) Въ плотно закрытыхъ аккумуляторахъ измѣренія простымъ ареометромъ невозможны, по этому для нихъ приходится употреблять приборъ изображеній на fig. № 4. Приборъ состоитъ изъ маленькаго ареометра (A) заключеннаго въ стеклянныи цилиндръ (B) съ съуживающимися концами для соединенія съ резиновыми трубками (C и D); трубка (D) оканчивается резиновымъ же шаромъ (F), служащимъ для всасыванія кислоты въ цилиндръ (B). При употребленіи резиновая трубка (C) опускается въ отверстіе аккумулятора, служащее для прохода газа, кислоту втягиваетъ въ цилиндръ (B) гдѣ ее и измѣряютъ—ареометромъ (A).

на 2 V при внутреннемъ сопротивлениі 0,04 Ω , медленно падаетъ до 1,9 V, при возрастаніи сопротивлениі до 0,05 Ω , затѣмъ быстро до 1,8 V при 0,06 Ω и здѣсь наступаетъ моментъ внезапнаго паденія электро-возбудительной силы и необходимость новаго заряженія. Эти измѣненія силы тока такъ ясно видны, что даже посредственныи гальванометръ даетъ ясныя показанія. При сопротивлениі наружной цѣпи въ 1 Ω , сила тока въ 1-й продолжительный промежутокъ разряженія $\frac{2}{0,04+1} = 1,92$ A; затѣмъ $\frac{1,9}{0,05+1} = 1,81$ A. и, наконецъ, $\frac{1,8}{0,06+1} = 1,70$ A.

Въ аккумуляторѣ съ незначительнымъ количествомъ кислоты сравнительно съ его емкостю измѣненія электро-возбудительной силы такія же, какъ и въ аккумуляторѣ съ большимъ количествомъ кислоты, напротивъ, измѣненія внутренняго сопротивлениія большія, чѣмъ при значительномъ количествѣ кислоты, а потому и паденіе силы тока болѣе замѣтно.

ПРИБАВЛЕНИЕ.

Важнѣйшія единицы электро-технической системы мѣръ.

Въ предыдущихъ главахъ мы постоянно пользовались пѣлымъ рядомъ обозначеній и сокращеній, значеніе которыхъ мы здѣсь вкратцѣ и выяснимъ.

Единица силы тока называется Амперъ (ampère) = A.

Токъ силою въ одинъ амперъ разлагаетъ въ вольтаметрѣ въ одну минуту 10,5 Cст. гремучаго газа при 0° C и 760 mm. нормальнааго давленія. Тотъ же токъ выдѣляеть на отрицательномъ мѣдномъ электродѣ вольтметра 0,01968 gr. мѣди и на серебряномъ 0,06708 gr. серебра въ минуту.

Единица электро-возбудительной силы (напряженія) называется вольтъ = V.

Элементъ Даніеля имѣеть электро-возбудительную силу приблизительно въ 1.07 V; элементъ Бунзена 1,8 V., аккумуляторъ 2.0 V.

Единица сопротивленія называется Омъ = Ω .

Сопротивлениe, ртутнаго столба высотою въ 1,06 м. и пло-
щади поперечнаго съченія въ 1 qmm. представляетъ при 0°
1 Ω ; приблизительно такое же сопротивлениe представляется
мѣдная проволока въ 1 qmm. толщины и 66 м. длины.

Законъ Ома:

$$\text{Сила тока} = \frac{\text{Сумма электро-возбудительныхъ силъ}}{\text{Сумма сопротивлений}}$$

даeтъ слѣдующую зависимость между этими тремя единицами:

$$1 \text{ A} = \frac{1 \text{ V}}{1 \Omega};$$

другими словами: электро-возбудительная сила въ 1 V, въ цѣпи съ сопротивлениемъ въ Ω , даетъ токъ силою въ 1 A; или, число A равняется числу V, дѣленному на число Ω . Чѣмъ больше въ цѣпи электро-возбудительная сила, тѣмъ больше, при прочихъ одинаковыи условияхъ, и сила тока; чѣмъ больше сопротивлениe, тѣмъ меньше, при одинаковыхъ прочихъ условияхъ сила тока.

Какъ мѣру количества электричества часто употребляютъ произведеніе изъ числа A на единицу времени (большею частью часъ); 1 Амперъ — часъ = A. St. (Stunde) это то количество электричества, которое при силѣ тока въ 1 A протекаетъ въ часъ черезъ проводникъ; и источникъ тока, который можетъ дать это количество электричества, обладаетъ емкостью въ 1 A. St.

Единица работы тока есть произведеніе числа A на число V и на число единицъ времени (обыкновенно часъ или секунда). Совершенная работа пропорціональна этому произведенію. Если произведенія равны, то и работы равны. Аккумуляторная батарея совершаeтъ одинаковую работу идетъ ли токъ въ 50 A. при 2 V 1 часъ, или токъ въ 5 A при 20 V; или въ 10 A при 10 V или еще въ 50 A при 4 V въ теченіе $\frac{1}{2}$ часа, 5 A при 2 V въ теченіе 10 часовъ, такъ какъ произведенія изъ силы тока на электро-возбудительную силу и время, во всѣхъ случаяхъ = 100.

Токъ, который при электро-возбудительной силѣ въ 1 V имѣеть силу въ 1 A., производить въ секунду работу въ $1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$; это произведеніе называется 1 ваттъ (Watt) = ($\text{V} \cdot \text{A}$). Такъ какъ

количество работы производимой въ одну секунду называется мощностью машины, то ваттъ есть единица мощности. Употребительная единица механической мощности 1 лошадиная сила ($HP = 75$ kilogr. m. въ 1 секунду). Мощность въ одинъ ваттъ соотвѣтствуетъ $\frac{1}{736}$ HP.

Аккумуляторная батарея, которая даетъ токъ въ 3 A при 1 V, обладаетъ мощностью $3 \cdot 16 = 48$ ваттъ $= \frac{48}{736} = 0,065$ HP.

Оглавление.

Глава I. Дѣйствіе аккумуляторовъ.

Химическая реакція въ элементѣ Даніэля. Обратимость этихъ явлений. Химическая реакція въ свинцовомъ аккумуляторѣ при разрядѣ и зарядѣ.

Глава II. Устройство аккумуляторовъ.

Аккумуляторы Планта. Аккумуляторы „Electrical Power Storage Company“ и „Berliner Akkumulatorenwerke“. Tudor-аккумуляторы. Материалъ и величина сосудовъ.

Глава III. Работоспособность аккумуляторовъ.

Электровозбудительная сила. Внутреннее сопротивление. Измѣненія электровозбудительной силы и сопротивленія во время заряда и разряда. Емкость. Всѣ реагирующихъ веществъ. Полезное дѣйствіе въ амперъ-часахъ и въ вольтъ-амперъ-часахъ. Зависимость полезного дѣйствія отъ силы тока при зарядѣ и разрядѣ. Наивыгоднѣйшая сила тока при зарядѣ и разрядѣ. Определеніе работоспособности данной аккумуляторной батареи. Постоянство тока. Саморазряженіе аккумулятора и его причина.

Глава IV. Уходъ за аккумуляторами.

Наполненіе аккумуляторовъ. Приготовленіе сѣрной кислоты соотвѣтствующей крѣпости и чистоты.

Заряженіе аккумуляторовъ. Заряженіе токомъ батареи Бунзена, большой аккумуляторной батареи, термоэлектрической батареи и динамомашинъ. Уменьшеніе работоспособности не заряженныхъ аккумуляторовъ и причины этого явленія. Сгибаніе пластинокъ:

Разрядъ аккумуляторовъ. Сила тока при разрядѣ и ея границы. Вычисленіе ея, определеніе при помощи уд. вѣса сѣрной кислоты и измѣренія электровозбудительной силы и силы тока.

Прибавленіе. Важнѣйшія единицы электротехнической системы мѣръ.

Единица силы тока, электровозбудительной силы, сопротивленія и мощности.