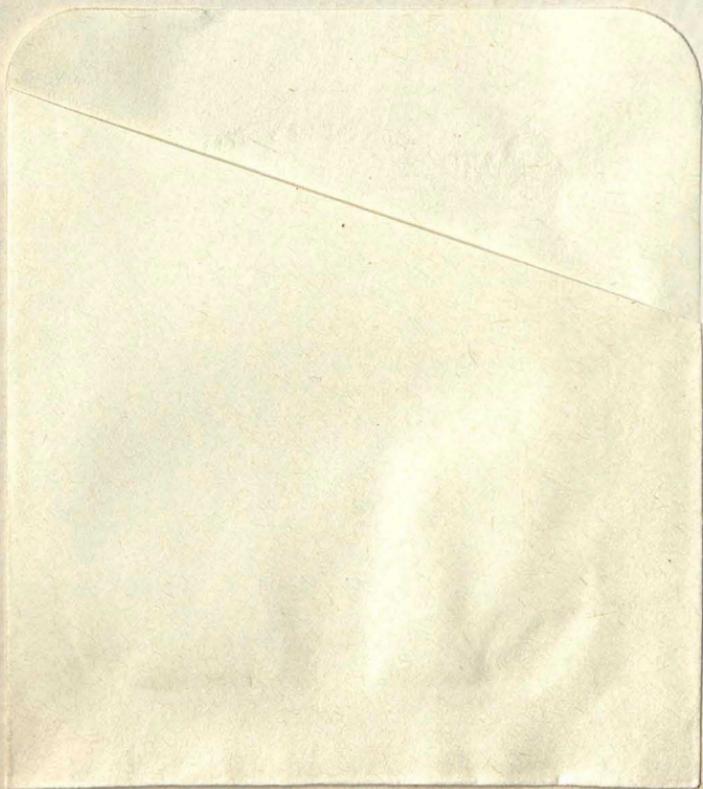
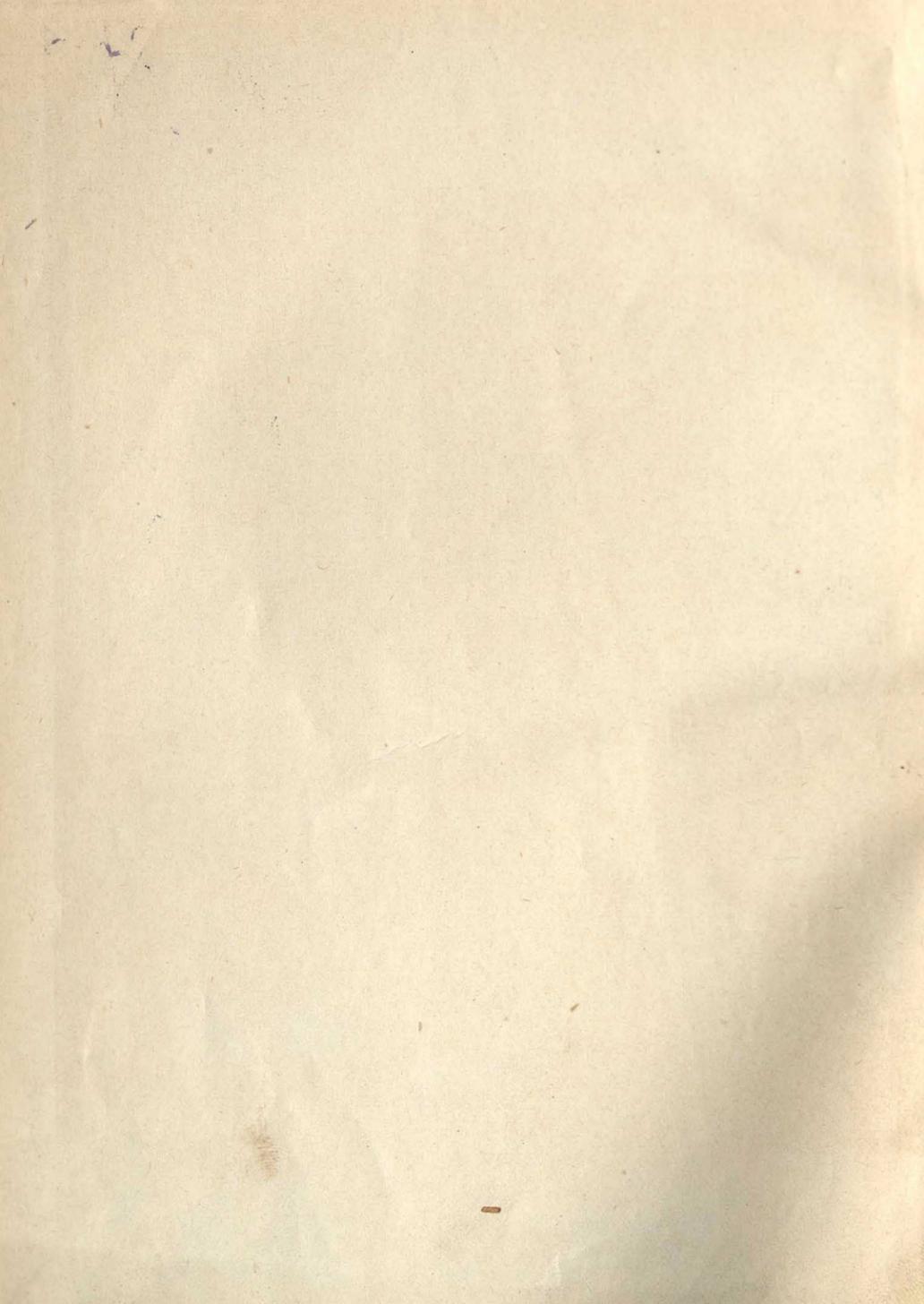


T  $\frac{73}{267}$

T 73  
267



21



СК-1 (1895)

НК-V

Профессоръ В. Вейлеръ.

*Handwritten signature and initials*

ар-

СК-1 (1895)

НК-V

# „ПРАКТИЧЕСКІЙ ЭЛЕКТРИКЪ“

$\frac{73}{267}$

ОБЩЕДОСТУПНОЕ РУКОВОДСТВО

КЪ ИЗГОТОВЛЕНІЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХЪ ПРИВОРОВЪ

и

къ производству съ ними опытовъ, дающихъ возможность изучить и проверить важнѣйшіе законы, касающіеся электрическихъ явленій.

Со второго нѣмецкаго изданія (дополненнаго и улучшеннаго) перевелъ **В. И. Святскій.**

съ 417-ю рисунками.



Изданіе Ф. В. Щепанскаго.  
С.-ПЕТЕРБУРГЪ.  
Невскій проспектъ 34.

Дозволено цензурою.  
С.-Петербургъ, 23 Апрѣля 1896 г.



33297-38



Тип. Н. Финдейзена, Малая Морская, 9.

## ПРЕДИСЛОВІЕ.

Область примѣненія электричества въ технику и промышленности расширяется съ каждымъ годомъ, не только за границей, но и у насъ въ Россіи. Одновременно съ этимъ развивается въ публикѣ интересъ къ явленіямъ электричества. Очень многія лица стремятся ознакомиться съ ними при помощи болѣе или менѣе популярно написанныхъ сочиненій. Другія же идутъ еще дальше и стараются полученныя свѣдѣнія примѣнить на практикѣ—въ ремеслахъ,—въ домашней жизни, изготовляя самостоятельно разные простые электрическіе приборы. Въ русской литературѣ уже существуютъ сочиненія, дающія возможность ознакомиться съ сущностью явленій и примѣненій электричества. Къ числу такихъ, наиболѣе подробно и ясно написанныхъ сочиненій, относится, напримѣръ, соч. А. Вильке:

«Электричество, его источники, и примѣненія въ промышленности». Предлагаемое нами соч. проф. В. Вейлера способно вполне удовлетворить вышеозначенной потребности. Въ этомъ сочиненіи любитель-электрикъ найдетъ собраннмъ въ одной книжкѣ то, что до сихъ поръ было разбросано въ отдѣльныхъ брошюрахъ. Кромѣ того, соч. проф. В. Вейлера даетъ читателю то, чего нѣтъ въ другихъ подобныхъ руководствахъ, а именно наглядное ознакомленіе съ законами, относящимися къ электрическимъ явленіямъ. Самъ авторъ въ своихъ предисловіяхъ говоритъ слѣдующее:

«Мое сочиненіе предназначено для тѣхъ любителей и электриковъ, которые не только желаютъ сами изготовлять электрическіе приборы, но хотятъ въ то же время дѣлать это вполне сознательно—съ разумніемъ. Съ этой цѣлью при каждой главѣ, при описаніяхъ устройства аппаратовъ, помѣщены и соответствующія объясненія законовъ явленій. Тѣ лица, которыя приобретаютъ аппараты уже готовыми, найдутъ въ моемъ сочиненіи небезполезное для нихъ описаніе самихъ аппаратовъ, а также и опытовъ съ ними производимыхъ. Подробное описаніе устройства приборовъ бываетъ очень часто крайне необходимо при исправленіи какого нибудь испортившагося аппарата».

«Большинство приборовъ, описанныхъ въ этомъ сочиненіи, было изготовлено самимъ авторомъ и не въ одномъ, а въ разныхъ видахъ. Затѣмъ эти приборы употреблялись авторомъ въ теченіи многихъ лѣтъ при преподаваніи. Это обстоятельство можетъ служить ручательствомъ тому, что, слѣдуя указаніямъ автора, практику электрику удастся устройство аппаратовъ, а также и опыты съ ними. Размѣры аппаратовъ выбраны при этомъ такъ, что они выходятъ средней, удобной для опытовъ, величины».

Имѣя въ виду, что въ соч. проф. В. Вейлера «Практическій-Электрикъ» помѣщено много таблицъ, численныхъ примѣровъ и задачъ, а также и то, что, какъ уже было упомянуто выше, при описаніи приборовъ и опытовъ обращено особенное вниманіе на объясненіе и провѣрку законовъ электрическихъ явленій, можно смѣло рекомендовать это сочиненіе нашей учащейся молодежи, какъ хорошую предварительную школу передъ изученіемъ электротехники.

*Переводчикъ.*

## ОГЛАВЛЕНІЕ.

**Гл. I. Источники электрическаго тока.— Гальваническіе и термо-электрическіе элементы.** Опытъ Гальвани и другія физиологическія явленія. Вольтовъ столбъ. Элементъ Волластона и коксовый. Сосуды для элементовъ. Указатели тока: гальваноскопъ и гальванометръ. Амальгамированіе цинковъ. Главные способы соединенія элементовъ. Разложеніе воды. Химическія явленія, происходящія въ элементъ: опыты и объясненія, понятіе о напряженіи, силѣ тока и сопротивленіи. Поляризація и ея законы. Элементъ Даніеля. Пористые сосуды: ихъ назначеніе и изготовленіе. Элементы Калло, Кабарэ и Мейдингера. Химическія явленія въ мѣдно-цинковыхъ элементахъ. Элементъ съ ѣдкимъ кали и его видоизмѣненія. Угольные электроды. Поднятіе солей. Зажимы и борны. Цинки. Элементы съ перекисью марганца. Элементы съ двухромокислымъ кали. Батареи съ погруженіемъ и съ переливаніемъ. Элементы съ азотной кислотой. Бунзена и Гровэ. Наливаніе жидкостей въ батарею и ихъ выливаніе изъ нея. Кислоты. Элементъ Уокера. Сухіе элементы. Замбони, Гасснера. Нормальные элементы: Post-office, Кларка. Таблица электровозбудительныхъ силъ и сопротивленій нѣкоторыхъ элементовъ. Примѣненіе этой таблицы къ вычисленію силы тока. Свойства хорошаго элемента. Трата матеріаловъ въ элементахъ на одну силу-часъ и на одинъ килоуатъ-часъ. Различные способы соединенія элементовъ между собою, примѣръ для 20 элементовъ; задачи для вычисленій. Термо-электрическіе элементы. Явленія, производимыя гальваническимъ токомъ. Полезная работа тока. Цѣны нѣкоторыхъ химическихъ веществъ. . . . .

стр.

1—65.

**Гл. II. Аккумуляторы.**— Принципы аккумуляторовъ. Примѣненія аккумуляторовъ. Аккумуляторъ Плантэ. Аккумуляторъ Фора. Изготовленіе дешеваго аккумулятора. Аккумуляторы съ пластинками плоскими, рѣшетчатыми, трубчатыми. Полученіе губчатаго свинца. Устройство карманнаго аккумулятора. Устройство электр. зажигательницы. Свойства аккумуляторовъ. Коммутаторъ для заряженія и разряженія аккумуляторовъ. Установка аккумуляторовъ. Уходъ за аккумуляторами. . . . .

66—88.

**Гл. III. Измѣреніе силы тока. Измѣрительные инструменты.**— Опредѣленіе силы тока на основаніи его химическихъ дѣйствій. Водяной вольтметръ. Мѣдный вольтметръ. Серебряный вольтметръ. Численные примѣры. Опредѣленіе силы тока посредствомъ его воздѣйствія на маг-

нитную стрѣлку. Гальваноскопъ и гальванометръ. Изготовленіе магнитной стрѣлки. Указатель тока. Отклоненіе стрѣлки въ зависимости отъ направленія тока. Карманный гальваноскопъ. Гальваноскопъ, изготовленный при помощи компаса. Уменьшеніе и увеличеніе чувствительности гальваноскопа. Гальванометръ-мультипликаторъ. Изготовленіе простого мультипликатора. Градуировка гальванометровъ. Вертикальный гальванометръ. Тангенсъ-гальванометры. Магнитное поле и линія силы. Отношеніе между силой тока и величиною угла отклоненія магнитной стрѣлки. Механич. приспособленія для изображенія закона тангенсовъ. Устройство и градуировка простого тангенсъ-гальванометра. Графическое изображеніе результатовъ. Таблица тангенсовъ. Примѣненіе тангенсъ-гальванометра для подтвержденія закона Ома. Опредѣленія при помощи гальванометра: внутренняго сопротивленія элемента; сопротивленія гальванометра; сопротивленія проводниковъ; электро-возбудит. силъ элементовъ. Тангенсъ-гальванометръ—какъ вольтметръ и его градуировка. Два способа градуировки. Технические амперметры и вольтметры. Коммутаторы и ихъ назначеніе. Коммутаторы: со ртутью, съ дерев. валикомъ, Дюжардена, для поляризаціоннаго тока. Ключи для замыканія и размыканія тока . .

стр.

89—142.

Гл. IV. Примѣненія электролиза къ гальванопластику и гальваностегіи.—Приборы. Выборъ элементовъ. Проводники. Гальванопластика. Ванны. Матрицы. Металлизированіе формъ. Мѣдная ванна. Гальваностегія. Отложеніе мѣди. Никкелированіе. Серебреніе. Серебреніе стекла. Золоченіе. Покрываніе латуною. Желѣзная ванна. Электролитическій законъ Фарадея. Таблица эквивалентовъ. Опредѣленіе направленія тока. Изготовленіе ящиковъ для ваннъ. Количества веществъ, выделяемыхъ при электролизѣ въ 1 часъ одной паровой лошадиной силой

143—167.

Гл. V. Примѣненія электричества къ освѣщенію.—Явленія накаливанія. Лампочки накаливанія. Изготовленіе простой платиновой лампочки. Зажигательница. Нажимныя кнопки. Коммутаторъ или выключатель. Электрическіе запалы. Лампы накаливанія. Составныя части лампы накаливанія. Выдѣлка угольныхъ нитей. Закрѣпленіе нити. Стеклянные колпачки. Выкачиваніе воздуха изъ лампъ. Патроны лампъ накаливанія. Особенности устройства лампъ Эдисона, Свана, Максима и др. Лампа накаливанія для изготовленія любителемъ. Переносная лампа накаливанія. Экономичность и долговѣчность лампъ накаливанія. Цѣны лампъ накаливанія. Расходъ энергіи. Лампы Сименса и Гальске. Лампы Allgemeine Gesellschaft. Распредѣленіе тока и расчетъ устройства освѣщенія. Устройство освѣщенія въ квартирахъ. Стоимость освѣщенія лампочками накаливанія . .

168—197.

Гл. VI. Примѣненія электричества къ освѣщенію.—Освѣщеніе вольтовой дугой.—Вольтова дуга. Ручныя регуляторы. Автоматическіе регуляторы. Регуляторъ Фуко-Дюбоска. Регуляторъ Серрена. Регуляторъ Жаспора. Регуляторъ д'Аршера. Свѣчи Яблочкова. Свѣча-регуляторъ Жамена. Лампа-солнце. Лампы съ полупонакаливаніемъ. Лампа Вердермана. Видоизмѣненіе лампы Вердермана. Дифференціальныя лампы съ вольтовой дугой. Дуговыя лампы для параллельнаго соединенія. Выдѣлка углей для дуговыхъ лампъ. Общія замѣчанія относительно углей. Угли для постояннаго тока. Угли для переменнаго тока. Изготовленіе углей любителемъ. Примѣрная стоимость освѣщенія лампочками накаливанія и лампами дуговыми . . . . .

198—226

Гл. VII. Проводники тока: ихъ сопротивленіе и нагрѣваніе.—Проводники: матеріалъ, форма, обмотка и діаметръ проводниковъ. Бирмингемская проволочная шкала (Wire-gauge). Сопротивленія. Таблица вѣса, длины и сопротивленія химически чистой мѣдной проволоки. Сопротивленіе человѣческаго тѣла. Нагрѣваніе проводовъ отъ дѣйствія тока. Опыты, иллюстрирующие законъ Джоуля. Предѣлы допустимаго нагрѣванія проводниковъ. Потеря напряженія. Размѣры голыхъ и обмотанныхъ проводовъ. Реостаты. Таблица вѣса и сопротивленія желѣзной проволоки. Таблица сопротивленія угольныхъ палочекъ. Таблица для изготовленія реостатовъ изъ никкельновой проволоки. Различные виды реостатовъ. Реостаты съ двойнымъ рычагомъ. Двойная (бифиллярная) обмотка. Магазины сопротивленій. Сопротивленія жидкія. Вычисленіе сопротивленія реостата. Примѣненія реостатовъ. Предохранители. Легкоплавкіе сплавы. Цѣны проводовъ.

стр.

227—247

Гл. VIII. Примѣненія электричества къ электромагнитамъ.—Общее понятіе объ электромагнитѣ. Различные виды электромагнитовъ и ихъ устройство. Составныя части электромагнита. Катушки. Правила, которыя слѣдуетъ соблюдать при изготовленіи электромагнитовъ. Расчеты обмотки электромагнитовъ. Направленіе тока и полярность желѣзныхъ стержней. Размѣры электромагнита.

248—258.

Гл. IX. Примѣненія электричества къ домашней телеграфіи: электрическіе звонки, номерные аппараты и т. п.—Устройство дребезжащаго звонка. Элементы для звонка, прохожденіе тока по звонку, регулировка. Возможныя ошибки. Звонковый аппаратъ для производства сильнаго звона. Одноударный электрической звонокъ. Непрерывнозвонящій будильникъ. Другое устройство будильника. Непрерывно-дѣйствующій звонокъ. Электрической колоколь. Электрической рожокъ. Электрическая звучащая пружина. Звонокъ для послѣдовательнаго включенія въ цѣпь. Соединеніе дребезжащаго звонка съ одноударнымъ. Звонки съ сухими элементами. Звонки для перемѣнныхъ токовъ. Приборы для замыканія тока, контакты. Ключъ Морзе. Релѣ. Приборы съ номерными указателями. Схема установки номернаго прибора. Телеграфированіе при помощи звонка и ключа Морзе. Азбука Морзе. Звонки, дѣйствующіе при размьканіи тока въ цѣпи. Автоматически дѣйствующіе приборы. Самодѣйствующій указатель температуры. Электрическіе будильники. Пожарные предупредители. Автоматическій указатель пожара. Общія указанія относительно проводовъ для звонковыхъ, номерныхъ и другихъ приборовъ. Схемы устройства звонковыхъ цѣпей. Отысканіе погрѣшностей въ домашней установкѣ сигнальныхъ приборовъ.

259—292.

Гл. X. Явленія индукціи и индукціонные приборы.—Основныя явленія. Линія силы и индукціонные токи. Законы индукціи. Самоиндукція. Законы самоиндукціи или эстра-токовъ. Приборъ для самоиндукціи. Опыты съ самоиндукціоннымъ приборомъ. Приборъ для зажиганія газовыхъ рожковъ. Индукціонный приборъ; его назначеніе и составныя части; длина искры. Устройство индукціонной катушки (Румкорфовой спирали). Таблица размѣровъ индукціонныхъ катушекъ. Явленія, наблюдаемыя при помощи индукціонныхъ катушекъ. Гейслеровы трубки. Опытъ съ барометрической трубкой и электрической звѣзды. Прерыватель Гельмгольца. Примѣненія индукціонныхъ катушекъ. Большия индукціонныя катушки. Возможныя ошибки.

293—314.

Гл. XI. Телефоны и микрофоны.—Опыт и применение. Устройство телефона. Размеры телефона. Сущность процесса телефонирования. Явления, зависящая от силы магнита и размеров железной пластинки. Передача разговора посредством телефона. Микрофонъ. Микрофоныя пластинки, угли и контакты. Микрофонъ Эдисона. Микрофоны съ индукционной катушкой. Приборы телефонной станции. Схематическое изображение действия двухъ микро-телефонныхъ станций. Нѣкоторые занимательные приборы. Схема устройства полной телефонной станции съ индукторомъ. Общій видъ расположения аппаратовъ телефонной станции. Телефонное сообщеніе съ движущимся поѣздомъ. Приборы для воспроизведенія въ комнатѣ вышеописаннаго телефонирования. . . . . 315—337.

Гл. XII. Электрическій телеграфъ и электрическіе часы.—Цѣль телеграфирования; существенныя части телеграфной станции. Ударный приборъ. Пишущій приборъ Морзе. Электромагниты приборовъ Морзе. Схема соединеній двухъ телеграфныхъ станцій. Электрическіе указательные приборы; указательный телеграфъ. Центральные часы. Часы съ репетицій. . . . . 338—349.

Гл. XIII. Магнито-электрическіе двигатели.—Сущность устройства электродвигателей. Колесо Барлова. Работа и стоимость работы электродвигателей. Электродвигатель Ричи. Электродвигатель съ кривошипомъ. Электродвигатель со спицами. Двигатель съ коромысломъ. Вращеніе тока около магнита. Вращеніе магнита около тока. Вращеніе тока подъ влияніемъ другого тока. Вращательный приборъ Гарте. . . . . 350—360

Гл. XIV. Магнитоэлектрическія и динамоэлектрическія машины.—Двойной Т—образный якорь. Магнитоэлектрическая машина и двигатель съ двойнымъ Т—образнымъ якоремъ по системѣ Трувэ. Нѣкоторые опыты съ магнитоэлектрическими машинами. Двойной Т—образный якорь въ соединеніи съ электромагнитомъ. Динамомашинка. Кольцевой якорь. Модель динамо-машины. Размеры модели. Изготовление небольшой динамо-машины. Динамо-машина Грамма. Коммутаторъ для ручной динамо. Автоматическій размыкатель тока для заряда аккумуляторовъ. Нѣкоторыя двигательныя силы для приведенія въ дѣйствіе динамо-машинъ. Модель динамо-электрическаго двигателя. Динамо-электрическій двигатель и его изготовленіе. Размеры двуполосной динамо-машины для гальванопластики силою въ 25 амперъ при 5 вольтахъ напряженія. Динамо-машины и электродвигатели. Четырехъ-полосная динамо-машина съ постояннымъ токомъ. Приборъ для получения переменнаго и многофазнаго токовъ. Скрещенные электромагниты . . . . . 361—404.

Гл. XV. Трансформаторы. Дифференціальный гальванометръ. Мостикъ Уитстона.—Трансформаторы. Различныя типы трансформаторовъ. Измѣрительные приборы: дифференціальный гальванометръ и мостикъ Уитстона. Устройство и употребленіе дифференціальнаго гальванометра. Устройство и употребленіе мостика Уитстона. Отвѣтвленія тока. . . . . 405—426.

Гл. XVI. Техническія замѣтки.—Обработка дерева. Лакированіе металловъ. Лаки и смолы. Чернініе латуни. Припой. . . . . 427—429.

## Приложенія.

1. Таблица мѣръ метрической системы.
2. Таблица для перевода метровъ въ сажени, футы, дюймы, аршины и вершки.
3. Таблица для перевода частей метра въ дюймы.
4. Таблица для перевода погонныхъ дюймовъ, футовъ, сажень, аршинъ, вершковъ въ метры.
5. Метрическая таблица вѣса.
6. Таблица перевода русскаго вѣса въ метрической и обратно.
7. Алфавитный указатель содержанія.
8. Исправленіе опечатокъ и погрѣшностей.



## АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.

Автомат. приборы . . . . .	281	Бирмингемская провол. шкала . . . . .	227
» указатель темпер. . . . .	283	Борны соединительные . . . . .	26
» » пожара . . . . .	286	Бунзена элементы . . . . .	39
» размыкатель тока . . . . .	385	Будильникъ непрер. звонящій . . . . .	267
» регуляторы . . . . .	204	» другое устройство . . . . .	267
Агометръ . . . . .	239	» электрическій . . . . .	284
Азбука Морзе . . . . .	279		
Аккумуляторы, принципъ . . . . .	67	Ванны мѣдн. для гальванопл. . . . .	153
» примѣненія . . . . .	70	» » для гальваностегии . . . . .	155
» Плантэ . . . . .	72	» ящики для нихъ . . . . .	165
« Фора . . . . .	74	Веществъ расходъ въ элементъ . . . . .	51
» изготавл. дешев. . . . .	75	» химич. цѣны . . . . .	63
» съ плоён. пласт. . . . .	78	» выдѣляем. электролиз. . . . .	166
» рѣшетч. и труб. . . . .	78	Вердермана лампа . . . . .	275
» губч. свин. для . . . . .	79	Винты соединительные . . . . .	26
» карман. устр. . . . .	79	Внутр. сопрот. гальван. элемента . . . . .	46
» свойство и уходъ . . . . .	82	Воды разложене . . . . .	8
» емкость ихъ . . . . .	83	Вольтовъ столбъ . . . . .	3
» ихъ заряжаніе . . . . .	84	» дуга . . . . .	198
» коммут. для зар. . . . .	85	Возбужденіе динамо послѣдов. . . . .	370
» установка ихъ . . . . .	86	» » съ отвѣтвл. . . . .	370
» уходъ за ними . . . . .	87	» » смѣшанное . . . . .	370
» размыкат. тока . . . . .	385	(компаундъ) . . . . .	370
Allgemeine Elektr. Gesellschaft		Воздуха выгач. изъ лампъ накал. . . . .	180
лампы . . . . .	191	Вольтаметръ водяной . . . . .	90
Амальгамированіе . . . . .	6	» мѣдный . . . . .	93
Амперметры техническіе . . . . .	136	» серебряный . . . . .	94
» Гуммеля . . . . .	137	Вольтметры техническіе . . . . .	136
» Кольрауша . . . . .	137	» Гуммеля . . . . .	139
Аппараты звонковые . . . . .	259	Вращене тока около магнита . . . . .	356
д'Аршеро регуляторъ . . . . .	207	» магнита около тока . . . . .	357
		» тока подъ вліян. друг. . . . .	358
Батарея съ подъемн. электрод. . . . .	36	» приборъ Гарте . . . . .	359
» переливная . . . . .	37	Вращающееся магнит. поле . . . . .	402
» снаряженіе . . . . .	41	Вычисленіе силы тока . . . . .	48
» термо-элек. Гюльхера . . . . .	61	Вычисленіе сопрот. реостата . . . . .	243
Барлова колесо . . . . .	350	Выключатели . . . . .	174
Башмаки или полюсн. придатки . . . . .	383		
Берлинера микрофонъ . . . . .	327		

Выдѣлка углей для дугов. лампъ . . . . .	218	Динамо электр. двигат. устройство . . . . .	388
Гальвани опытъ . . . . .	1	» для гальванопластики . . . . .	395
Гальваническіе элементы . . . . .	1	» машины и электродвиг. . . . .	396
» эл. внутр. сопр. . . . .	46	» четырех-полюсная . . . . .	397
Гальваноскопъ . . . . .	6 и 96	Дифференц. гальванометръ . . . . .	413
» карманный . . . . .	100	» лампы . . . . .	215
» изгот. изъ комп. . . . .	100	Джоуля-Ленца законъ . . . . .	168
» увелич. и умен. . . . .		» законъ опыты . . . . .	230
» чувств. . . . .	101	Домашняя телеграфія . . . . .	259
Гальванометръ . . . . .	6 и 96	Доказательства присутств. тока . . . . .	5
» мультипликаторъ . . . . .	102	Дуга Вольтова . . . . .	198
» градуировка . . . . .	105	Единица силы тока . . . . .	12 и 15
» вертикальный . . . . .	106	» напряженія тока . . . . .	11 и 14
» град. какъ вольтм. . . . .	131	» сопротивленія . . . . .	12 и 14
» тоже друг. способ. . . . .	134	» работы тока . . . . .	15 и 63
» дифференціальн. . . . .	413	Емкость аккумуляторовъ . . . . .	83
» примѣненія . . . . .	415	Жамена свѣча-регуляторъ . . . . .	212
Гальванопластика . . . . .	147	Желѣзной провол. вѣсь и сопрот. . . . .	236
Гальванопл. ванна . . . . .	148	Желѣзомъ покрываніе электротл. . . . .	162
» матрицы или фюр. . . . .	149	Жидкостей и солей поднятіе . . . . .	25
» мѣдная ванна . . . . .	153	Задачи для соединенія элементовъ . . . . .	56
» динамо, расчетъ . . . . .	395	Зажимы соединительные . . . . .	26
Гальваностегія . . . . .	154	Зажигат. электр. устройство . . . . .	81
» мѣдная ванна для . . . . .	155	» изготовленіе . . . . .	171
Газовыхъ рожковъ зажиганіе . . . . .	299	» цѣнь изъ нихъ . . . . .	172
Гасснера сухой элементъ . . . . .	43	Зажиганіе газовыхъ рожковъ . . . . .	299
Гарте вращат. приборъ . . . . .	359	Законъ Ома . . . . .	12 и 52
Гейслеровы трубки . . . . .	309	» » опыты для пояснен. . . . .	58
Гельмгольца прерыватель . . . . .	311	» тангенсовъ граф. изобр. . . . .	116
Градуировка тангенсъ-гальван. . . . .	120	» Фарадея электролит. . . . .	163
Графич. изображ. град. гальван. . . . .	121	» Джоуля-Ленца . . . . .	168
Грамма динамо-машина . . . . .	380	» » опыты . . . . .	230
Гренэ—элементъ бутылка . . . . .	32	» индукціи . . . . .	296
Гровэ—элементъ . . . . .	39	» самоиндукціи . . . . .	297
Гуммеля амперметръ . . . . .	137	Замбони сухой столбъ . . . . .	42
» вольтметръ . . . . .	139	Замыканіе тока, приборы . . . . .	274
Гюльхера батарея термо-электр. . . . .	61	» » короткое . . . . .	375
» лампа дифференц. . . . .	217	Замѣтки техническія . . . . .	427
Двигатель магнито-электр. . . . .	350	Занимательные приборы . . . . .	332
» » работа . . . . .	351	Запалы электрическіе . . . . .	175
» трехфазный . . . . .	401	Заряжаніе аккумуляторовъ . . . . .	84
Двухромок. кали—элементъ съ нимъ . . . . .	32	Звонковые приборы . . . . .	259
» тоже . . . . .	34 и 35	» приоб. для сильн. звона . . . . .	265
Динамо-машина . . . . .	369	» » одноударный . . . . .	263
» съ послѣдов. возбужд. . . . .	370	» » непрерывнод. . . . .	268
» съ отвѣтвленіемъ . . . . .	370	» » и др. установка . . . . .	287
» со смѣшан. возбужд. . . . .	370	» » съ перем. ток. . . . .	367
» модель . . . . .	371	Звонокъ дребезж. устройство . . . . .	259
» изготовленіе . . . . .	374	» » регулировка . . . . .	261
» Грамма . . . . .	380	» ошибки устройства . . . . .	263
» со внутрен. полюсами . . . . .	383	» таблица размѣровъ . . . . .	265
» электр. двигат. модель . . . . .	387		

» для послѣд. включенія . . . . .	271	Контакты дверные . . . . .	275
» дребезж. и одноударный . . . . .	272	Конденсаторъ . . . . .	305
» съ сухимъ элементомъ . . . . .	272	Короткое замыканіе . . . . .	375
» для перем. тока . . . . .	272	Крестеѣвъ, упрощ. элем. Мейдинг . . . . .	18
» телеграфированіе . . . . .	278	Кривыя тока . . . . .	403
» дѣйствующ. при разм. . . . .	280	Лампочки платин. изготовленіе . . . . .	170
» цѣпей устройство . . . . .	289	Лампы накал. . . . .	175
Звучащая пружина . . . . .	270	» » составн. части . . . . .	176
Золоченіе . . . . .	160	» » изготовленіе . . . . .	177
Изготовленіе магнитн. стрѣлки . . . . .	97	» » угольн. нити . . . . .	178
» лампы накалив. . . . .	177	» » стекл. колпачки . . . . .	180
» » любителемъ . . . . .	187	» » выкачив. воздуха . . . . .	180
» релостатовъ . . . . .	236	» » патроны . . . . .	183
Измѣреніе силы тока . . . . .	89	» » Эдисона и друг. . . . .	185
» инструм. для . . . . .	89	» » изготавл. любител. . . . .	187
Измѣрительн. приборы . . . . .	412	» » переносныя . . . . .	188
Измѣреніе напряженія . . . . .	405	» » эконом. и долгов. . . . .	189
Изображеніе закона тангенсовъ . . . . .	116	» » цѣнь ихъ . . . . .	190
Индукціи явленія . . . . .	293	» » Сименса и Гальске . . . . .	191
Индукціон. токи . . . . .	295	» » Allgem. Gesellsch. . . . .	191
Индукціи законы . . . . .	296	» » устройс. осв. ими . . . . .	192
» приборы . . . . .	300	» » парал. соединеніе . . . . .	192
» устройство . . . . .	302	» » послѣд. соединеніе . . . . .	192
» табл. размѣръ . . . . .	306	Лампа-солнце Рѣльева . . . . .	213
» явленія наблюд. . . . .	307	» съ полунакалив. . . . .	214
» примѣненія . . . . .	312	» Вердермана . . . . .	214
Источники электричества . . . . .	1	» » видоизмѣнен. . . . .	215
Барманнаго аккумулят. устройство . . . . .	79	» дифференціальная . . . . .	215
» гальваноскопъ . . . . .	100	» Гюльхера . . . . .	217
Батунки электро-магн. изготавл. . . . .	251	Латуныя покрываніе . . . . .	161
» индукц. больш. » . . . . .	312	Лектанинне элементы . . . . .	31
Кислотъ наливаніе въ батарею . . . . .	41	Легкоплавкіе сплавы . . . . .	245
Кларка—норм. элементъ . . . . .	45	Линіи силы . . . . .	110 и 295
Ключи для размык. и зам. тока . . . . .	142	Магнитн. стрѣлки изготовленіе . . . . .	97
Ключъ Морзе . . . . .	275	Магнитное поле . . . . .	110
Кнопки нажимныя . . . . .	172	Магнита вращеніе около тока . . . . .	357
Коммутаторы, ихъ назначеніе . . . . .	139	Магнито-электр. двигатели . . . . .	350
» со ртутью . . . . .	140	» » машины . . . . .	361
» съ дерев. валик. . . . .	141	» » » устр. . . . .	365
» для поляриз. тока . . . . .	142	» » опыты . . . . .	366
» ручной динамо . . . . .	384	Магнитное поле вращающееся . . . . .	402
» для аккумулят. . . . .	85	Магазины сопротивленій . . . . .	241
Колоколь электрич. . . . .	269	Матрицы гальванопластич. . . . .	149
Колпачки стекл. лампы накал. . . . .	180	Механ. изобр. закона тангенсовъ . . . . .	116
Кольрауша амперметръ . . . . .	137	Металлизированіе формъ . . . . .	152
Кольцевой якорь . . . . .	371	Микрофонъ . . . . .	321
Коллекторъ у динамо . . . . .	364	» пластинки, угли . . . . .	325
Колесо Барлова . . . . .	350	» Эдисона . . . . .	326
Коксовый элементъ . . . . .	4	» Берлинера . . . . .	327
Компаундъ динамо . . . . .	370	» съ индукц. катушк. . . . .	327
Контакты . . . . .	274	Многофазные токи . . . . .	398
» нажимныя . . . . .	274	Модель динамо-машины . . . . .	371

Модель динамо-электр. двигателя	387	Парал. включеніе лампъ . . . . .	192
Мостикъ Уитстона . . . . .	419	» соед. лампъ съ вольт. дуг.	208
» » примѣненія . . . . .	421	Патроны для лампъ накалив. . . . .	183
» » съ перем. ток. . . . .	422	Переносныя лампы накалив. . . . .	188
Морзе, ключъ . . . . .	275	Перекись марганца, элем. съ ней	29
» азбука . . . . .	279	Передача разговора телефономъ	320
» пишущій приборъ . . . . .	341	Пересѣкающія токи . . . . .	359
Мультипликаторъ простой . . . . .	104	Перемѣнные токи . . . . .	366 и 398
Мѣдная ванна для гальванопл. . . . .	153	Плотность тока . . . . .	83
» « гальваностегія . . . . .	155	Плантѣ аккумуляторы . . . . .	72
» пров., вѣсъ, длина, сопр.	229	Покрываніе латунью . . . . .	161
Мѣдный вольтметръ . . . . .	93	» желѣзомъ . . . . .	162
Нагрѣваніе проводовъ . . . . .	230	Поляризація . . . . .	13
» » предѣлы . . . . .	232	Полезн. раб. тока, ея опредѣл. . . . .	63
Нажимныя кнопки . . . . .	172	Полюсовъ опредѣленіе . . . . .	164
Накаливаніе проводниковъ . . . . .	168	Поляризов. электр.-магниты . . . . .	367
Наливаніе кислотъ въ батарею. . . . .	41	Полюсные придатки . . . . .	383
Напряженій электр. рядъ . . . . .	23	Пористыя сосуды . . . . .	15
» измѣненіе . . . . .	405	Post-office норм. элем. . . . .	45
» потеря въ провод. . . . .	233	Постоянныя велич. элемента . . . . .	52
Направленія тока опредѣл. 164 и	258	Погрѣшностей отысканіе . . . . .	292
Насосы ртутныя . . . . .	181	Послѣдов. включеніе лампъ . . . . .	192
Никкелированіе . . . . .	156	» » лам. съ вол. дуг.	208
Никкелинов. провол. сопрот. . . . .	237	Потера напряж. въ провод. . . . .	233
Номерныя приборы . . . . .	277	Поле магнитное вращающееся . . . . .	402
Нормальный элементъ . . . . .	43	Предохранители . . . . .	245
» Post-office . . . . .	45	» разм. провод. . . . .	246
» Кларка . . . . .	45	Преобразованіе тока . . . . .	407
Обмотка проводовъ двойная . . . . .	240	Прерыватель Гельмгольца . . . . .	311
» электро-магнит. разсч. . . . .	256	Приборы для гальванопл. . . . .	144
Ома законъ . . . . .	12 и 52	» замыканія тока . . . . .	274
» » опыты для пояснен. . . . .	58	» » номерныя . . . . .	277
Опредѣл. полезной работы тока. . . . .	63	» » установка . . . . .	278
» силы тока химич. пут. . . . .	89	» автоматическія . . . . .	281
» » дѣйст. на маг. ст. . . . .	96	» дверныя предохр. . . . .	281
» пол. батар. или динамо . . . . .	164	» для указанія темпер. . . . .	283
» направл. тока . . . . .	164	» для предупр. пожара . . . . .	285
» внутр. сопрот. элемента . . . . .	125	» разныя установка . . . . .	287
» сопротивл. проводника . . . . .	127	» занимательныя . . . . .	332
» элект.-возб. силы элем. . . . .	128	» ударныя для телеграф. . . . .	340
» напряженія тока . . . . .	129	» пишущіе Морзе . . . . .	341
Опытъ Гальвани . . . . .	1	» указательн. электр. . . . .	345
» съ Румкорф. спиралью . . . . .	307	» вращат. Гарте . . . . .	359
» съ магн. электр. машин. . . . .	366	» для перем. п. мног. ток. . . . .	398
Освѣщеніе электр. примѣненіе . . . . .	168	» измѣрительныя . . . . .	412
» устройство въ кварт. . . . .	196	» звонковыя . . . . .	259
» стоимость его . . . . .	197	Примѣръ соединенія элементовъ . . . . .	55
» вольтовой дугой . . . . .	198	Примѣненія электролиза . . . . .	143
Отвѣтвленія тока . . . . .	424	» аккумуляторовъ . . . . .	70
Отыск. погрѣшн. сигн. прибор. . . . .	292	» электр. къ освѣщ. . . . .	168
Ошибки при устройствѣ звонк. . . . .	263	Припой . . . . .	428
» » » Румк. спир. . . . .	314	Продолжит. процесса отложенія. . . . .	146
		Проводники тока . . . . .	226
		Проводовъ сопротивленіе . . . . .	228

Проводовъ нагрѣваніе . . . . .	230	Серебрёніе . . . . .	157
» » предѣлы . . . . .	232	» цинкомъ и погруж. . . . .	159
» размѣры . . . . .	234	» стекла . . . . .	159
» обмот. хлопч. бумаг. . . . .	234	Серрена регуляторъ . . . . .	206
» » шелкомъ . . . . .	235	Силь электровозбудит. таблица . . . . .	47
» » бифиллярная . . . . .	240	Силы тока вычисленіе . . . . .	48
» цѣны . . . . .	246	» » измѣреніе . . . . .	89
» для разн. прибороувъ . . . . .	287	Силь магнитныхъ линий . . . . .	295
Прозолоки шкала Бирмингамск. . . . .	227	Сименсъ и Гальске лам. накал. . . . .	191
» мѣдной сопротивл. . . . .	228	Скрещенныя электромагниты . . . . .	399
Пружина звучащая . . . . .	270	Снаряженіе батарей . . . . .	41
Работа тока полезная . . . . .	63	Соединеніе элементовъ . . . . .	7 п 54
» магн. электр. двигателей . . . . .	351	» » задачи . . . . .	56
Разложене воды . . . . .	8	» » лампъ накалив. пар. . . . .	192
Размыкатель тока автомат. . . . .	385	» » » послѣд. . . . .	192
Размѣры электро-магн. для опыт. . . . .	258	Соединит. винты, борны, зажимы . . . . .	26
Расчетъ обмотки элек.-магн. . . . .	256	Сопротивл. гальв. элемента . . . . .	46
Разговора передача телефономъ . . . . .	320	» элементовъ таблицы . . . . .	47
Расходъ веществъ въ элемент. . . . .	51	» для лампъ накалив. . . . .	194
Распредѣленіе тока . . . . .	192 п 195	» проводовъ . . . . .	228
Регуляторы ручные . . . . .	202	» мѣдн. провол. табл. . . . .	229
» автоматич. . . . .	204	» человѣч. тѣла . . . . .	229
» Фуко-Дюбоска . . . . .	205	» желѣзной проволоки . . . . .	236
» Серрена . . . . .	206	» угольн. палочекъ . . . . .	237
» д'Арперо . . . . .	207	» никкелинов. провол. . . . .	237
Регулировка звонка . . . . .	261	» магазиновъ . . . . .	241
Релѣ . . . . .	276	» съ жидкостями . . . . .	243
Реостаты для лампъ накалив. . . . .	194	» удѣльные . . . . .	417
» изготовленіе . . . . .	236	Сосуды для элементовъ . . . . .	5
» изъ никкелин. пров. . . . .	237	» пористые . . . . .	15
» съ неизмѣн. сопрот. . . . .	238	Спираль Румкорфа . . . . .	300
» съ перем.-сопрот. . . . .	238	» » ея устройств. . . . .	302
» линейный . . . . .	238	Сплавы легкоплавкіе . . . . .	245
» агометръ . . . . .	239	Столбъ Вольтова . . . . .	3
» рычажной . . . . .	239	Стрѣлки магнитн. отклоненіе . . . . .	99
» съ двойн. рычагомъ . . . . .	240	Стеклянные колпачки . . . . .	180
» вычисленіе сопрот. . . . .	243	Стоимость освѣщенія . . . . .	197
» примѣненія . . . . .	244	» » сравнит. . . . .	223
Риччи—электродвигатель . . . . .	352	Станціи телефон. схема . . . . .	331
Рожокъ—электрической . . . . .	270	» » общій видъ . . . . .	334
Ртутные насосы . . . . .	181	» телеграфной схема . . . . .	344
Румкорфа спираль . . . . .	300	Сухие элементы . . . . .	42
» » устройство . . . . .	302	Схема звонков. цѣпей . . . . .	289
» » явлен. наблюд. . . . .	307	Таблица электро-возбуд. силь . . . . .	47
Самодѣйств. указатель темпер. . . . .	283	» сопротивл. элемент. . . . .	47
» » пожара . . . . .	286	» тангенсовъ . . . . .	123
Самоиндукція . . . . .	297	» эквивалентовъ . . . . .	163
» законы ея . . . . .	297	» веществ., видъ электрол. . . . .	166
Свойства хорошаго элемента . . . . .	49	» сопрот. мѣдн. пров. . . . .	229
» аккумуляторовъ . . . . .	82	» вѣса и сопрот. жел. пр. . . . .	236
Свѣча Яблочкова . . . . .	209	» сопрот. угольн. палоч. . . . .	237
» регуляторъ Жамена . . . . .	212	» сопрот. никкел. провол. . . . .	237
		» сплавовъ легкоплавк. . . . .	245

Таблица звонков. приборовъ . . . . .	265	Токъ преобразованіе . . . . .	407
» индукц. катушекъ . . . . .	306	» отъѣтвленія . . . . .	424
» мѣръ метрич. системы . . . . .	430	Трансформаторы . . . . .	405
» пер. метр. въ саж. и т. д. . . . .	430	» Вестингауза . . . . .	410
» » въ дюймы . . . . .	431	» Ганца и К <sup>о</sup> . . . . .	411
» дюйм., фут. и т. д. . . . .	432	Трехфазный двигатель . . . . .	401
» въ метры . . . . .	433	Трубки Гейслеровы . . . . .	309
» метрич. вѣса . . . . .	433	Тѣла человѣч. сопротивленіе . . . . .	229
» пер. русс. вѣса въ метр. . . . .	433	Увел. и уменьш. чувств. гальван. . . . .	100
» « грамм. въ русс. вѣсѣ . . . . .	433	Угольные электроды . . . . .	24
Тангенсъ—гальванометръ . . . . .	107	» нити, выдѣлка ихъ . . . . .	177
» составн. части . . . . .	108	» нити закрѣпленіе . . . . .	179
» изготовленіе . . . . .	109	Углей выдѣлка для дугов. лампъ . . . . .	218
» прост. устройства . . . . .	118	» съ сердечн. или свѣтильн. . . . .	220
» примѣненія . . . . .	125	» общія замѣчанія . . . . .	221
» для подтвер. зак. Ома . . . . .	125	» для постоян. тока . . . . .	221
» опр. внутр. сопротив. эл. . . . .	125	» » переменн. тока . . . . .	222
» опр. сопротив. провод. . . . .	127	» изготовл. любителемъ . . . . .	222
» опр. элект. возб. с. . . . .	128	Угольн. палочекъ сопротивленіе . . . . .	237
» опр. напряж. тока. . . . .	129	Угли для микрофоновъ . . . . .	325
» какъ вольтметръ . . . . .	130	Ударный приборъ для телегр. . . . .	340
Телеграфія домашняя . . . . .	259	Удѣльные сопротивленія . . . . .	417
Телеграфированіе звонкомъ . . . . .	278	Уитстона мостикъ . . . . .	419
Телеграфъ . . . . .	338	» » устройство . . . . .	420
Телеграфированіе . . . . .	338	» » примѣненія . . . . .	421
Телеграфн. станція схема . . . . .	344	» » съ перем. ток. . . . .	422
Телефоны . . . . .	315	Указатель тока . . . . .	98
» размѣры . . . . .	318	Указательн. телеграфъ . . . . .	345
Телефонированіе . . . . .	319	» приборы . . . . .	345
Телефонной станціи устройство . . . . .	328	Уничтоженіе поляриз. въ элем. . . . .	49
» » общ. видъ . . . . .	334	Уокера элементъ . . . . .	42
Телефонированіе съ поводомъ . . . . .	335	Употребленіе элементовъ . . . . .	48
Термо-электр. элементы . . . . .	59	Устройство карман. аккумуляц. . . . .	79
» » батарея . . . . .	61	» электр. зажигат. . . . .	81
Техническія замѣтки . . . . .	427	» пр. танг.-гальваном. . . . .	118
Токъ, доказат. его присутствія . . . . .	5	» освѣщ. въ квартир. . . . .	196
» замкнутый . . . . .	4	» дребезж. звонка . . . . .	259
» разомкнутый . . . . .	4	» « ошибки . . . . .	263
» опр. полезн. работы . . . . .	63	» звонковыхъ цѣпей . . . . .	289
» его плотность . . . . .	83	» Румкорф. спирали . . . . .	302
» измѣр. его силы . . . . .	89	» большихъ катушекъ . . . . .	312
» указатель его . . . . .	98	» телефона . . . . .	317
» опр. направленія . . . . .	164 и 258	» микрофона . . . . .	322
» распредѣленіе . . . . .	192 и 195	» телефон. станціи . . . . .	328
» проводники . . . . .	226	» » съ индукт. . . . .	333
» прохожденіе по звонку . . . . .	261	» якоря Т—образнаго . . . . .	362
» индукціонный . . . . .	295	» магн.-электр. маш. . . . .	365
» вращеніе около магнита . . . . .	356	» зв. приб. съ пер. ток. . . . .	367
» вращ. подъ вліян. др. тока . . . . .	358	» небольшой динамо . . . . .	374
» пересѣкающіеся . . . . .	359	» мод. дин. эл. двигат. . . . .	387
» переменныя . . . . .	366	» динамо электр. двиг. . . . .	388
» размык. автомат. . . . .	383	» дешеваго аккумуляц. . . . .	75
» перем. и многофазныя . . . . .	393	» карман. аккумуляц. . . . .	79
» кривыя . . . . .	403		

Устройство	гальваноск.	100	Элементъ Калло . . . . .	16
»	гальван. изъ комаса	100	» Кабарэ . . . . .	17
»	тангенс-гальван.	109	» Мейдингера . . . . .	17
»	осв. лампъ накалив.	192	» упрощенный . . . . .	18
Установка аккумуляторовъ . . . . .		86	» Лалада и Шаперона . . . . .	21
Уходъ за аккумуляторами . . . . .		87	» съ перекисью марганца	30
			» съ мѣшкомъ . . . . .	29
Фазы или періоды . . . . .		401	» съ перек. марг. другой	30
Фарадея законъ электролит. . . . .		163	» Лекланше . . . . .	31
Фора аккумуляторы . . . . .		74	» бутылочн. Гренэ . . . . .	32
Формъ металлизированіе . . . . .		152	» съ двухром. кали . . . . .	32
			» тоже другой . . . . .	34
Химич. веществъ цѣны . . . . .		66	» тоже третій . . . . .	34
» дѣйствія въ элемент. . . . .		9	» Фуллера . . . . .	36
» » въ эл. съ мѣдн.			» Вунзена . . . . .	39
» » купоросомъ . . . . .		20	» Грове . . . . .	39
» » въ эл. съ перек.			» Вунзена видоизмѣн. . . . .	40
» » марганца . . . . .		30	» Уокера . . . . .	42
			» сухой Замбони . . . . .	42
Цинки для элементовъ . . . . .		28	» Гасснера . . . . .	43
Цѣны химич. веществъ . . . . .		66	» нормальный . . . . .	43
» проводовъ . . . . .		246	» тоже Post-office . . . . .	45
» лампъ накалив. . . . .		190	» » Кларка . . . . .	45
			» Термо-электрич. . . . .	59
Часы электрическіе . . . . .		347	» тоже Гюльхера . . . . .	61
» центральные . . . . .		348	» хим. въ немъ дѣйствія . . . . .	9
» съ релетцией . . . . .		349	Элементовъ соединеніе . . . . .	7 и 54
Чернѣніе латуни . . . . .		428	Элементы-цинки для нихъ . . . . .	28
			Элементовъ сопот. таблица . . . . .	47
Шѣнтъ-динамо . . . . .		370	Элемента хорош. свойства . . . . .	49
Шкала провол. Бирминг. . . . .		227	» расходъ веществъ въ немъ . . . . .	51
			» для гальванопластики . . . . .	144
Щетки динамо . . . . .	364 и	378	» для звонка . . . . .	261
Щеткодержатели . . . . .		377	Электрич. напряженій рядъ . . . . .	23
			Электроды угольные . . . . .	24
Яблочкова свѣча . . . . .		209	Электровозбудит. сила . . . . .	11
Явленія, производ. гальв. ток. . . . .		63	» » силъ таблица . . . . .	47
» накаливанія . . . . .		168	» » при откр. и	
» индукціи . . . . .		293	» замкн. цѣпи . . . . .	52
» въ телефонѣ . . . . .		319	Электролизъ—примѣненіе его къ	
Якорь двойной Т—образный . . . . .		362	гальванопласт. и къ гальвано-	
» » съ электром. . . . .		369	стегія . . . . .	143
» кольцевой . . . . .		371	Электролит. законъ Фарадея . . . . .	163
Ящики для ваннъ . . . . .		165	Электрич. запалы . . . . .	175
			» колоколь . . . . .	269
Эдиссона лампы накалив. . . . .		185	» рожокъ . . . . .	270
» микрофонъ . . . . .		326	» звучащ. пружина . . . . .	270
Эквивалентовъ таблица . . . . .		163	» будильникъ . . . . .	284
Экстра-токи . . . . .		297	» указат. приборъ . . . . .	345
Экономичность лампъ накал. . . . .		189	» часы . . . . .	347
Элементъ гальваническій . . . . .		1	» звѣзды . . . . .	311
» Волластона . . . . .		3	Электро-магниты . . . . .	248
» коксовый . . . . .		4	» составн. части . . . . .	250
» Даніеля . . . . .		14	» катушки . . . . .	250

Электр.-магн. изготвл. правила . . . . .	252	Электродвигатель Риччи . . . . .	352
» расчетъ обмотки . . . . .	256	» съ кривошип. . . . .	354
» размѣры для опыт. . . . .	258	» со спицами . . . . .	354
» прибора Морзе . . . . .	343	» съ коромысломъ . . . . .	355
» поляризованные. . . . .	367	» и динамомашина . . . . .	396
» скрещенные. . . . .	399	Эталонъ Ома . . . . .	415

---

## ГЛАВА I.

### Источники электричества: Вольтовъ столбъ и гальваническіе элементы.

#### Опытъ Гальвани.

Въ 1791 г. Гальвани въ своемъ сочиненіи: «de viribus electricitatis de motu musculari commentarius» — описываетъ слѣдующій опытъ: «Если держать одну лапку лягушки такимъ образомъ, чтобы ея позвоночный столбъ касался серебряной пластинки, а другая лапка при этомъ свободно падала на ту же пластинку, то въ моментъ прикосновенія второй лапки къ серебряной пластинкѣ — ея мускулы сокращаются, а сама лапка вслѣдствіе этого поднимается вверхъ; затѣмъ сокращеніе мускуловъ прекращается и лапка падаетъ внизъ, но, прикоснувшись къ серебряной пластинкѣ, поднимается по той же причинѣ опять вверхъ, и продолжаетъ такимъ образомъ попеременно подниматься и падать, при чемъ эта лапка къ немалому удивленію и удовольствію наблюдателя получаетъ сходство съ электрическимъ маятникомъ». (См. рис. 1).



рис. 1.

Для повторенія этого опыта надо убить лягушку, быстро снять съ нее кожу, перерѣзать ножницами позвоночный столбъ и обнажить оба конечныхъ нерва, которые имѣютъ видъ двухъ толстыхъ нитокъ. Затѣмъ прикасаются къ одному изъ нервовъ и къ мускуламъ соответствующей лапки посредствомъ концовъ мѣдной и цинковой проволоки, другіе концы которыхъ скручены другъ около друга или же припаяны (см. рис. 2). При этомъ прикосновеніи мускулы сокращаются, какъ у живой лягушки.

Спустя полчаса послѣ смерти лягушки сокращенія мускуловъ дѣлаются уже едва замѣтными.

Вышеописанное явленіе зависитъ отъ многихъ причинъ, изъ которыхъ важнѣйшая состоитъ въ томъ, что соединенные металлы, мѣдь и цинкъ прикасаясь къ сырому мясу и нерву, образуютъ гальваническій элементъ или электрическій столбъ.

Другой, еще болѣе простой, физиологической, то есть дѣйствующій на мускулы и нервы, опытъ можно произвести такъ: подъ языкъ

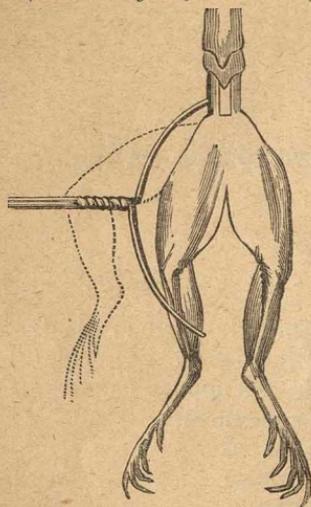


рис 2.

помѣщаютъ кусокъ серебра (напр. монету или ручку серебряной ложки), или мѣдную пластинку, на языкъ же кладутъ пластинку изъ цинка или желѣза; лишь только внѣшніе концы пластинокъ будутъ приведены въ соприкосновеніе, лицо, производящее опытъ, ощутитъ на языкѣ присутствіе «тока» и въ тоже время неприятный, стягивающій, вкусъ во рту, происходящій отъ разложенія слюны и растворенія цинка. Если перемѣнить мѣста металловъ, то вкусъ получается кислый.

Лица, у которыхъ имѣются пломбированные зубы, знаютъ очень хорошо, что если коснуться одного изъ такихъ зубовъ мѣдью, или какимъ нибудь другимъ металломъ, то они въ моментъ такого прикосновенія ощущаютъ сильную боль.

Если на верхнее вѣко положить полоску цинка, смоченную водой, а въ ротъ взять мѣдную полоску и затѣмъ соединить обѣ полоски проволокой, или вообще чѣмъ нибудь металлическимъ, то при каждомъ соединеніи полосокъ ощущаютъ мерцаніе свѣта. Можно также обѣ эти полоски положить между челюстями и щекой и затѣмъ соединить ихъ снаружи. При каждомъ такомъ соединеніи полосокъ ощущаютъ съ закрытыми глазами нѣчто въ родѣ слабой молніи.

Возьмите цинковую пластинку и положите на нее пластинку мѣди нѣсколько поменьше, на эту послѣднюю положите пиявку; когда пиявка, стремясь уйти съ мѣдной пластинки, прикасается частью своего тѣла къ цинковой пластинкѣ, то она немедленно возвращается обратно на мѣдную.

Всѣ вышеупомянутыя явленія основаны на томъ, что при соприкосновеніи двухъ различныхъ металловъ съ водою образуется «гальваническій или электрическій токъ», который при вышеприведенныхъ опытахъ былъ настолько слабъ, что его нельзя было ути-

лизировать. На этомъ принципѣ основано устройство гальваническихъ элементовъ и столбовъ, изъ числа которыхъ опишемъ, сдѣлавшійся историческимъ,

### Вольтовъ столбъ.

Этотъ столбъ составляется изъ квадратныхъ или круглыхъ (около 10 сантиметровъ въ діаметрѣ) мѣдныхъ и цинковыхъ пластинокъ, которыя накладываются попеременно одна на другую, при чемъ каждая пара отдѣляется отъ другой суконной или картонной пластинкой, смоченной соленой водой или слабой сѣрной кислотой (см. рис. 3). Расположеніе пластинокъ будетъ значить такое: мѣдь, цинкъ, сукно; мѣдь, цинкъ, сукно и т. д.; черезъ это и образуется столбъ, откуда ясно и названіе элемента. Прежде дѣлали вольтовы столбы изъ серебрянныхъ монетъ и цинковыхъ кружковъ. Къ верхней и нижней пластинкамъ припаиваются обыкновенно мѣдныя проволоки, которыя и служатъ проводниками тока.

Улучшенный видъ вольтова столба представляетъ

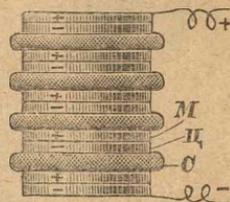


рис. 3.

### Элементъ Вальстона.

Въ этомъ элементѣ цинковая пластинка имѣетъ 8 см. \*) ширины и 15 см. высоты и окружена съ обѣихъ сторонъ согнутой мѣдной пластинкой (рис. 4). Взаимное соприкосновеніе металловъ предупреждается прокладками изъ небольшихъ ( $1/2$ —1 см. толщ.) кусочковъ дерева. Совокупность мѣдной и цинковой пластинокъ достигается обмоткой изъ вощеного или парафинированнаго шнурка. Элементъ Вальстона годится лишь для непродолжительныхъ опытовъ. Въ 1808 году Дэви произвелъ при помощи 2000 такихъ элементовъ свои знаменитые опыты надъ вольтовой дугой.

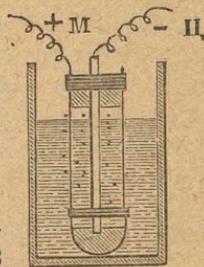


рис. 4.

\*) Такимъ образомъ мы будемъ сокращенно обозначать — сантиметръ, который равняется примѣрно  $3/8$  дюйма.

## Коксовый элементъ.

Этотъ элементъ весьма простъ, легко изготовляется, довольно силенъ для непродолжительныхъ опытовъ и притомъ дешевъ. На дно стекляннаго стакана помѣщаютъ спираль изъ толстой мѣдной проволоки и на ея восходящій конецъ надѣваютъ плотно прилегающую каучуковую трубочку (рис. 5). На мѣдную спираль насыпаютъ затѣмъ мелкіе кусочки кокса до  $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{4}$  высоты стакана. Изъ полосы листоваго цинкагибаютъ цилиндръ и подвѣшиваютъ его при помощи трехъ крючковъ къ верхнему краю стакана такъ, чтобы цилиндръ этотъ не касался кокса. Послѣ этого стаканъ наполняется растворомъ поваренной соли или слабой сѣрной кислотой (20 частей воды на 1 часть кислоты). Еще лучше употребить растворъ 2 частей двухромовокислаго натрія или калия \*) и 1 части сѣрной кислоты въ 20 частяхъ воды.

рис. 5.

Къ цинковому цилиндру принаиваютъ кусокъ мѣдной проволоки слѣдующимъ образомъ: нѣкоторую часть верхняго края цилиндра выскабливаютъ на чисто ножомъ и просверливаютъ въ этомъ мѣстѣ отверстие такой величины, чтобы въ него прошла та проволока, которую желаютъ припаять. Небольшой конецъ этой проволоки продѣваютъ въ это отверстие и загибаютъ къ верху, затѣмъ смачиваютъ мѣсто припоя паяльной жидкостью, состоящей изъ раствора цинка въ соляной кислотѣ (цинка надо взять избытокъ), накладываютъ небольшой кусочекъ олова и нагреваютъ пламенемъ спиртовой лампы.

Если мѣдь и цинкъ, составляющіе электроды какого нибудь элемента, соединить посредствомъ проволоки, то элементъ называется *замкнутымъ*, въ противномъ случаѣ элементъ *не замкнутъ* или *разомкнутъ*. Такъ какъ въ коковомъ-элементѣ, когда онъ не замкнутъ, цинкъ всетаки разѣдается кислотой, то для предупрежденія этого слѣдуетъ цинкъ вынимать изъ жидкости на то время, какъ элементъ стоитъ безъ употребленія.

Жидкость, подвергающаяся въ элементѣ разложенію, называется электролитомъ, а самый процессъ, при которомъ съ помощью элект-

\*) Двухромовокислый калий и натрій—вещества ядовитыя и потому надо обращаться съ ними осторожно. Кромъ того—слѣдуетъ всегда сѣрную кислоту вливать въ воду, а не на оборотъ; кислоту надо вливать въ воду постепенно, а не сразу, чтобы не повысилась сильно температура жидкости.

трическаго тока химическія соединенія подвергаются разложенію, называется—*электролизомъ*.

### Сосуды.

Для устройства элементовъ, кромѣ стеклянныхъ и фарфоровыхъ (фаянсовыхъ) стакановъ, можно употреблять и цвѣточные горшки, которые дѣлають непроницаемыми для воды и кислоты тѣмъ, что ихъ пропитываютъ жиромъ или парафиномъ при медленномъ подогрѣваніи. Равнымъ образомъ можно изготовлять сосуды для элементовъ изъ толстой папки, которой сперва придаютъ надлежащій видъ а затѣмъ уже склеиваютъ и пропитываютъ насквозь парафиномъ. Этимъ путемъ можно изготовлять для элементовъ очень дешевую посуду.

Бумага теперь въ модѣ: вѣдь изъ нее изготовляютъ нынѣ (не у насъ—конечно, а за границей) мебель, бутылки, колеса и даже—дома! отчего же не изготовлять изъ нее также и сосуды для элементовъ? Клей, который пригоденъ для склеиванія такихъ сосудовъ, изготовляется изъ обыкновеннаго клея или крахмала, съ при-, бавкою къ нему слабаго воднаго раствора двуххромокислаго кали- послѣ чего этотъ клей слѣдуетъ сохранять въ темнотѣ, такъ какъ иначе отъ дѣйствія свѣта онъ дѣлается нерастворимымъ.

На форму накладываютъ хорошую бумагу, которую смазываютъ вышепомянутымъ клеемъ, затѣмъ кладутъ вновь слой бумаги, который въ свою очередь смазываютъ клеемъ и такъ продолжаютъ до тѣхъ поръ, пока не получится слой достаточной толщины. Послѣ этого даютъ изготовленному бумажному сосуду высохнуть на солнцѣ и наконецъ пропитываютъ его вполнѣ кипящимъ парафиномъ или же морскимъ клеемъ. Подобные сосуды непроницаемы для кислотъ и раствора мѣднаго купороса. Морской клей готовятъ такъ: 1 часть небольшихъ кусковъ каучука (напр. каучук. трубки) растворяють въ 12 частяхъ бензина (каменноугольнаго, иначе называемаго—бензоломъ); къ этому раствору прибавляютъ 20 частей шеллака въ порошокѣ. При употребленіи этотъ клей очень осторожно подогрѣвають \*) и наносятъ при помощи кисти.

### Доказательства присутствія тока.

Выше нами было указано, какимъ образомъ можно убѣдиться въ присутствіи тока посредствомъ органовъ зрѣнія и вкуса. Болѣе удобный способъ основанъ на дѣйствіи тока на магнитную стрѣлку.

\*) Напримѣръ: не на голомъ огнѣ, а погружая стклянку съ клеемъ въ горячую воду.

Если проволоку, соединяющую электроды элемента, держать надъ магнитною стрѣлкой (см. рис. 6), свободно вращающейся на остріѣ, или же держать подѣ стрѣлкой, свободно подвѣшенной на некрученой шелковинкѣ, то въ обоихъ случаяхъ магнитная стрѣлка отклоняется отъ положенія сѣверо-юга.

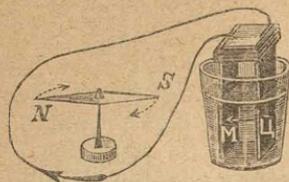


рис. 6.

Аппараты, устроенные на этомъ основаніи, называются *гальваноскопами*, или же *гальванометрами* если ихъ стрѣлка вращается надъ кругомъ съ дѣленіями. Если замкнутый элементъ (см. рис. 7) держать надъ чувствительной магнитной стрѣлкой, то она тоже отклоняется, что указываетъ на существованіе тока и внутри элемента, причѣмъ этотъ токъ направляется отъ цинка къ мѣди. Этотъ опытъ лучше всего удастся, если употребить элементъ, сдѣланный изъ стеклянной трубки (напр. изъ лампового стекла), въ концы которой вставлены двѣ пробки, изъ которыхъ черезъ одну проходитъ проволока отъ мѣдной, а черезъ другую—отъ цинковой пластинки; проволоки эти должны быть конечно соединены внѣ элемента, то есть элементъ долженъ быть при этомъ замкнутъ (см. рис. 7). Возбуждающей жидкостью служить слабая сѣрная кислота.

### Амальгамированіе.

Хотя для гальваническихъ элементовъ можно безразлично употреблять цинкъ всякаго достоинства, но токъ получается болѣе постоянный, то есть болѣе равномерной силы, если цинкъ химически чистъ. Такой цинкъ стоитъ дорого и потому довольствуются обыкновеннымъ, но зато покрываютъ его ртутью, т. е. амальгамируютъ его. Амальгамированіе можно производить разными способами, а именно:

1. Цинкъ погружаютъ въ разведенную водой соляную или сѣрную кислоту. Когда поверхность цинка сдѣлается чистой, тогда ставятъ его на тарелку, на дно которой налито нѣсколько ртути и слабой сѣрной кислоты. При помощи жесткой щетки (наприм. зубной), или же тряпки, привязанной къ палкѣ, натираютъ поверхность цинка (внѣшнюю и внутреннюю) до тѣхъ поръ, пока она не сдѣлается блестящей какъ серебро. Избытку ртути даютъ стечь и затѣмъ обмываютъ цинкъ чистой водой.

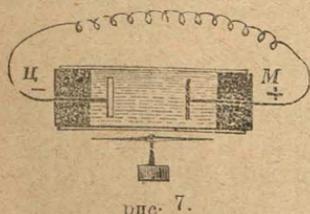


рис. 7.

2. Цинкъ, очищенный кислотой отъ грязи и жира погружаютъ въ концентрированный растворъ сѣрноокислой ртути, при чемъ поверхность цинка тоже покрывается ртутью. Растворъ называется концентрированнымъ, если онъ содержитъ въ себѣ столько даннаго вещества сколько можетъ быть растворено въ данномъ количествѣ воды при извѣстной температурѣ.

3. 300 граммъ \*) ртути растворяютъ въ 1000 гр. царской водки при осторожномъ нагрѣваніи. Царская водка готовится изъ 250 гр. азотной кислоты и 750 гр. соляной кислоты. Послѣ растворенія ртути приливаютъ при помѣшиваніи еще 1000 гр. соляной кислоты. Для амальгамированія цинковыя пластины или палочки погружаются на нѣсколько секундъ въ приготовленную выше сказаннмъ образомъ жидкость и затѣмъ обмываются водой.

При дѣйствіи элементовъ ртуть не принимаетъ непосредственнаго участія и, по мѣрѣ уничтоженія цинка, падаетъ на дно сосуда, гдѣ и собирается въ видѣ шариковъ, которые можно опять употребить въ дѣло.

### Соединение элементовъ.

Если имѣютъ нѣсколько одинаковыхъ элементовъ, то ихъ электроды можно соединить двояко: 1) *последовательно*, или *на напряженіе*, когда соединяютъ мѣдный электродъ (положительный полюсъ) одного элемента съ цинковымъ электродомъ — (отрицательнымъ полюсомъ) — другаго и затѣмъ также поступаютъ и съ другими элементами (см. рис. 8). 2) *Параллельно*, или *на количество*, элементы

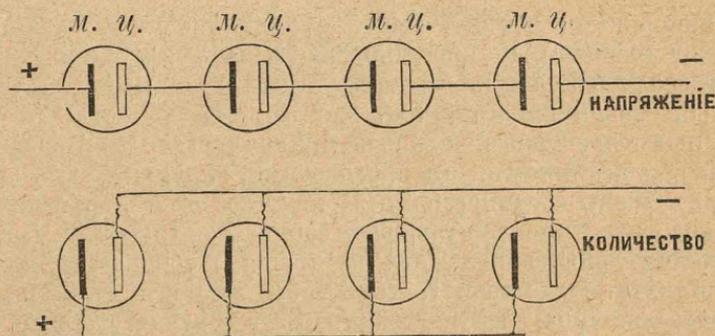


рис. 8 и 9.

\*) Въ 1 русскомъ фунтѣ содержится 409 гр., такъ что 1 золотникъ равенъ  $4\frac{1}{4}$  граммамъ. См. таблицу франц. мѣръ и вѣсовъ, помѣщенную въ концѣ книги.

соединяются такимъ образомъ, что соединяютъ вмѣстѣ всѣ положительные полюса, тоже дѣлаютъ и съ отрицательными полюсами (см. рис. 9).

### Разложение воды при помощи элементовъ.

Вода можетъ быть разложена на свои составныя части,—водородъ и кислородъ, — при дѣйствіи тока трехъ элементовъ, соединенныхъ послѣдовательно или на напряженіе. Берутъ двѣ стеклянныя трубочки, діаметромъ въ 1 см. и длиною въ 15—20 см., затыкаютъ ихъ съ одного конца хорошо подобранными пробками, черезъ которыя пропущены тонкія пластинки изъ свинца или платины. Эти

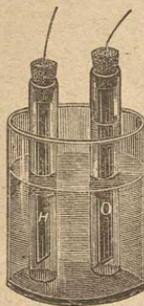


рис. 10.

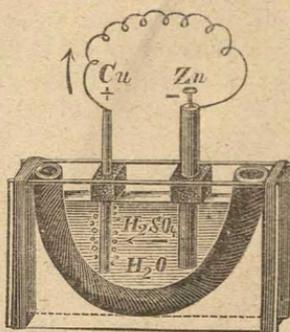


рис. 11.

трубочки наполняютъ затѣмъ слабой сѣрной кислотой (1 часть кислоты на 20 ч. воды) и опрокидываютъ ихъ, зажавши на время нижнія отверстія пальцами, въ стеклянный сосудъ съ водой, тоже наполненный слабой кислотой (см. рис. 10). Если теперь соединить концы мѣдныхъ проволокъ, которыя припаяны къ свинцовымъ или платиновымъ пластинкамъ, съ проволоками, идущими отъ электродовъ нашихъ трехъ соединенныхъ элементовъ, то въ трубочкахъ появятся около пластинокъ пузырьки газовъ. Въ трубочкѣ, соединенной съ отрицательнымъ полюсомъ батареи \*), собирается водородъ, который обозначаютъ буквой H (отъ Hydrogenium); въ другой трубочкѣ, присоединенной къ положительному полюсу батареи, собирается кислородъ, обозначаемый буквой O (отъ Oxygenium). На 1 объемъ кислорода въ одной трубочкѣ собирается 2 объема водорода въ

\*) Батарея называется совокупность нѣсколькихъ элементовъ.

другой. Составъ воды изображается поэтому химиками такъ —  $H_2O$ . Смѣсь обоихъ газовъ, кислорода и водорода, въ вышеуказанномъ отношеніи, называется гремучимъ газомъ, такъ какъ она, будучи зажжена, производитъ сильный взрывъ, сопровождаемый громкимъ трескомъ. Соединенные такимъ образомъ газы даютъ опять воду.

### Химическія дѣйствія, происходящія въ элементѣ.

#### а. 1-й опытъ (см. рис. 11).

Берутъ двѣ стеклянныя прямоугольныя пластинки и между ними зажимаютъ согнутую полукругомъ каучуковую трубку; концы пластинокъ перевязываютъ бичевкой. Въ образовавшийся такимъ образомъ сосудъ наливаютъ слабой сѣрной кислоты. Въ эту жидкость опускаютъ сперва чистую мѣдную проволоку, продѣтую сквозь пробку затѣмъ, чтобы проволока могла держаться вертикально въ жидкости. Послѣ введенія мѣдной проволоки въ жидкость, не замѣчается никакого химическаго дѣйствія; равнымъ образомъ не произойдетъ никакого химическаго дѣйствія, если погрузить въ жидкость и палочку изъ чистаго, или же амальгамированнаго цинка. Если же соединить верхніе концы цинковой и мѣдной палочекъ проволокой, то около мѣдной палочки появляются въ жидкости многочисленныя пузырьки, состоящіе изъ водорода.

Если разъединить верхніе концы палочекъ, но привести въ соприкосновеніе въ самой жидкости ихъ нижніе концы, то и въ этомъ случаѣ тоже появляются пузырьки водорода.

Подобное же явленіе имѣетъ мѣсто и тогда, когда вмѣсто мѣди, взять уголь или платину. При погруженіи въ жидкость *нечистаго* цинка происходитъ тоже выдѣленіе водорода, даже безъ соединенія электродовъ.

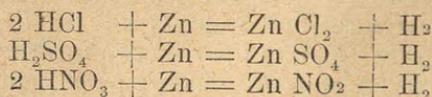
#### б. Объясненіе.

Обыкновенныя кислоты: соляная, сѣрная и азотная, могутъ быть разсматриваемы, какъ состоящія изъ двухъ частей: одной-электроположительной и другой — электроотрицательной. Соляная кислота (иначе — хлористоводородная) состоитъ изъ водорода  $H$  (Hydrogenium) и хлора  $Cl$  (Chlorum) и изображается формулой  $HCl$  Сѣрная кислота состоитъ изъ двухъ частей водорода  $H_2$  и сложнаго вещества  $SO_4$ , въ составъ котораго входитъ сѣра  $S$  (Sulphur) и четыре части кислорода  $O_4$  (Oxygenium), такъ что формула сѣр-

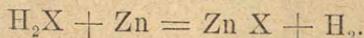
ной кислоты есть  $H_2SO_4$ . Азотная кислота состоитъ изъ водорода Н и изъ сложнаго вещества  $NO_3$ , состоящаго изъ азота N (Nitrogenium) и трехъ частей кислорода  $O_3$ . Во всѣхъ этихъ кислотахъ водородъ есть вещество электроположительное, а другія части ихъ — электроотрицательныя.

Если цинкъ дѣйствуетъ на кислоту, то онъ вытѣсняетъ водородъ и соединяется съ электроотрицательною частью кислоты. При этомъ кислота постепенно теряетъ свои кислотныя свойства, то есть она нейтрализуется. 1 атомъ цинка замѣщаетъ два атома водорода, такъ что нужны двѣ частицы соляной кислоты для соединенія съ однимъ атомомъ цинка.

Въ тѣхъ элементахъ, въ которыхъ электрическій токъ является результатомъ дѣйствія кислоты, происходятъ и слѣдующія реакціи:



или вообще, если обозначить электроотрицательную часть кислоты буквою X, имѣемъ



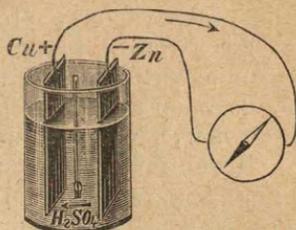
Изъ предъидущаго видно, что ни одинъ изъ описанныхъ до сихъ поръ элементовъ не можетъ дать тока, безъ уничтоженія нѣкотораго количества цинка. Наоборотъ, чѣмъ больше и скорѣе расходуется цинкъ, тѣмъ сильнѣе развиваемый элементомъ токъ. Цинкъ расходуется полезно, если этотъ расходъ происходитъ только во время работы элемента, т. е. когда онъ замкнутъ. Если же происходитъ расходъ цинка въ незамкнутомъ элементѣ, то этотъ расходъ совершенно непроизводителенъ и его надо избѣгать. Поэтому то и не слѣдуетъ употреблять для элементовъ обыкновенный продажный (нечистый) цинкъ, такъ какъ кислоты разѣдаютъ такой цинкъ даже тогда, когда элементъ не замкнутъ. Химически чистый цинкъ хотя и противостоитъ дѣйствію кислотъ, но его трудно достать и онъ кромѣ того дорогъ; поэтому слѣдуетъ употреблять цинкъ амальгамированный, который противостоитъ дѣйствію кислотъ подобно чистому цинку.

### 2-й опытъ.

Возьмемъ опять мѣдно-цинковый элементъ и помѣстимъ между его электродами термометръ. Повышеніе ртути въ термометръ ука-

жетъ намъ развитіе въ элементѣ теплоты, вслѣдствіе растворенія цинка въ кислотѣ (см. рис. 12).

Если затѣмъ присоединимъ проволоки отъ электродовъ къ гальваноскопу, то стрѣлка его значительно отклонится отъ ея направленія сѣверо-юга. Въ тоже время термометръ не укажетъ уже болѣе на сильное повышение температуры.



Выводы.

рис. 12.

Пока въ элементѣ токъ не замкнутъ, до тѣхъ поръ химическое дѣйствіе или энергія преобразовывается въ теплоту или тепловую энергію. При замыканіи элемента появляется электрическій токъ и тогда химическая дѣятельность лишь частью расходуется на теплоту, а другая ея часть идетъ на развитіе электрическаго тока. Въ элементѣ токъ идетъ по соединительной проволокѣ отъ анода, т. е. положительнаго электрода (мѣди), къ катоду, т. е. отрицательному электроду (цинку). Внутри же элемента токъ идетъ отъ катода (цинка), отъ металла, который растворяется, къ аноду (мѣди)—къ металлу, который не подвергается дѣйствию кислоты. Та сила, которая въ гальваническомъ элементѣ производитъ токъ и заставляетъ его проходить по внѣшней цѣпи, т. е. по проволокѣ, соединяющей электроды, называется *электровозбудительной силой*. Обозначаютъ эту силу латинской буквой *E*, а практическая единица этой силы называется — *вольтъ* и обозначается буквой *V*.

Названіе электрическій «токъ» указываетъ на сходство теченія электричества съ теченіемъ воды.

Сравненія.

Представимъ себѣ, что насосы нагнетаютъ воду въ высоко поставленный резервуаръ, соединенный съ сѣтью трубъ. Вода, подчиняясь силѣ тяжести и слѣдуя закону сообщающихся сосудовъ, стремится по этой сѣти трубъ достигнуть равновѣсія, т. е. подняться на ту же высоту. Это стремленіе воды, производящее въ трубахъ извѣстный напоръ, давленіе, напряженіе, есть именно потенциальная энергія (энергія положенія), которой величина тѣмъ болѣе, чѣмъ выше поднята вода. Эта потенциальная энергія воды соотвѣтствуетъ понятію «электровозбудительная сила» (напряженіе тока, потенциалъ). Если желаютъ сравнить между собою высоты разныхъ резервуаровъ

съ водой, то надо принять высоту какой нибудь одной поверхности за исходную, за нулевую, отъ которой и опредѣляютъ затѣмъ положеніе резервуаровъ. Подобно этому и при измѣреніи теплоты установлена нулевая точка, а именно температура тающего льда. Для электричества нулевой поверхностью (потенціалъ—нуль) служитъ земля, подобно тому, какъ для водяныхъ поверхностей исходной точкой служитъ уровень моря.

Источникъ электрическаго тока можно также сравнить съ воздушнымъ насосомъ, который нагнетаетъ воздухъ въ замкнутое со всѣхъ сторонъ помѣщеніе. Газъ, находящійся подъ давленіемъ въ нѣсколько сотъ атмосферъ, обладаетъ громаднымъ напряженіемъ, очень высокимъ потенциаломъ, большой двигательной силой. Такимъ образомъ сжатый газъ вылетаетъ изъ небольшого сосуда съ громкимъ шипѣніемъ, свистомъ и ударами; это подобно разряду лейденской банки: одинъ сильный трескъ и ударъ — вотъ и все. Если, напротивъ того, нагнетать воздухъ съ умѣренной силой въ большой резервуаръ, то онъ будетъ вытекать изъ него медленно и безъ шума, но такъ, что будетъ въ состояніи произвести какую нибудь работу. Подобную работу производить и электрическій токъ гальваническихъ элементовъ, который течетъ непрерывно, хотя и съ небольшимъ напряженіемъ. Работа этого тока проявляется какъ свѣтъ, теплота, звукъ, механическое движеніе или какъ химическая сила.

Когда вода течетъ по трубамъ, то мы обращаемъ вниманіе не только на высоту ея паденія (напоръ, давленіе), но также и на *силу* ея теченія, т. е. на количество напр. ведеръ, протекающихъ въ минуту; кромѣ того мы опредѣляемъ и то треніе о стѣнки трубъ, т. е. *сопротивленіе*, которое эти стѣнки оказываютъ движенію воды. Подобнымъ образомъ и гальваническій токъ встрѣчаетъ *сопротивленіе*, какъ внутри самаго элемента, такъ и внѣ его, въ соединительномъ проводникѣ—во внѣшней цѣпи. Сила тока тѣмъ болѣе, чѣмъ болѣе электровозбудительная сила и чѣмъ менѣе сопротивленіе. Практическая единица силы тока есть *амперъ*, а такая же единица сопротивленія — есть *омъ*. Силу тока принято обозначать буквой *I*, а сопротивленіе — буквой *R* \*). Сила тока, электровозбудительная сила и сопротивленіе, связаны между собою такъ  $I = \frac{E}{R}$ , т. е. сила тока равна электровозбудительной силѣ, раздѣленной на сопротивленіе. Эта формула есть выраженіе закона Ома, котораго доказательство будетъ приведено дальше.

\*) *I*—отъ франц. слова *intensité*, а *R*—отъ франц. слова *résistance*,

## Поляризація \*).

Нашъ простой элементъ, состоящій изъ мѣди, цинка и подкисленной воды, отличается сильнымъ выдѣленіемъ водорода и быстрымъ уменьшеніемъ силы тока, что можно замѣтить по уменьшенію угла отклоненія стрѣлки гальваноскопа. Водородъ осаждается отчасти на поверхности мѣди и такъ какъ онъ плохой проводника электричества, то и увеличиваетъ внутреннее сопротивленіе элемента, а это сопротивленіе существенно, ибо электрическая энергія, являющаяся у цинковой пластинки, въ своемъ поступательномъ движеніи къ мѣдной пластинкѣ, должна преодолѣть сопротивленіе жидкости и кромѣ того—водорода. Водородъ же, будучи электроположительнымъ, уменьшаетъ электроотрицательное вліяніе мѣди (см. рис. 13). Водородъ является такимъ образомъ источникомъ

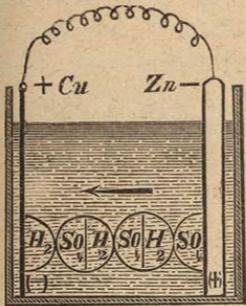


рис. 13.

*противуположной электровозбудительной силы.* Если мы, послѣ нѣкотораго времени дѣйствія элемента, быстро замѣнимъ цинковую пластинку—чистой мѣдной и затѣмъ опять соединимъ полюсы съ гальваноскопомъ, то увидимъ, что стрѣлка гальваноскопа отклонится въ противоположную сторону, указывая, что поляризованная мѣдная пластинка дѣйствуетъ подобно цинковой.

## Положенія.

Поляризація увеличивается по мѣрѣ усиленія главнаго тока, а при постоянной величинѣ главнаго—съ уменьшеніемъ поверхности электродовъ (мѣдной и цинковой пластинокъ элемента); поляризація зависитъ отъ природы электролита (жидкости элемента) и уменьшается по мѣрѣ повышенія температуры электролита (см. описаніе аккумуляторовъ).

Поляризацію старались уничтожить путемъ механическимъ и химическимъ:

1) Пробовали дѣлать поверхность отрицательнаго электрода шероховатой; пробовали приводить въ движеніе жидкость или же электроды (кругообразныя цинковыя и мѣдныя пластинки вращали около оси).

\*) Поль—по греч. значитъ: противуположеніе, поворотный пунктъ.

2) Единственный *практический* путь уничтоженія поляризаціи есть путь *химическій*. Если отрицательный электродъ окружить жидкостью, которая жадно поглощаетъ водородъ, то задача разрѣшена. Мы покажемъ, что это именно достигнуто въ элементѣ Даниеля.

### Элементъ Даниеля.

Этотъ элементъ устроенъ впервые въ 1836 г. и есть старѣйшій изъ всѣхъ элементовъ, дающихъ долгое время равномерный токъ. Въ стеклянный сосудъ наливаютъ растворъ мѣднаго купороса (сѣрно-кислой мѣди или сѣрномѣдной соли,  $\text{CuSO}_4$ ) и вставляютъ въ него мѣдный листъ, согнутый цилиндрически (см. рис. 14). Кромѣ того въ середину стакана помѣщаютъ пористый глиняный стаканъ, изъ обожженной—но не глазурированной—глины, который наполненъ растворомъ цинковаго купороса (сѣрнокислаго цинка или сѣрноцинковой соли,  $\text{ZnSO}_4$ ); въ этотъ растворъ вставляютъ палочку, или цилиндръ, изъ амальгамированного цинка. вмѣсто раствора цинковаго купороса въ пористый стаканъ можно налить слабой сѣрной кислоты (10%). Можно обойтись и безъ стекляннаго стакана, взявши вмѣсто него цилиндръ изъ листовой мѣди съ такимъ же дномъ.

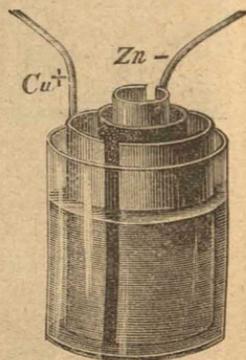


рис. 14.

Этотъ элементъ имѣетъ особенное практическое значеніе въ томъ отношеніи, что его электровозбудительная сила (напряженіе тока) почти равна *одному вольту*, т. е. практической единицѣ напряженія. Точная величина электровозбудительной силы элемента Даниеля равна 1,08 V при 25% раствора цинковаго купороса въ пористомъ стаканѣ. Если вмѣсто раствора цинковаго купороса употребляютъ слабую (8—10%) сѣрную кислоту, то напряженіе почти равно 1 вольту, т. е. оно равно 0,97 V. Внутреннее сопротивленіе элемента Даниеля равно 2,8 ома. При этомъ замѣтимъ, что практическая единица сопротивленія — омъ, есть сопротивленіе столба ртути, имѣющаго длину въ 106 сантиметровъ и 1 квадратный мм. поперечнаго сѣченія. Примерно сопротивленіе 48 метровъ обыкновенной мѣдной проволоки діаметромъ въ 1 мм. равно сопротивленію въ 1 омъ. Прежде за единицу сопротивленія принимали сопротивленіе столба ртути длиною въ 100 см. при площади сѣченія въ 1  $\square$  мм.; такая единица называется единицей Сименса.

Если по проводнику, котораго сопротивление равно 1 ому, проходит токъ съ напряженіемъ въ 1 вольтъ, то сила этого тока равна 1 амперу. Амперъ—есть единица силы тока.

Подобно тому, какъ при употребленіи паровой машины подъ выраженіемъ «лошадь-часъ» понимаютъ работу, произведенную одной паровой лошадиной силой въ теченіи одного часа, такъ и выраженіе «амперъ-часъ» означаетъ собою то количество электричества, которое даетъ токъ силою въ 1 амперъ въ теченіи одного часа. Количество тока, производимое въ 1 секунду токомъ въ 1 амперъ, называется кулономъ, откуда слѣдуетъ, что 1 амперъ-часъ равенъ 3600 кулонамъ.

### Пористые сосуды.

Хотя глиняные стаканы и не особенно дороги, но ихъ можно изготовлять и самому. Выбираютъ возможно чистую глину, мнутъ ее съ небольшимъ количествомъ воды, удаляютъ при этомъ камешки и стараются получить мягкую пластичную массу. Для формы берутъ цилиндрической кусокъ дерева, обвертываютъ его сперва листомъ бумаги, а затѣмъ уже сверху бумаги накладываютъ слой глины толщиной въ 2—3 мм. Бумага прокладывается для того, чтобы можно было снять глиняный сосудъ съ формы. Когда глиняная масса нѣсколько затвердѣетъ, то деревянную форму вынимаютъ и даютъ глиняному стакану высохнуть въ теплой комнатѣ или на солнцѣ. Если при ударѣ пальцами цилиндръ издаетъ металлическій звукъ, то онъ достаточно высохъ и его можно, внеся въ огонь, обжечь при красномъ каленіи. Чтобы сдѣлать глиняные стаканы болѣе пористыми, подмѣшиваютъ къ глинѣ мелко истолченный древесный уголь.

При обращеніи съ пористыми стаканами—надо принимать слѣдующія предосторожности. Въ элементахъ съ растворомъ мѣднаго купороса надо пропитывать доньшки пористыхъ стакановъ саломъ или парафиномъ, чтобы предупредить отложеніе мѣди. Чтобы хорошо отмыть пористые стаканы, уже бывшіе въ употребленіи, ихъ сперва ополаскиваютъ, а затѣмъ погружаютъ на нѣкоторое время совершенно въ воду. Такое отмачиваніе въ водѣ предупреждаетъ выкристаллизацию солей по верхнимъ краямъ стакановъ; эта кристаллизация солей быстро портитъ стаканы. При сборкѣ элементовъ, надо сперва пропитать пористые сосуды не растворомъ мѣднаго купороса, а слабой сѣрной кислотой. Кроме того надо налить въ пористые стаканы сѣрную кислоту на  $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{5}$  выше, чѣмъ налить въ наружный сосудъ растворъ мѣднаго купороса. Это дѣлается для того,

чтобы устранить проникновение этой жидкости, какъ болѣе тяжелой, въ пористый стаканъ къ цинку.

Изъ палки готовятъ два цилиндра такъ, чтобы одинъ входилъ въ другой и промежутокъ между ихъ стѣнками былъ бы 2 — 3 мм. Если въ это промежуточное пространство налить гипсового раствора, то по его отвердѣннн получится гипсовый стаканъ, который можно пропитать еще растворомъ жидкаго стекла. Черезъ это гипсовые стаканы приобрѣтаютъ большую крѣпость и кромѣ того дѣлаются лучше проводящими токъ.

Изъ пергаментной бумаги тоже могутъ быть изготовлены пористые стаканы.

Пористые сосуды въ элементѣ Даниеля съ теченіемъ времени разрушаются отъ той мѣди, которая отлагается въ ихъ порахъ. Старались по этому найти возможность избѣжать употребленія пористыхъ сосудовъ. Слѣдующіе элементы принадлежатъ къ этому типу.

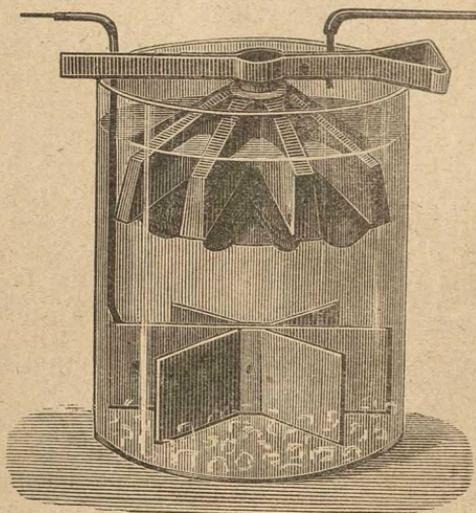


рис. 15.

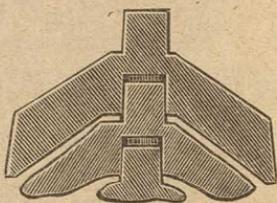
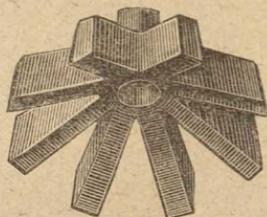


рис. 16 и 17.

### Элементъ Калло.

См. рис. 15—17. На дно стакана помѣщаютъ мѣдную или свинцовую пластинку, или же свинцовую звѣзду (см. рис. 15), отъ которой идетъ мѣдная изолированная проволока. Затѣмъ стаканъ

наполняютъ до  $\frac{1}{3}$  его высоты кристаллами мѣднаго купороса. На эти кристаллы осторожно наливаютъ чистую или слегка подкисленную воду. Можно также налить слабый растворъ поваренной соли или сѣрнистой магнезiи. Внизу въ жидкости растворяются кристаллы купороса, а вверху жидкость остается чистою; обѣ части жидкости не смѣшиваются, если элементъ стоитъ въ покоѣ, такъ какъ растворъ мѣднаго купороса тяжелѣе и остается на днѣ сосуда. Цинкъ подвѣшивается къ верхнимъ краямъ стакана.

Инфревиль придумалъ хорошую форму цинковъ для элемента Калло. Эта форма цинковыхъ электродовъ изображена на рисункахъ 16 и 17. Цинкъ имѣетъ видъ звѣзды съ восемью лучами. На верху имѣется коническій выступъ, а внизу коническое же отверстие. Такимъ образомъ въ одинъ цинкъ можетъ быть вставленъ другой, а въ другой — третiй. Для отвода тока и для поддержки цинковаго электрода служитъ мѣдный пружинный зажимъ, который упирается концами на края стакана. Когда замѣчаютъ, что нижнiй цинкъ настолько развѣденъ, что токъ элемента ослабъ, тогда вынимаютъ цинкъ изъ зажима, вставляютъ въ зажимъ сперва новый цинкъ, заѣмъ въ него уже менѣе отработанный, а развѣденный цинкъ удаляютъ.

### Элементъ Кабарэ.

Этотъ элементъ представляетъ собою видоизмѣненiе элемента Калло. Мѣдная пластинка съ мѣднымъ проводомъ, изолированнымъ гуттаперчею, замѣнена свинцовымъ цилиндромъ, отъ 3 до 5 см. въ диаметръ. Нижняя часть этой свинцовой трубки надрѣзана въ видѣ лапокъ, которыя отогнуты нѣсколько въ сторону. Этими лапками свинцовый цилиндръ опирается на дно стакана (см. рис. 18).

Цинковый цилиндръ подвѣшивается къ верхнему краю стакана. Жидкость наливается та же, что и въ элементъ Калло, а въ свинцовый цилиндръ насыпаютъ кристаллы мѣднаго купороса. Свинецъ не подвергается въ этомъ элементѣ никакимъ измѣненiямъ и потому можетъ служить долгое время, надо только подбавлять въ него отъ времени до времени кристаллы мѣднаго купороса.

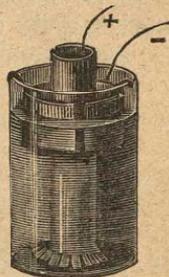


рис. 18.

### Элементъ Мейдингера.

Въ этомъ элементѣ, изобрѣтенномъ въ 1889 г., тоже нѣтъ пористаго стакана. Стекланный сосудъ элемента Мейдингера суженъ

къ низу и на этомъ уступѣ устанавливается цинковый цилиндръ (см. рис. 19). На дно сосуда помещается небольшой стеклянный стаканъ, котораго верхній край приходится нѣсколько выше суженія сосуда. Въ этотъ стаканчикъ вставляется мѣдный цилиндръ, служащій положительнымъ электродомъ. Стеклянный сосудъ, снизу ко-

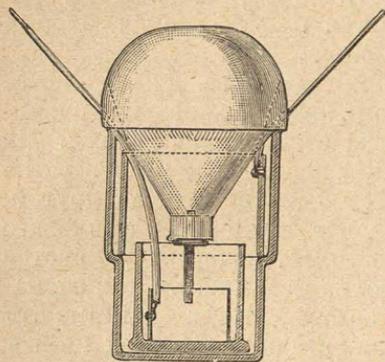


рис. 19.

нической, а сверху оканчивающійся полусферомъ, наполняется кристаллами мѣднаго купороса и водой. Узкое горло конуса этого сосуда заткнуто пробкой, черезъ которую проходитъ тонкая стеклянная трубка; величиною отверстия этой трубочки опредѣляется поступленіе жидкости изъ баллона въ маленькій стаканчикъ, а черезъ это регулируется ея расходъ и сила тока. Конусообразный баллонъ вставляется въ стеклянный стаканъ элемента горлышкомъ внизъ и опирается расширенной частью полушара—на стѣнки стакана. Эти элементы отличаются большимъ постоянствомъ тока, но сила ихъ, вслѣдствіе большого внутренняго сопротивленія, не велика. Электровозбудительная сила элемента Мейдингера равна почти одному вольту (0,952), а сопротивленіе равно 9,92 ома. Во внѣшній стаканъ элемента наливаютъ растворъ горькой магнезіальной соли (сѣрникойсой магнезіи). Элементъ Мейдингера въ большомъ употребленіи на телеграфныхъ линіяхъ.

### Элементъ Мейдингера, упрощенный Крестеномъ.

Элементъ Мейдингера, упрощенный русскимъ электротехникомъ г. Крестеномъ, изображенъ на рис. 20. Оба стакана этого элемента, большой *a* и маленькій *b*, суть не что иное, какъ простыя банки изъ зеленого стекла, которыя можно купить во всякой стеклянной лавкѣ. Эти банки служатъ обыкновенно для варенья. Большая банка имѣетъ 25 см. (около 10 дюйм.) высоты и 15 см. (около 6 дюйм.) въ поперечникѣ, малая же: — 11 см. (почти  $4\frac{1}{4}$  дюйм.) высоты и 8 см. ( $3\frac{1}{4}$  дюйм.) въ поперечникѣ. Цинковый цилиндръ *c* изготовляется изъ листового цинка толщиной въ 3 мм. ( $\frac{1}{8}$  дюйма), высота цинковаго цилиндра 15 см., діаметръ 12 см. ( $4\frac{3}{4}$  дюйм.). Верхній край цинка имѣетъ три боковыхъ выступа, которыми онъ держится на краѣ банки; одинъ изъ этихъ выступовъ дѣлается

длиннѣе и служить для укрѣпленія зажима. Само собою разумѣется, что цинкъ долженъ быть амальгамированъ. Стаканъ *a* накрывается деревянной крышкой *e*, у которой имѣется два отверстія: черезъ большее проходитъ ламповое стекло *f*, которое поддерживается резиновымъ кольцомъ или пробкой *i* такъ, чтобы нижній край стекла находился на нѣкоторомъ небольшомъ разстояніи отъ дна маленькаго стакана. Черезъ меньшее отверстіе крышки вставлена стеклянная трубка толщиной въ 1 см. ( $\frac{3}{8}$  дюйм.). Эта трубка возвышается надъ крышкой сантимет. на 4 ( $1\frac{1}{2}$  дюйм.), а въ стаканѣ она не доходитъ до дна сантимет. на 2 ( $\frac{3}{4}$  дюйм.). Ламповое стекло *f* имѣетъ внизу утолщеніе, на которое и надѣвается мѣдный цилиндрикъ *h*, свернутый изъ полоски мѣди; отъ этого цилиндрика идетъ вверхъ, черезъ нутро ламповаго стекла, мѣдная проволока — на концѣ которой укрѣпляютъ зажимъ *k*. Собираютъ этотъ элементъ такъ: на дно большаго стакана ставятъ маленькій стаканчикъ, затѣмъ подвѣшиваютъ цинковый цилиндръ и наливаютъ въ стаканъ слабый растворъ цинковаго купороса (сѣрникоислаго цинка— $ZnSO_4$ ), не доливая сантиметровъ 5 (дюйма 2) до верхняго края. Послѣ этого накрываютъ стаканъ крышкой, въ которую вставлены ламповое стекло съ мѣднымъ электродомъ и стеклянная трубочка. Ламповое стекло наполняютъ затѣмъ мелкими кристаллами мѣднаго купороса. Перемѣна жидкости въ большомъ стаканѣ производится безъ разборки элемента посредствомъ трубки *g*. Для этого на верхній конецъ трубки *g* надѣваютъ каучуковую трубку, которая должна быть длиннѣе всей стеклянной трубки раза въ полтора и предварительно наполнена водою, при чемъ ея нижній конецъ зажимаютъ зажимомъ. Послѣ снятія зажима изъ каучуковой трубки польется сперва вода, а затѣмъ и содержимое стакана *a*, т. е. насыщенный растворъ цинковаго купороса. Для налітія свѣжей жидкости поступаютъ такъ: на верхній конецъ трубки *g* надѣваютъ короткій кусокъ каучуковой трубки и вставляютъ воронку, черезъ которую и наливаютъ новый растворъ. Стоитъ подобный элементъ очень недорого, а служить долго и хорошо.

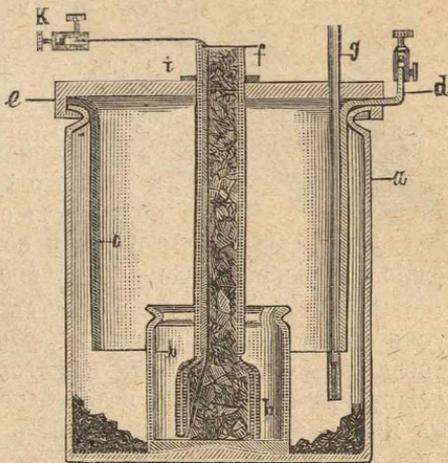


рис. 20.

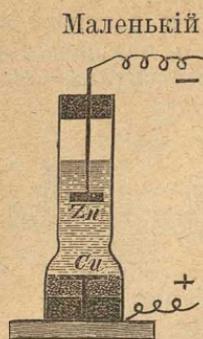


рис. 21.

Маленькій элементъ Мейдингера, дающій слабый, но постоянный токъ и потому годящійся для измѣреній, можно изготовить съ помощью ламповаго стекла. Оба конца ламповаго стекла затыкаются пробками (см. рис. 21); черезъ нижнюю пробку проходитъ мѣдная проволока толщиной въ 1 мм., къ этой проволоцѣ припаяна мѣдная пластинка Cu; черезъ верхнюю пробку тоже проходитъ проволока съ пластинкою изъ цинка Zn. Къ мѣдной пластинкѣ подсыпаютъ нѣкоторое количество кристалловъ мѣднаго купороса, а затѣмъ въ ламповое стекло наливаютъ слабый растворъ цинковаго купороса или горькой соли. Съ шестью такими элементами

можно произвести уже порядочное количество опытовъ.

Совсѣмъ простой элементъ можно сдѣлать такимъ образомъ: куски пропускной бумаги накладываютъ одинъ на другой такъ, чтобы получилась пачка нѣкоторой толщины; одну сторону пачки посыпаютъ порошкомъ изъ мѣднаго купороса, а другую—порошкомъ изъ цинковаго купороса; затѣмъ на одну сторону кладутъ мѣдную, а на другую—цинковую пластинку и, обхвативши все резинкой, — погружаютъ въ воду.

**Химическія явленія, происходящія въ элементахъ съ мѣднымъ купоросомъ.**

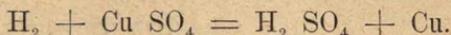
Всѣ элементы съ мѣднымъ купоросомъ обладаютъ тѣмъ преимуществомъ, что даютъ очень постоянный токъ, не выдѣляютъ никакихъ вредныхъ газовъ и въ нихъ употребляются дешевыя вещества. Недостатокъ этихъ элементовъ состоитъ въ томъ, что ихъ токъ слабоватъ и цинкъ расходуется, хотя въ небольшомъ количествѣ, и при не замкнутой цѣпи.

Въ элементѣ Даниеля — цинкъ растворяется въ сѣрной кислотѣ, образуя цинковый купоросъ и выдѣляя водородъ. Это химическое явленіе (реакція) можетъ быть изображено такъ:



Освобожденный водородъ проникаетъ черезъ пористую перегородку и приходитъ въ соприкосновеніе съ мѣднымъ купоросомъ. Средство водорода къ сѣрной кислотѣ больше, чѣмъ средство этой послѣдней къ мѣди, поэтому водородъ вытѣсняетъ мѣдь изъ мѣднаго купороса

и становится на ея мѣсто, мѣдь же осаждается на поверхности мѣднаго электрода, дѣлая ее болѣе шероховатой и потому болѣе дѣйствующей. Процессъ вытѣсненія мѣди водородомъ изъ мѣднаго купороса можно изобразить слѣдующей формулой (уравненіемъ).

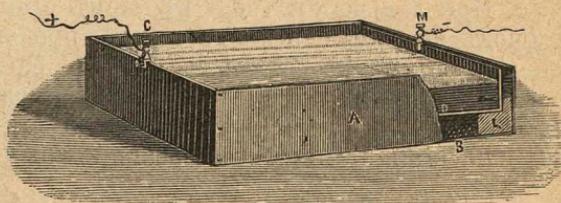


На рис. 22 изображено схематически-наглядно то, что выражено выше словами и посредствомъ формуль.

Элементъ Лаланда и Шаперона.

Этотъ элементъ отличается простотой устройства, постоянствомъ и силой тока, но его электровозбудительная сила не велика; въ началѣ дѣйствія она равна 0,9 V, а затѣмъ падаетъ до 0,8 и даже подь конецъ до 0,7 V.

Первоначальный видъ этого элемента былъ — ящичный. Брали плоскій желѣзный ящикъ, на дно котораго насыпали нѣкоторое количество окиси мѣди и затѣмъ наливали концентрированный растворъ ѣдкаго кали. По угламъ ящика помѣщали подставки изъ стекла, или изъ пропитаннаго параффиномъ дерева, и на эти подставки клали листъ амальгмированного цинка, снабженнаго выступомъ кверху для укрѣпленія зажима. Другой зажимъ укрѣплялся на одной изъ вертикальныхъ стѣнокъ желѣзнаго ящика. Листъ цинка долженъ быть покрытъ растворомъ ѣдкаго кали. Желѣзо представляетъ положительный полюсъ, а цинкъ — отрицательный. См. рис. 23.



фиг. 23.



рис. 22.

Впослѣдствіи элементу Лаланда и Шаперона придала форму бутылки (см. рис. 24). Внѣшній сосудъ этого элемента отлить изъ чугуна и служить положительнымъ полюсомъ. На дно этой чугунной бутылки насыпаютъ слой окиси мѣди. Горлышко сосуда V за-тыкается каучуковой пробкой G съ двумя отверстіями. Черезъ одно изъ этихъ отверстій проходитъ амальгмированный латунный стержень, къ верхнему концу котораго прикрѣпленъ борнъ (зажимъ) F, а къ

нижнему — цинковый цилиндръ *D* — тоже амальгамированный. Черезъ другое отверстие пробки *G* проходитъ короткая металлическая трубочка съ клапаномъ *H*, служащимъ для выхода газовъ. До закрытія сосуда *V* пробкой *G* въ него наливается 30 — 40% растворъ ѣдкаго кали въ водѣ.

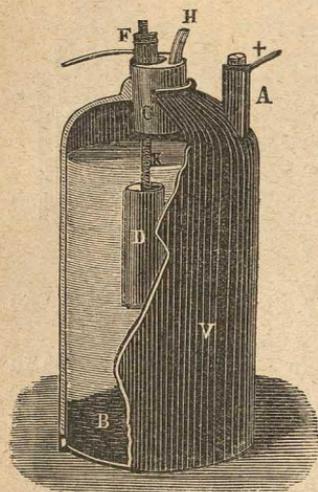
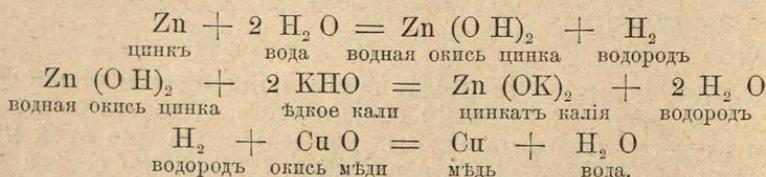


рис. 24.

Въ Америкѣ элементъ Лаланда и Шаперона былъ видоизмѣненъ Эдисономъ слѣдующимъ образомъ. Внѣшній сосудъ состоитъ изъ стекляннаго или фаянсоваго стакана (см. рис. 25), накрытаго сверху фаянсовой крышккой. Въ этой крышккѣ имѣются три отверстия; черезъ два изъ нихъ пропущена мѣдная рамка, въ которую внизу заката плитка изъ сильно спрессованнаго порошка окиси мѣди; черезъ третье отверстие проходитъ суженная кверху часть амальгамированной цинковой пластинки, которая заканчивается борномъ. Въ стаканъ наливается 30—40% растворъ ѣдкаго кали, а поверхъ него наливается еще небольшой слой минеральнаго масла, которое предохраняетъ ѣдкое кали отъ поглощенія углекислоты изъ воздуха. Этотъ предохранительный слой масла употребляется и въ вышеописанныхъ видоизмѣненіяхъ элемента Лаланда и Шаперона.

При замыканіи тока въ этомъ элементѣ разлагается вода, кислородъ которой окисляетъ цинкъ; при этомъ образуется сперва водная окись цинка, которая затѣмъ растворяется въ ѣдкомъ кали, образуя цинкатъ калия. Освободившійся водородъ дѣйствуетъ на окись мѣди, выдѣляя металлическую мѣдь и образуя воду. Только что описанныя химическія реакціи можно изобразить такъ:



Расходъ 1 грамма цинка соотвѣтствуетъ расходу 2 гр. ѣдкаго кали и 1,25 гр. окиси мѣди.

Ѣдкое кали получается изъ углекислаго калия (поташа) слѣдующимъ образомъ. Растворяютъ поташъ въ водѣ и кипятятъ въ желѣзномъ или мѣдномъ котелкѣ, прибавляютъ до насыщенья известковаго молока и кипятятъ послѣ этого покрайней мѣрѣ еще одинъ часъ, доливаютъ до прежняго объема водой и даютъ затѣмъ отстояться. Чистую жидкость сливаютъ съ осадка и выпариваютъ въ котелкѣ до консистенціи сиропа, послѣ чего выливаютъ всю массу на холодный камень. При этомъ Ѣдкое кали застываетъ въ видѣ бѣлой массы, которую затѣмъ разламываютъ на куски и сохраняютъ въ хорошо закупоренной стеклянной банкѣ.

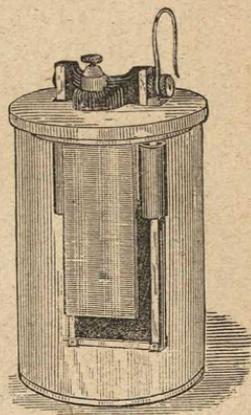


рис. 25.

Окись мѣди, которая служитъ въ этихъ элементахъ матеріаломъ для деполаризаціи, можно тоже приготовить самому. Берутъ мѣдныя стружки, или такіе же опилки, и нагреваютъ ихъ въ желѣзномъ котелкѣ, или же въ плавильномъ тиглѣ, до краснаго каленія и обрызгиваютъ ихъ водою, помѣшивая желѣзнымъ прутомъ, пока стружки или опилки не приобретутъ цвѣта охры. Кислородъ воздуха соединяется при возвышенной температурѣ съ мелкоиздробленной мѣдью и даетъ окись мѣди.

### Рядъ электрическихъ напряженій.

Если привести въ соприкосновеніе двѣ пластинки изъ различныхъ металловъ, прикрѣпленныя къ изолирующимъ рукояткамъ, то онѣ по соприкосновеніи наэлектризовываются. Въ слѣдующемъ ряду металловъ каждый металлъ при соприкосновеніи съ нижестоящимъ дѣлается электроположительнымъ, а при соприкосновеніи съ вышестоящимъ—электроотрицательнымъ. Вотъ этотъ рядъ:

+	Цинкъ . . . . .	0,70	вольта.
	Свинецъ . . . . .	0,45	»
	Олово . . . . .	0,40	»
	Желѣзо . . . . .	0,25	»
	Мѣдь . . . . .	0,10	»
	Серебро . . . . .	0,06	»
	Платина . . . . .	0,05	»
—	Золото . . . . .	0,00	»

Приводимыя цифры даютъ мѣру для электровозбудительной силы отдѣльныхъ металловъ одинъ относительно другаго въ вольтахъ; напряженія двухъ членовъ ряда равны разности соответствующихъ имъ чиселъ, какъ напр.:

Цинкъ—мѣдь = 0,60 вольта. Желѣзо—серебро = 0,19 вольта. Къ вышеприведенному ряду металловъ надо присоединить еще—уголь, графитъ и перекись марганца. На этомъ основаніи и замѣняютъ въ элементахъ мѣдную пластинку еще болѣе электроотрицательнымъ веществомъ углемъ или коксомъ.

### Угольные электроды.

Въ настоящее время угли для элементовъ изготовляются въ большомъ количествѣ и по дешевой цѣнѣ. Не смотря на это скажемъ нѣсколько словъ относительно домашнихъ способовъ приготовления этихъ углей.

Приготовление пластинокъ или цилиндровъ изъ кокса довольно затруднительно, такъ какъ коксъ весьма хрупокъ и при обработкѣ его пилой нерѣдко разсыпается въ порошокъ. Довольно удобно можно обрабатывать коксъ съ помощью грубаго песчаника (точильнаго камня).

По способу Щукина угольные электроды изготовляются слѣдующимъ образомъ. Смѣшиваютъ 2 части, мелко истолченнаго и просѣянаго черезъ кисейное сито, кокса съ 1 частью также просѣянаго жирнаго каменнаго угля и добавляютъ къ нимъ такое количество насыщеннаго раствора сахара въ водѣ (сиропа), чтобы размѣшанная масса приобрѣла связность и, сжатая между пальцами, не разсыпалась въ порошокъ. Затѣмъ составляютъ деревянную форму изъ 4 брусковъ безъ дна и вставляютъ въ нее коробочку изъ листоваго желѣза, которая должна быть чуть-чуть шире къ верху и плотно входитъ въ форму. Стѣнки деревянной формы должны быть вдвое выше стѣнокъ коробочки. Наложенную за одинъ разъ массу слегка нажимаютъ деревяннымъ брускомъ, сначала давленіемъ руки, потомъ легкими ударами молотка и наконецъ сильными. Вслѣдъ за утрамбовкой—срѣзаютъ излишекъ массы посредствомъ желѣзной пластинки, вырѣзанной такъ—чтобы часть ея входила на опредѣленную глубину въ форму, а плечи скользили бы по поверхности ея брусковъ. Слой массы, оставшійся послѣ срѣзанія ея избытка, долженъ быть немного выше стѣнокъ желѣзной коробочки. Послѣ удаленія избытка массы, на поверхность ея кладутъ дощечку, размѣ-

рами равную внутреннимъ размѣрамъ деревянной формы, но входящую въ нее свободно, и кладутъ подъ прессъ. Послѣ сдавливанія—коробочку съ массой осторожно вынимаютъ, покрываютъ ее другой такой же коробочкой, служащей ей крышкой, и связавъ ихъ проволокой помѣщаютъ въ печь. Когда уголь достаточно прокалится, что узнается по голубоватому огоньку, выходящему изъ щелей коробочекъ, то уголь вынимаютъ и даютъ ему остынуть. Уголь при этомъ выходитъ довольно плотный, сѣроватаго цвѣта, не слишкомъ хрупокъ и хорошо проводитъ токъ.

*Другой способъ.* 15 частей мелко истолченаго и просѣяннаго кокса смѣшиваютъ съ 8 частями сажи и 8 частями сахарнаго сиропа (или патоки); изъ полученной такимъ образомъ массы прессуютъ пластинки или цилиндры желаемыхъ размѣровъ и сперва сушатъ, а затѣмъ обжигаютъ безъ доступа воздуха. Если въ одной и той же формѣ хотятъ обжечь нѣсколько углей, то отдѣляютъ ихъ другъ отъ друга листами бумаги и порошкомъ кокса.

*Третій способъ.* Подходящій кусокъ дерева подвергаютъ очень медленному обугливанію безъ доступа воздуха. Полученный такимъ образомъ кусокъ угля пропитываютъ сахарнымъ сиропомъ, патокой или асфальтомъ, затѣмъ опять прокалываютъ и повторяютъ эти операціи до тѣхъ поръ-пока не получится уголь твердый, плотный и хорошо проводящій токъ.

### Поднятіе жидкостей и солей.

Если угольный электродъ остается нѣкоторое время въ жидкости, то она подымается вверхъ по порамъ угля—какъ по капиллярнымъ трубочкамъ. Жидкость эта дѣйствуетъ окисляющимъ и разъѣдающимъ образомъ на тѣ металлическіе зажимы, которые прикрѣпляютъ къ углю для отвода тока. Результатомъ этого бываетъ прекращеніе тока. Чтобы избѣжать подобной неприятности верхній конецъ угольнаго электрода нагрѣваютъ и погружаютъ на одинъ часъ въ расплавленный парафинъ, который заполняетъ поры угля и препятствуетъ проникновенію туда какой бы то ни было жидкости.

Жидкости въ нѣкоторыхъ элементахъ имѣютъ стремленіе подыматься вверхъ по стѣнкамъ стакановъ и при испареніи оставляютъ налеты изъ солей, которые ползутъ въ свою очередь даже черезъ края стакановъ. Отъ этого неудобства можно избавиться намазывая край стакановъ изнутри и снаружи на нѣсколько сантиметровъ въ ширину—вазелиномъ. Для этой же цѣли употребляется

помада, составленная сплавленіемъ 50 частей чистаго вазелина съ 25 частями параффина. За неимѣніемъ ни того-ни другаго матеріала подь рукою—можно смазывать края стакановъ и свинымъ саломъ.

### Соединительные винты, борны, зажимы.

Формы соединительныхъ винтовъ, зажимовъ, борновъ, употребляемыхъ при гальваническихъ элементахъ, весьма разнообразны и находятся въ зависимости отъ вида электродовъ и проводниковъ.

Зажимные винты для проводниковъ состоятъ въ большинствѣ случаевъ изъ латуннаго цилиндра (см. рис. 26—30), съ двумя отверстиями, въ одномъ изъ которыхъ помѣщается винтъ со шляпкой. Въ другое отверстие вставляются концы обоихъ проводниковъ, которые должны быть соединены и зажимаются крѣпко винтомъ. Эти отверстия должны быть лишь настолько велики, чтобы проволоки проводниковъ какъ разъ въ нихъ проходили; это нужно для хорошаго контакта (прикосновенія) между стѣнками зажима и проводниками.

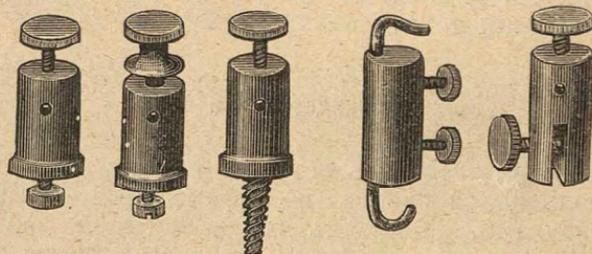


рис. 26. рис. 27. рис. 28. рис. 29. рис. 30.

Къ электродамъ зажимы либо прямо припаиваются, либо крѣпляются къ мѣдной проволоцѣ, которая припаяна къ электроду. Рис. 30 изображаетъ зажимъ съ прорѣзомъ, посредствомъ котораго этотъ зажимъ можно прямо насадить на цинковый или мѣдный листовый электродъ. Проволока, ведущая токъ отъ электрода, находящагося на днѣ сосуда, должна быть предохранена отъ разъѣдающаго дѣйствія жидкости элемента посредствомъ слоя каучука или же стекляннйной трубой.

Борны, которые надо укрѣплять въ деревѣ, снабжаются коническимъ штифтомъ съ грубой нарѣзкой (см. рис. 28).

Для соединенія проводниковъ употребляютъ также и дощечки съ углубленіями, въ которыя налита ртуть. Въ эти углубленія со ртутью опускаютъ проводники. Углубленія соединяются между собою посредствомъ проволоки, согнутой въ видѣ  $\square$ .

Для присоединенія проволоки къ призматическому угольному электроду употребляютъ зажимъ въ видѣ скобы (см. рис. 31), который прижимается къ углу боковымъ винтомъ. Между угломъ и концомъ винта,—для увеличенія поверхности соприкосновенія,—кладутъ металлическую пластинку.

Иногда верхнюю часть призматическаго, или цилиндрическаго угольнаго электрода снабжаютъ крышкой изъ свинца или олова, предварительно пропитавши уголь парафиномъ.

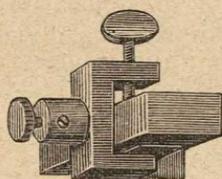


рис. 31.

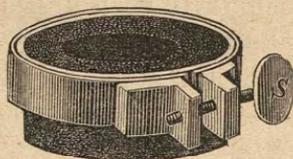


рис. 32.

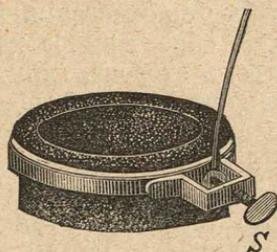


рис. 33.

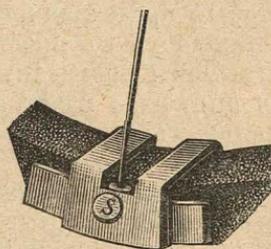


рис. 34.

Большіе угольные цилиндры сперва обкладываютъ узкой свинцовой полоской, которую и зажимаютъ потомъ мѣднымъ или латуннымъ кольцомъ при помощи винта S (см. рис. 32-й). Можно также обхватить цилиндрическій уголь кольцомъ со скобой, винтомъ которой и прижимаютъ проводникъ къ кольцу (см. рис. 33-й).

На рис. 34 видно, что проводникъ припаивъ къ мѣдной пластинкѣ, которая прижимается къ краю цилиндрическаго угля вин-

томъ S, проходящимъ черезъ скобу съ разрѣзомъ. Мѣдную пластинку, прилегающую къ углю, хорошо покрыть гальванопластически тонкимъ предохранительнымъ слоемъ платины.

Всѣ контакты<sup>1)</sup> должны имѣть чистую металлическую поверхность, такъ какъ грязь всякаго рода, или же слой окиси металла, увеличиваетъ сопротивленіе и уменьшаетъ силу тока. Для чистки контактовъ употребляютъ тонкую стеклянную, или наждачную, бумагу и трутъ ею контакты до появленія чистаго металлическаго блеска. Смазываніе тонкимъ слоемъ вазелина, или минеральнаго масла, а также покрытие шеллакомъ, предохраняетъ металлы отъ окисляющаго вліянія воздуха.

Соединенія, устраиваемыя при помощи ртути, хотя и лучше тѣхъ, которыя получаютъ при употребленіи зажимныхъ винтовъ, такъ какъ ртуть амальгамируетъ концы металлическихъ проволокъ, въ нее погруженныхъ, но ртутныя соединенія рѣдко употребляютъ такъ какъ зажимные винты дешевле и съ ними удобнѣе обращаться.

#### Цинки для элементовъ.

Иногда случается, что нельзя получить цинки надлежащаго размѣра. Въ такомъ случаѣ плавятъ мелкіе куски цинка въ тиглѣ, или въ желѣзной чашкѣ, покрывши цинкъ сверху угольнымъ порошкомъ, который предохраняетъ цинкъ отъ окисленія. Расплавленный цинкъ отливаютъ въ пространство, образованное двумя кирпичами, которыхъ швы промазаны съ трехъ сторонъ глиною.

Толстыя цинковыя пластинки разрѣзаютъ слѣдующимъ образомъ: напильникомъ пропиливаютъ глубокую черту, въ которую затѣмъ помѣщаютъ нѣсколько капель ртути, при чемъ распределяютъ эту ртуть по шву деревянной палочкой, смоченной въ соляной кислотѣ; отъ дѣйствія ртути цинкъ амальгамируется вдоль по чертѣ, черезъ это онъ становится хрупкимъ и потому легко поддается излому.

Цинкъ надо сгибать въ цилиндры до амальгамаціи; равнымъ образомъ слѣдуетъ также до нее припаивать къ цинку и проволоки; и то и другое надо дѣлать потому, что амальгамированный цинкъ очень хрупокъ и при нагрѣвѣ часть ртути улетучивается. Цинкъ, который плохо амальгамируется, содержитъ въ себѣ желѣзо и почти

<sup>1)</sup> Мѣста соприкосновенія проводниковъ къ электродамъ, или же проводника къ проводнику.

негоденъ для элементовъ. Цинку вальцованному надо отдать преимущество передъ цинкомъ литымъ.

Въ элементы съ пористыми стаканами (диафрагмами) подливаютъ къ цинку нѣкоторое количество ртути, чтобы обезпечить его амальгамацию во время прохожденія тока.

Цинкъ можно сверлить, смачивая сверло водою или масломъ. Винты для цинка должны имѣть грубую рѣзьбу, такъ какъ этотъ металлъ весьма мягокъ.

### Элементы съ перекисью марганца <sup>1)</sup>. Элементъ съ мѣшкомъ.

Перекись марганца въ видѣ минерала «пиролюзита» имѣеть игольчатое строеніе, цвѣтъ графита и блескъ шелка, только въ такомъ видѣ она обладаетъ необходимой проводимостью.

Для устройства элементовъ съ перекисью марганца употребляютъ часто стеклянные сосуды своеобразныхъ формъ, но можно вмѣсто нихъ брать обыкновенные стаканы и глиняныя посудыны. Въ небольшой мѣшечекъ, высотой равный высотѣ сосуда, а діаметромъ въ 5—6 см., вставляютъ палочку изъ угля, (напр. обломокъ угля отъ какой нибудь дуговой лампы), и вокругъ него помѣщаютъ смѣсь изъ кусочковъ пиролюзита и кокса, послѣ чего мѣшечекъ завязываютъ веревочкой (см. рис. 35). Мѣшокъ съ уголькомъ ставятъ въ стаканъ и туда же помѣщаютъ палочку цинка, которая не должна прикасаться къ мѣшку. Цинкъ въ этомъ случаѣ не амальгамируютъ, такъ какъ иначе капельки ртути, падающія съ цинка, могли бы произвести *короткое замыканіе*, установивши соединеніе между цинкомъ и углемъ. Въ стаканъ наливается жидкость, состоящая изъ раствора 100 гр. чистаго нашатыря въ 350 гр. воды. Слѣдуетъ брать нашатырь чистый, такъ какъ въ нечистомъ можетъ содержаться свинецъ, который, осаждаясь на цинкѣ, влечетъ за собой излишній его расходъ. Вмѣсто раствора нашатыря можно употреблять также растворъ поваренной соли.

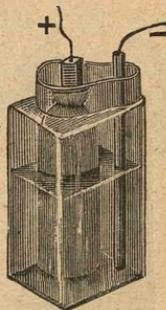


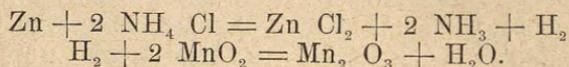
рис. 35.

<sup>1)</sup> Марганецъ, простое тѣло,—металлъ; обозначается—Mn. (отъ Manganum). Перекись марганца—есть соединеніе марганца съ кислородомъ; ея формула Mn O<sub>2</sub>.

## Химическія явленія, происходящія въ элементѣ.

Цинкъ (Zn) дѣйствуетъ разлагающимъ образомъ на нашатырь ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )—хлористый аммоній), при этомъ цинкъ соединяется съ хлоромъ (Cl) и образуетъ съ нимъ хлористый цинкъ ( $\text{ZnCl}_2$ ), отъ нашатыря же остается свободною группа  $\text{NH}_4$ , которая электропозитивна и устремляется къ отрицательному полюсу—углю; здѣсь группа  $\text{NH}_4$  распадается на  $\text{NH}_3$ , то есть газообразный амміакъ, который улетучивается и можетъ быть узнанъ по запаху, и на водородъ (H), который соединяется съ кислородомъ перекиси марганца, образуя воду ( $\text{H}_2\text{O}$ ), а перекись марганца ( $\text{MnO}_2$ ) переходитъ въ другую степень окисленія—въ окись марганца ( $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ).

Эти процессы могутъ быть изображены слѣдующими двумя уравненіями:



Если въ растворѣ мало нашатыря, то вода дѣйствуетъ на цинкъ, образуя окись цинка, которая производитъ муть. Въ этомъ случаѣ надо къ раствору прибавить нашатыря.

## Другой видъ элемента съ перекисью марганца.

Берутъ стеклянный сосудъ, высоту въ 20—25 см., и діаметромъ сантиметровъ въ 15, и вставляютъ въ него съ одного боку, черезъ отверстіе въ крышкѣ, угольную пластинку 8 см. шириною и 30 см. длиною (см. рис. 36), которая упирается въ дно сосуда. Съ другой стороны, на разстояніи 6—8 см. отъ угольной пластинки, подвѣшиваютъ цинковую пластинку, тоже въ 8 см. шириною, но длиною не болѣе 20 см. На дно сосуда насыпаютъ смѣсь изъ равныхъ частей мелкоизмельченной перекиси марганца и угля—слоемъ примѣрно въ 6 см. высотой. Затѣмъ въ стаканъ наливаютъ насыщенный растворъ нашатыря такъ, чтобы уровень жидкости не доходилъ сантиметровъ на 5 до верхняго края стакана. Въ началѣ дѣйствія элемента, пока токъ еще не ослабъ, цинкъ не долженъ быть глубоко погруженъ въ жидкость. Это достигается тѣмъ, что въ верхней части цинка просверливаютъ нѣсколько отверстій и штифтѣ, поддерживающій цинкъ надъ

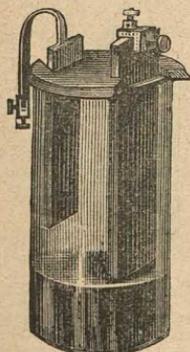


рис. 36.

крышкой, продѣваютъ въ нижнее отверстіе. Затѣмъ, когда токъ ослабнетъ и прибавка нашатыря не помогаетъ, тогда переставляютъ штифтъ въ верхнее отверстіе, черезъ что большая часть цинка погружается въ жидкость. Цинковая пластинка должна быть амальгамирована, а уголь, — тамъ гдѣ онъ находится внѣ смѣси, долженъ быть покрытъ изолирующимъ слоемъ напр. воскомъ или парафиномъ. Простота и дешевизна устройства побуждаютъ рекомендовать такіе элементы для домашней телеграфіи, т. е. звонковъ, телефоновъ и т. п.

Съ теченіемъ времени смѣсь угля и перекиси марганца покрывается слоемъ бѣлой соли. Тогда смѣсь, вынутую изъ стакана, подвергаютъ сильному нагрѣву и затѣмъ отдѣляютъ кристаллы соли отсѣиваніемъ.

### Элементъ Лекланше съ пористымъ стаканомъ и брикетами.

На фиг. 37 изображенъ элементъ Лекланше первоначальнаго образца. Амальгамированная палочка цинка  $Zn$  помѣщается въ соответствующемъ углубленіи стакана; на эту палочку обыкновенно

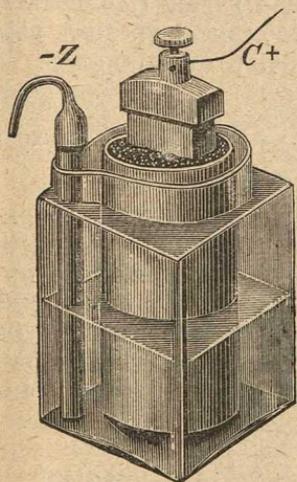


рис. 37.

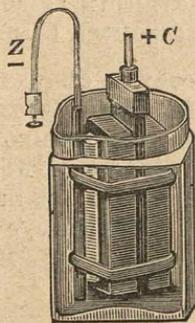


рис. 38.

надѣваются два резиновыхъ кольца, чтобы предупредить непосредственное прикосновеніе цинка къ пористому стакану. Въ пористомъ стаканѣ помѣщается смѣсь изъ перекиси марганца и угля, а также и пластинка угля  $C$ , служащая электродомъ. Возбуждающая жидкость состоитъ изъ насыщеннаго раствора нашатыря. Употребленіе пористаго сосуда увеличиваетъ сопротивленіе элемента и потому постарались обойтись безъ него. Съ этой цѣлью

порошкообразную смѣсь изъ перекиси марганца и кокса прессуютъ въ видѣ брикетовъ или цилиндровъ. Эта смѣсь (агломератъ) для брикетовъ состоитъ изъ 40% перекиси марганца, 44% графита, 9%

каменноугольной смолы, 6,4% воды и 0,6% сѣры; или же изъ 40 частей перекиси марганца, 50 частей кокса и 5 частей шеллака. Всѣ эти вещества сперва обращаются въ порошокъ, затѣмъ смѣшиваются и прессуются въ формы подъ давленіемъ до 300 атмосферъ и при возвышенной температурѣ.

На рис. 38. изображенъ элементъ Лекланше съ брикетами изъ аггломерата. Цинковая палочка изолируется отъ брикета деревяшкою, угольный электродъ помѣщается между двумя брикетами а все вмѣстѣ удерживается двумя резиновыми кольцами.

Для того, чтобы элементы съ перекисью марганца работала хорошо и долго,—необходимо соблюдать слѣдующія условія: 1) нашатырь долженъ быть чистъ; 2) элементы должны стоять въ сухомъ мѣстѣ и въ средней комнатной температурѣ; 3) выползаніе солей вверху предупреждаютъ, наливая поверхъ жидкости слой минерального масла или смазывая края стакана вазелиномъ; 4) контакты должны быть содержимы въ чистотѣ; 5) испарившуюся воду слѣдуетъ замѣщать приливаніемъ свѣжей; 6) при помутнѣніи жидкости надо прибавлять нашатыря; 7) необходимо освобождать цинкъ отъ кристалловъ, которые на немъ образуются.

На одинъ элементъ средней величины надо 100 гр. нашатыря. Электровозбудительная сила элемента Лекланше равна 1,46 вольта, а внутреннее сопротивленіе равно примѣрно 2 омамъ; средній размѣръ глинянаго стакана—около 16 см. высота и 6 см. діаметръ.

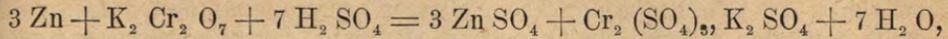
Бутылочный элементъ, иначе—элементъ Грэне, или — элементъ къ двуххромоксиylumъ кали.

Въ бутылкообразный сосудъ съ удлиненнымъ горломъ, изображенный на рис. 39, введены двѣ угольные пластинки, а между ними — одна цинковая; изъ нихъ цинковая — подвижная, т. е. можетъ быть поднимаема и опускаема. Въ расширенную часть сосуда налить растворъ двуххромоксиylumъ калия (или натрія) въ водѣ съ добавленіемъ сѣрной кислоты. Существуетъ весьма много рецептовъ для приготовления подобнаго раствора; мы приводимъ только наиболѣе извѣстные:

	1	2	3	4	
Двуххромоксиylumъ калия <sup>1)</sup>	100	18,4	250	16	} частей по вѣсу
Сѣрной кислоты	50	42,8	550	17	
Чистой воды	1000	200	1000	100	

<sup>1)</sup> Химическая формула двуххромоксиylumъ калия слѣдующая  $K_2 Cr_2 O_7$ , а въ продажѣ онъ извѣстенъ подъ названіемъ *хромтика*.

Изъ этихъ рецептовъ 2-й имѣетъ за собой наибольшее научное основаніе. Реакція, происходящая въ элементѣ съ растворомъ хром-пика, можетъ быть изображена такъ:



то есть получается растворъ цинковаго купороса и такъ называемыхъ хромовыхъ квасцовъ, состоящихъ изъ соединенія сѣрнокалиевой соли ( $\text{K}_2 \text{SO}_4$ ) съ сѣрnoxромовой солью [ $\text{Cr}_2 (\text{SO}_4)_3$ ].

Для изготовленія раствора двуххромокислое кали сперва измельчаютъ въ порошокъ, (натровая соль растворяется въ водѣ хорошо и безъ измельченія), затѣмъ растворяютъ его въ водѣ помѣшивая жидкость стеклянной палочкой. Въ приготовленный такимъ образомъ растворъ приливаютъ понемногу и тонкой струей сѣрную кислоту, тоже при помѣшиваніи. При смѣшеніи кислоты съ растворомъ жидкость сильно нагрѣвается; выпшопмянутыя операциі, въ виду послѣдняго обстоятельства, слѣдуетъ производить съ осторожностью въ стеклянной или фарфоровой посудѣ.

Если имѣется подъ руками подходящій стеклянный сосудъ, то остальные части элемента Гренэ можно изготовить самому слѣдующимъ образомъ.

Къ отверстию сосуда подбираютъ деревянную или корковую пробку, на нижней сторонѣ которой укрѣпляютъ угли. Для этой цѣли берутъ мѣдную пластинку *a* (см. рис. 40), просверливаютъ въ ней указанныя на рисунокѣ отверстія, прорубаютъ ее по сплошнымъ линіямъ, а затѣмъ сгибаютъ по пунктирнымъ, черезъ что получается форма *b*, въ которую и вставляютъ концы углей, предварительно просверленные и парафинированные. Угли привинчиваются къ мѣдной пластинкѣ винтами, какъ это видно на *c* и *d*. Затѣмъ пластинку вмѣстѣ съ углями привинчиваютъ къ пробкѣ. Цинковая пластинка имѣетъ такую же ширину, какъ и угли, но только половину ихъ длины; къ цинковой пластинкѣ принаиваютъ мѣдную или латунную полосу, которая проходитъ черезъ пробку съ нѣкоторымъ треніемъ.

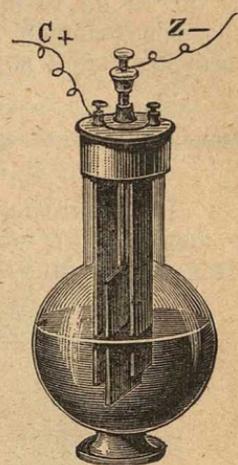


рис. 39.

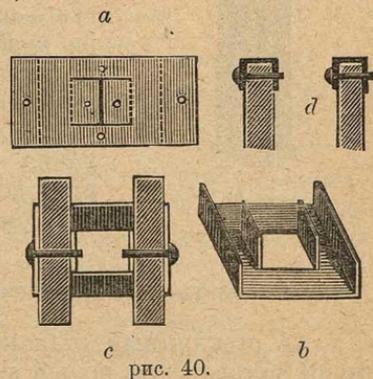


рис. 40.

На цинкъ надѣваютъ узкое, но толстое, резиновое кольцо, чтобы предохранить цинкъ отъ контакта съ углями.

Элементъ Гренэ пригоденъ для непродолжительныхъ опытовъ; онъ даетъ въ теченіи короткаго времени весьма сильный токъ, который довольно быстро ослабѣваетъ вслѣдствіе, траты возбуждательной жидкости.

Возбуждательная жидкость элемента Гренэ разѣдаетъ цинкъ и при незамкнутой цѣпи, почему и слѣдуетъ поднимать цинкъ изъ жидкости на то время какъ элементъ не работаетъ. Можно получить продолжительный токъ, но гораздо меньшей силы, употребивши для возбуждательной жидкости растворъ нашатыря въ водѣ.

**Элементъ съ растворомъ двухромокислаго кали съ электродомъ изъ угольныхъ палочекъ.**

Возбуждательную жидкость для этого элемента готовятъ по одному изъ вышеуказанныхъ рецептовъ, а электроды устраиваются слѣдующимъ образомъ. Цилиндрическая цинковая палочка Z (см. рис. 41), окружается такими же угольными палочками въ 5 мм. діаметромъ. Резиновые кольца, надѣтыя на оба конца палочки цинка, изолируютъ его отъ угольковъ, эти же послѣдніе удерживаются около цинка тоже резиновыми кольцами, но большаго размѣра. Верхніе концы угольковъ покрыты слоемъ мѣди помощью гальванопластики и обхвачены припаяннымъ къ нимъ кольцомъ изъ мѣдной проволоки. Отъ этого кольца идетъ въ одну сторону проволока А, служащая положительнымъ электродомъ, а въ другую—проволока В; обѣ эти проволоки опираются на края сосуда съ возбуждательной жидкостью и такимъ образомъ поддерживаютъ цинковую и угольныя палочки.

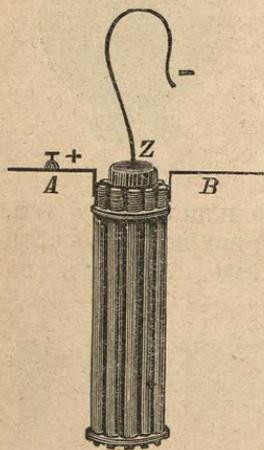


рис. 41.

Электровозбуждательная сила этого элемента равна 2 вольтамъ, а внутреннее сопротивление, при поверхности цинка въ 27 кв. см., равно 0,23 ома.

**Элементъ съ двухромокислымъ кали и пористымъ стаканомъ.**

Въ стеклянный стаканъ (напр. 10 см. діаметромъ и 20 см. высотой) вставляется полный угольный цилиндръ или нѣсколько углей

связанныхъ вмѣстѣ кольцомъ (см. рис. 42 и 43); затѣмъ въ стаканъ помѣщаютъ пористый глиняный цилиндръ съ палочкой цинка. Въ пространство, гдѣ находится уголь, наливаютъ растворъ двухромовислаго кали съ сѣрной кислотой, а въ глиняный стаканъ наливаютъ слабую сѣрную кислоту. Элементъ этотъ можно устроить и на оборотъ, т. е. цинкъ, въ видѣ полога цилиндра, помѣстить въ стеклянный стаканъ и туда же налить слабую сѣрную кислоту, а затѣмъ въ нее погрузить глиняный стаканъ съ углемъ и растворомъ хромпика (см. рис. 44). При этомъ цинкъ долженъ быть хорошо амальгмированъ и нижнимъ концомъ стоять въ ртути, глиняный стаканъ вверху долженъ быть парафинированъ. Для приготовления раствора хромпика берутъ 130 гр. воды, 20 гр. хромпика и 50 гр. сѣрной кислоты. Слабая сѣрная кислота для цинка составляется изъ 1 ч. концентрированной сѣрной кислоты и 8—10 ч. воды.

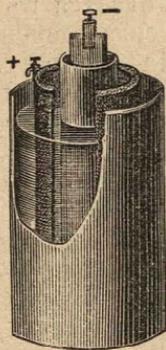


рис. 42.



рис. 43.

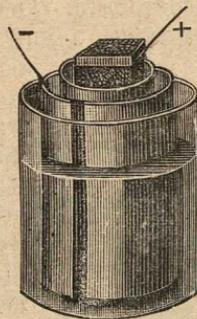


рис. 44.

Элементъ, въ которомъ внѣшній уголь (какъ изображено на рис. 42) погруженъ въ вышепомянутый растворъ, а цинкъ стоитъ въ глиняномъ стаканѣ со слабой сѣрной кислотой, даетъ токъ силою въ 1,5 ампера при напряженіи въ 1,8 вольта. Примѣрно черезъ каждыя двѣ недѣли слѣдуетъ перемѣнять слабую кислоту у цинка, а самый цинкъ чистить твердой щеткой; растворъ хромпика только тогда слѣдуетъ считать негоднымъ, когда онъ приметъ зеленый цвѣтъ. Для удобнаго сливанія отработаннаго раствора устраиваютъ сифонъ изъ стеклянной банки и такихъ-же двухъ трубокъ, согнутыхъ такъ, какъ это показано на рис. 45. Для уменьшенія расхода цинковаго цилиндра, его окружаютъ обрѣзками листового цинка и вообще цинковой мелочью. Жидкость изъ пористаго стакана уда-

ляютъ тоже помощью сифона, состоящаго изъ стеклянной, согнутой соотвѣтствующимъ образомъ, трубки.



рис. 45.

Къ числу элементовъ съ растворомъ хромпика принадлежитъ элементъ Фуллера, который употребляется въ Англии для телеграфа. Въ стеклянный стаканъ помѣщается глиняный пористый стаканъ съ цинковымъ электродомъ, который внизу имѣетъ конусообразное утолщеніе (см. рис. 46). На дно пористаго стакана наливается нѣкоторое количество ртути, а сверху ее чистая вода. На дно стекляннаго стакана насыпаются кристаллы хромпика, а затѣмъ наливается смѣсь изъ 9 частей воды и 1 ч. крѣпкой сѣрной кислоты. Угольный электродъ погруженъ въ эту жидкость и въ слой хромпика.

Особенность этого элемента состоитъ въ томъ, что цинкъ постоянно поддерживается въ амальгмированномъ состояніи. Электровозбудительная сила элемента Фуллера равна 2 вольтамъ, а внутреннее сопротивление—2 омамъ. Вотъ наибѣе употребительные размѣры этого элемента:

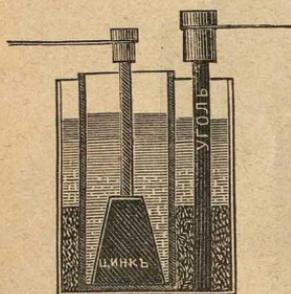


рис. 46.

стеклянный стаканъ имѣетъ высоту въ 18 см. и діаметръ въ 13 см., вмѣщаетъ 1,8 литра жидкости; пористый стаканъ имѣетъ діаметръ въ 6,5 см., высоту—15,5 см., и толщину стѣнокъ—3 мм. Угольная пластинка имѣетъ длину—17,5 см., ширину—5 см., толщину—0,8 см.; верхняя часть угля имѣетъ свинцовую насадку съ отверстіемъ для укрѣпленія проводника. Для заряда такого элемента надо 115 гр. хромпика и 115 гр. сѣрной кислоты удѣльнаго вѣса 1,84.

### Батарея съ приспособленіемъ для подъема электродовъ.

Деревянные ящики для такихъ батарей раздѣляются перегородками на нѣсколько равныхъ частей (см. рис. 47). Внутренняя поверхность ящика тщательно покрывается слоемъ парафина или же морскаго клея, которые для этого вливаются въ ящикъ въ расплавленномъ состояніи и затѣмъ избытокъ этихъ веществъ выливается вонъ. Отверстія и щели замазываются слѣдующимъ составомъ: сѣры 100 частей, 2 части сала и 2 части смолы (канифоли). На слабомъ огнѣ сплавляютъ сначала вмѣстѣ сѣру и сало, а затѣмъ

при помѣшиваніи прибавляютъ растолченную канифоль; иногда прибавляютъ еще нѣкоторое количество песка.

Другой составъ, противостоящій кислотамъ, готовится такъ: каменноугольную смолу нагреваютъ до  $70^{\circ}$  Ц. и при помѣшиваніи прибавляютъ равное количество по вѣсу фѣдкой извести или цемента; этотъ составъ никогда не дѣлается хрупкимъ.

Батарея, изображенная на рис. 47, состоитъ изъ четырехъ отдѣленій; въ каждое отдѣленіе налить растворъ хромпика съ сѣрной кислотой. Всѣ электроды, изъ которыхъ на каждое отдѣленіе приходится по одной пластинкѣ цинка, помѣщенной между двумя пластинками угля, укрѣплены въ деревянной крышкѣ и соединены послѣдовательно. Крышка можетъ быть поднимается и опускается при помощи вала со шнурами. Такая батарея очень удобна и даетъ въ теченіи короткаго промежутка времени сильный токъ. Размѣры пластинокъ таковы: ширина 8—10 см., высота 20—30 см.; по этимъ размѣрамъ опредѣляются остальные.

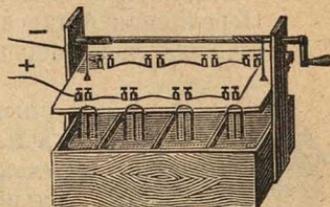


рис. 47.

На рис. 48 изображенъ другой видъ батареи, дающей возможность поднимать и опускать электроды. Устройство этой батареи ясно видно изъ рисунка.

Угли подобныхъ батарей, какъ и вообще элементовъ съ хромпикомъ, послѣ долгаго употребленія приходятъ въ негодность отъ того, что ихъ поры засариваются, а поверхность покрывается грязью и кристаллами.

Для очистки такихъ углей прибѣгаютъ къ ихъ обработкѣ напилькомъ и къ обжигу, но проще и лучше эти угли очищаются повторной промывкой въ теплой водѣ.

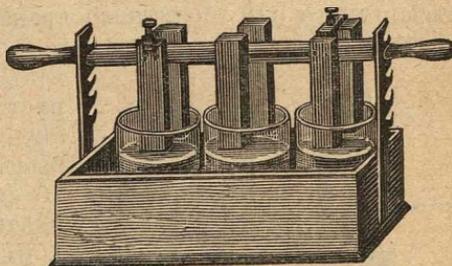


рис. 48.

### Переливные батареи.

Переливную, или иначе каскадную, батарею можно составить изъ всякаго рода элементовъ, но всего лучше для этого употреблять элементы съ растворомъ хромпика въ деревянныхъ ящикахъ. Стекланнныя, каучуковыя или свинцовыя, трубки служатъ для перелива

возбудительной жидкости со дна вышестоящаго сосуда на поверхность ближайшаго нижестоящаго (см. рис. 49). Переливомъ возбудительной жидкости изъ одного сосуда въ другіе достигается равномерная плотность жидкости, незначительная поляризація, а черезъ это и болѣе постоянный токъ. Почти совершенно постояннаго тока можно однако достигнуть только при помощи элементовъ съ пористыми глиняными стаканами.

Переливная батарея, изображенная на рис. 50, конструирована Гаукомъ для электрическаго освѣщенія.

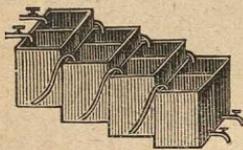


рис. 49.

Стеклянный четырехугольный сосудъ снабженъ внизу отверстіемъ, въ которое вставлена пробка со стеклянной трубкой. Внутри стекляннаго сосуда помѣщаются четырехугольный же пористый стаканъ съ цинковымъ электродомъ. Съ двухъ сторонъ пористаго стакана ставятъ два угольныхъ электрода, а пространство между стѣнками пористаго стакана и стекляннаго сосуда заполняется мелкими кусками кокса. Надъ элементомъ помѣщаютъ резервуаръ съ растворомъ хромпика, притокъ котораго въ элементъ регулируется съ помощью стекляннаго или эбонитнаго крана. Переливаніе возбудительной жидкости изъ одного элемента въ другой происходитъ по вышеупомянутымъ стекляннымъ трубкамъ. Въ пористый стаканъ наливаютъ слабую сѣрную кислоту. 12 элементовъ, которыхъ цинки имѣютъ 15 см. ширины и 20 см. высоты, накаливаютъ до бѣла платиновую проволоку діаметромъ въ 1 мм. и 60 см. длиною.

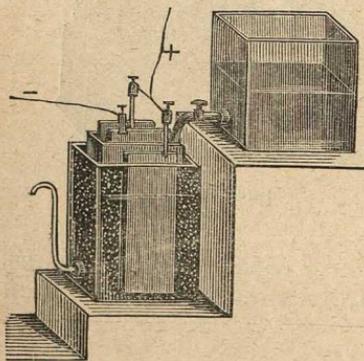


рис. 50.

Хорошія стороны подобной батареи состоятъ въ слѣдующемъ: 1) при хорошо амальгмированныхъ цинкахъ она не выдѣляетъ никакого запаха; 2) можетъ работать безъ замѣтнаго ослабленія часовъ до двадцати; 3) расходъ на жидкость и цинкъ сравнительно не великъ; 4) внутреннее сопротивленіе элементовъ, при такой ихъ формѣ, незначительно.

При употребленіи этой батареи надо соблюдать однако слѣдующую предосторожность. По окончаніи дѣйствія батареи и по удаленіи изъ нея возбудительной жидкости, необходимо пропустить черезъ стеклянные сосуды достаточное количество воды, чтобы вполнѣ

промыть угли и коксъ, иначе ихъ поры закупорятся кристаллами хромовыхъ квасцовъ. Сѣрная кислота удаляется изъ глиняныхъ сосудовъ тѣмъ, что воду направляютъ сперва въ эти сосуды, а затѣмъ она уже переливается въ стеклянные. Нельзя рекомендовать ставить одинъ надъ другимъ больше четырехъ элементовъ, но за то одна и таже жидкость можетъ быть пропускаема черезъ элементы до ея истощенія.

Элементы Бунзена и Гровэ.

*Элементъ съ азотной кислотой \*).*

Элементъ Бунзена (см. рис. 51) состоитъ изъ цилиндрическаго стекляннаго сосуда, въ который наливается сѣрная кислота (1 ч. кислоты и 9 ч. воды) и ставится амальгамированный цинковый цилиндръ, представляющій отрицательный электродъ. Вънутрь стекляннаго сосуда кромѣ того ставится глиняный пористый стаканъ съ угольнымъ электродомъ и съ азотной кислотой. Электровозбудительная сила элемента Бунзена равна 1,93 вольта, а внутреннее сопротивление измѣняется отъ нѣсколькихъ сотыхъ ома до цѣлаго ома — въ зависимости отъ размѣровъ элемента и продолжительности его дѣйствія.

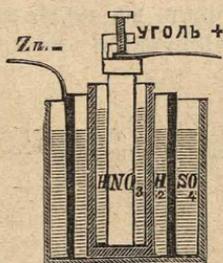


рис. 51.

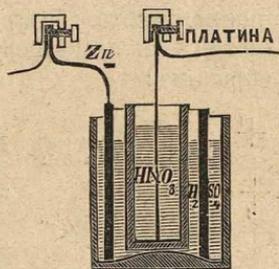


рис. 52.

Если въ элементъ Бунзена замѣнить угольный электродъ платиновымъ, то получается элементъ Гровэ (см. рис. 52). Замѣняя азотную кислоту извѣстнымъ уже намъ растворомъ двуххромоксила, кали получается элементъ Поггендорфа, изображенный на

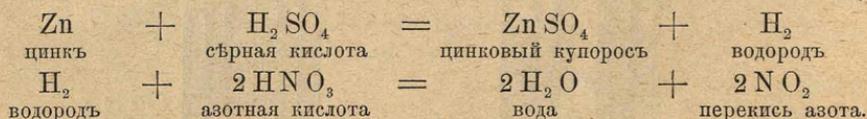
\*) Азотная кислота извѣстна подъ названіемъ крѣпкой водки, а также и селитряной кислоты, ибо получается изъ селитры.

рис. 44. При дѣйствіи этого элемента не выдѣляются вредные для здоровья газы.

Иногда смѣшиваютъ азотную кислоту съ равнымъ количествомъ соляной кислоты, или же азотную кислоту получаютъ непосредственно въ самомъ пористомъ сосудѣ отъ дѣйствія сѣрной кислоты на селитру; въ обоихъ этихъ случаяхъ элементъ работаетъ постоянно.

*Преимущества и недостатки элементовъ съ азотной кислотой.* Элементы Бунзена хороши для полученія сильныхъ токовъ въ теченіи нѣсколькихъ часовъ и потому они прежде употреблялись для электрическаго освѣщенія, пока не появились динамо-машины. Сила тока этихъ элементовъ зависитъ отъ высокой электровозбудительной силы въ 1,93 вольта и отъ незначительности внутренняго сопротивленія. Недостатки элементовъ съ азотной кислотой состоятъ въ томъ, что они выдѣляютъ вредныя для дыхательныхъ органовъ газы, что съ ослабленіемъ кислоты падаетъ электровозбудительная сила и что цинкъ расходуется при незамкнутой цѣпи.

*Химическія явленія, происходящія въ элементъ Бунзена.* Цинкъ растворяется въ сѣрной кислотѣ, выдѣляя водородъ и образуя цинковый купоросъ (сѣрноцинковую соль  $ZnSO_4$ ); водородъ окисляется азотной кислотой и даетъ воду. Азотная кислота есть соединеніе водорода (H) съ азотомъ (N) \*) и кислородомъ ( $O_3$ ), что выражается формулой— $HNO_3$ . Когда токъ замкнуть, азотная кислота распадается на кислородъ, окисляющій, какъ сказано было выше, водородъ въ воду, и на перекись азота ( $NO_2$ ), которая въ видѣ красно-бурыхъ паровъ выдѣляется въ атмосферу. Эти реакціи можно изобразить слѣдующимъ образомъ:



### Видоизмѣненіе элемента Бунзена.

Въ промежутокъ между стекляннымъ и пористымъ сосудами ставятъ угольный электродъ и свободное пространство заполняютъ кусочками кокса. Затѣмъ кольцообразный промежутокъ заливаютъ смолой (варомъ), въ которой предварительно укрѣпляютъ двѣ стеклянныя трубочки для наливанія азотной кислоты и для выхода воз-

\*) N—отъ Nitrogenium.

духа. Въ пористый сосудъ ставятъ цинковый электродъ, укрѣпленный въ шиферной крышкѣ элемента. и наливають растворъ сѣрнокислой ртути, приготовленный слѣдующимъ образомъ: 35 гр. сѣрнокислой ртути растирають съ 330 гр. воды до тѣхъ поръ, пока жидкость не приметъ цвѣта яичнаго желтка. Затѣмъ при постоянномъ помѣшиваніи прибавляютъ 35 гр. 40% азотной кислоты до получения прозрачной жидкости, къ которой приливають воды до 1 литра.

### Снаряженіе батареи; наливаніе кислотъ.

При снаряженіи батареи можно поступать слѣдующимъ образомъ. Сосуды ставятся въ одинъ или въ два ряда, либо въ кругъ, или четырехъугольникомъ, смотря по свободному помѣщенію. До постановки каждаго сосуда на мѣсто, въ него вставляютъ цинковый электродъ, пористый стаканъ, и уголь съ зажимомъ, который немедленно соединяють съ цинкомъ предыдущаго элемента. Зажимы и соединительные проволоки не должны однако мѣшать наливаію кислотъ. Послѣ этого приступаютъ къ наливаію азотной кислоты (или же раствора хромовой), что должно происходить на столько быстро, чтобы до налитія сѣрной кислоты пористые стаканы были равномерно смочены азотной. Налитіе кислотъ производится съ помощью стеклянной или фаянсовой кружки и стеклянной воронки. Можно также пользоваться сифономъ. Примѣрно на высотѣ одного метра надъ элементами ставятъ сосудъ съ кислотой. Сифономъ можетъ служить каучуковая трубка, болѣе короткій конецъ которой погруженъ въ кислоту и удерживается близъ дна сосуда прикрѣпленнымъ къ нему свинцовымъ грузомъ. Другой же гораздо болѣе длинный (внѣшній) конецъ сифона снабжается насадкой изъ стекла или роговаго каучука, сплющенной плоско такимъ образомъ, чтобы ее можно было легко вдвигать между цинкомъ и внѣшнимъ сосудомъ элемента. Чтобы не насасывать кислоту въ сифонъ, его предварительно наполняютъ водой, зажимаютъ оба конца и опускають тотъ конецъ, который снабженъ свинцовымъ грузомъ, въ сосудъ съ кислотой. Сперва спускають воду, а затѣмъ, зажимая или разжимая другой конецъ, управляютъ притокомъ кислоты въ элементы. Послѣ употребленія сифонъ слѣдуетъ промыть водой съ небольшимъ количествомъ амміака.

Азотную кислоту можно употребить въ дѣло вторично, если къ ней прибавить нѣкоторое количество свѣжей кислоты, или же крѣпкой сѣрной кислоты. Последняя отнимаетъ воду у азотной кислоты.

Вмѣсто азотной кислоты можно также употребить и сѣрную съ примѣсью  $\frac{1}{20}$  до  $\frac{1}{10}$  части азотной кислоты.



Слабая сѣрная кислота получается прилитіемъ отъ 8 до 12 вѣ совыхъ частей крѣпкой кислоты къ 100 частямъ воды. Кислоту должно вливать въ воду тонкой струей при постоянномъ помѣшиваніи стеклянной палочкой.

Допустимъ, что намъ слѣдуетъ залить сѣрную кислоту въ 60 элементовъ; въ этомъ случаѣ надо сперва налить въ собранный элементъ воду до надлежащей высоты, затѣмъ вынуть изъ внѣшняго сосуда цинкъ и пористый стаканъ и отмѣтить на стаканѣ высоту стоянія жидкости. Обыкновенно это бываетъ половина. Опредѣливъ такимъ образомъ количество жидкости, нужное для одного элемента, наливаютъ въ деревянный бакъ 55 такихъ количествъ воды и затѣмъ 5—сѣрной кислоты.

### Элементъ Уокера.

Глиняный пористый стаканъ содержитъ въ себѣ угольную пластину и кромѣ того наполненъ смѣсью изъ порошка угля съ сѣрою; все это залито слоемъ смолы. Пористый стаканъ ставится вмѣстѣ съ цинковымъ цилиндромъ, его окружающимъ, въ стеклянный сосудъ, который наполненъ растворомъ нашатыря и поваренной соли или же слабой соляной кислотой. При работѣ элемента сѣра является деполаризаторомъ, такъ какъ она соединяется съ выдѣляющимся водородомъ, образуя сѣрнистый водородъ. Этотъ послѣдній дѣйствуетъ на хлористый цинкъ, образовавшійся изъ цинка дѣйствіемъ на него вышепомянутыхъ хлористыхъ растворовъ; получается сѣрнистый цинкъ и свободная соляная кислота, которая въ свою очередь соединяется съ выдѣлившимся амміакомъ и образуетъ съ нимъ опять хлористый аммоній, то есть нашатырь. Лишь только въ элементѣ истощилась соль, какъ начинается выдѣленіе сѣрнистаго водорода, что служитъ признакомъ для переснаряженія элемента.

### Сухіе элементы.

а) Столбъ-Замбони. Изъ сусального золота и серебра \*) вырѣзаютъ кружки отъ 1 до 4 см въ діаметрѣ и накладываютъ ихъ другъ на друга такъ, чтобы цинкъ былъ обращенъ въ одну сторону, а мѣдь—въ другую. Столбикъ изъ такихъ мѣдно-цинковыхъ паръ помѣщаютъ въ стеклянную трубку, покрытую лакомъ. На концахъ

\*) Сусальное золото—мѣдь, а сусальное серебро—цинкъ.

трубки имѣются оправы, сообщающіяся съ соотвѣтствующими кружками и служащія полюсами.

Развитіе электричества въ столбѣ Замбони зависитъ отъ химическаго дѣйствія, производимаго на металлы влажностью воздуха. Такой столбикъ дѣйствуетъ въ теченіи многихъ лѣтъ, но даетъ очень слабый токъ, котораго сила зависитъ отъ степени влажности воздуха.

б) Для изслѣдованія явленій напряженія и для токовъ въ средахъ съ большимъ сопротивленіемъ служатъ стеклянныя трубки діаметромъ въ 1 см. и въ 5 см. длиною. Эти трубочки заливаются гипсомъ; одна половина длины гипса пропитывается растворомъ цинковаго купороса, а другая—растворомъ мѣднаго купороса. Проволочки цинка и мѣди, воткнутыя въ соотвѣтствующія половинки гипса, образуютъ полюса.

### в) Элементъ Гасснера.

Цилиндрическій цинковый сосудъ служитъ отрицательнымъ электродомъ; въ него вставляется положительный электродъ изъ агломерата (смѣси) перекиси марганца съ углемъ. Для изоляціи отъ цинка угольный электродъ ставится на стеклянную пластинку; промежутокъ между цинкомъ и углемъ заполняется гипсомъ, насыщеннымъ растворомъ нашатыря. Высота элемента около 15 см., діаметръ—10 см., электровозбудительная сила равна 1,5 вольта, а внутреннее сопротивленіе равно 0,25 ома. Элементъ Гасснера поляризуется не такъ скоро, какъ обыкновенный элементъ съ перекисью марганца.

Вмѣсто гипса можно употребить желатину, опилки, азбестъ и т. п., пропитанные растворомъ нашатыря.

При совершенномъ истощеніи элемента—для его восстановленія просверливаютъ отверстія въ цинковомъ сосудѣ; затѣмъ ставятъ элементъ на нѣкоторое время въ насыщенный растворъ нашатыря, чтобы гипсъ могъ имъ опять насытиться. Послѣ этого сдѣланныя отверстія затыкаютъ кусочками пробки или дерева, которые покрываютъ слоемъ шеллака.

### Нормальный элементъ.

Элементъ Даніеля даетъ постоянный токъ, но напряженіе этого тока и его постоянство зависятъ отъ качества матеріаловъ, служащихъ для изготовленія этого элемента. Электровозбудительная сила

колеблется въ предѣлахъ отъ 1,07 до 1,14 вольта въ зависимости отъ концентраціи растворовъ цинковаго и мѣднаго купоросовъ. При растворахъ одинаковой плотности и при электродахъ изъ чистой мѣди и чистаго цинка—электровозбудительная сила равна 1,104 вольта. Эта сила возрастаетъ съ увеличеніемъ плотности раствора мѣднаго купороса и уменьшается съ увеличеніемъ плотности цинковаго купороса. Обыкновенныя колебанія комнатной температуры имѣютъ очень незначительное вліяніе на электровозбудительную силу элемента.

Сопротивленіе измѣняется въ зависимости отъ поверхности электродовъ, отъ ихъ взаимнаго разстоянія и отъ качества пористаго стакана. При высотѣ пористаго стакана въ 12 см. сопротивленіе было напр. равно  $\frac{1}{8}$  ома, при употребленіи же пластинокъ меньшаго размѣра оно можетъ возрасти до 10 омовъ. Если желаютъ имѣть совершенно постоянную силу, то слѣдуетъ обходиться безъ пористаго сосуда и употреблять растворъ цинковаго купороса. Въ нормальномъ элементѣ эти условія соблюдены.

Палочка изъ чистаго, но не амальгмированного, цинка погружена въ растворъ тоже чистаго цинковаго купороса уд. вѣса 1,2, а палочка изъ чистой мѣди (полученной путемъ электролитическимъ) помѣщается въ растворъ чистаго мѣднаго купороса уд. вѣса 1,1. Электровозбудительная сила такого элемента равна 1,075 вольта при 18° Ц., онъ употребляется лишь при очень большихъ сопротивленіяхъ напр. въ 100000 омовъ.

Устройство подобнаго нормальнаго элемента видно изъ рис. 53. Двѣ стеклянныя трубки, длиною въ 20 см. и 1,5 до 2 см. въ диаметръ, заткнуты съ обоихъ концовъ корковыми или каучуковыми пробками. Нижніе концы этихъ трубокъ соединены между собою изогнутой стеклянной же трубкой. Такъ какъ разграничительная

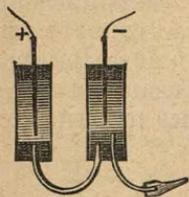


рис. 53.

линія между обѣими жидкостями постепенно исчезаетъ, вслѣдствіе ихъ смѣшенія, то для спуска этой части жидкости въ одинъ изъ цилиндриковъ вводится снизу еще одна узкая стеклянная трубочка, снабженная на концѣ кусочкомъ каучуковой трубки съ зажимомъ. Открывая этотъ зажимъ можно спустить ту часть жидкости, которая уже подверглась смѣшенію. Цинковая и мѣдная палочка пропущены черезъ верхнія пробки, имѣющія еще по одному узкому отверстію. Электровозбудительная

сила (напряженіе) элемента остается неизмѣнной при большемъ или меньшемъ погруженіи электродовъ въ жидкость. Это происходитъ отъ того, что электровозбудительная сила элемента независитъ отъ

величины поверхностей электродовъ, но исключительно отъ природы тѣхъ веществъ, которыя входятъ въ составъ элемента. Она тѣмъ больше, чѣмъ болѣе разница между химическимъ сродствомъ жидкостей элемента къ его электродамъ. Сравните по этому поводу рядъ электрическихъ напряженій на стран. 21.

Вышеописанный элементъ прикрѣпляется къ вертикальной дощечкѣ, укрѣпленной въ свою очередь къ горизонтальной доскѣ, служащей основаніемъ всему прибору.

### Нормальный элемент англійскаго почтоваго вѣдомства (Post office).

Въ деревянномъ ящикѣ помѣщаются три сосуда изъ эбонита (роговаго каучука), см. рис. 54. Сосудъ А наполненъ растворомъ цинковаго купороса, С—растворомъ мѣднаго купороса; В—есть самый элементъ. Въ сосудъ В налить растворъ цинковаго купороса и во время дѣйствія элемента туда вставляется цинковая палочка, нижній конецъ которой погруженъ въ ртуть, затѣмъ вставляется пористый сосудъ съ кристаллами мѣднаго купороса и мѣднымъ электродомъ. Кромѣ того на днѣ сосуда В лежитъ кусочекъ цинка, котораго назначеніе состоитъ въ томъ, чтобы разлагать то количество раствора мѣднаго купороса, которое успѣетъ просочиться черезъ стѣнки пористаго сосуда во время дѣйствія элемента. Послѣ работы элемента цинковую палочку ставить въ сосудъ А, а пористый стаканъ въ С. Электровозбудительная сила этого элемента, при совершенно чистомъ цинкѣ равна 1,067 вольтъ.

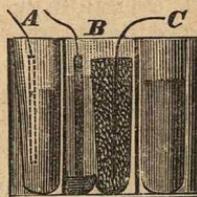


рис. 54.

### Нормальный элементъ Кларка.

Рис. 55 изображаетъ англійскую форму элемента Кларка. Положительный электродъ (анодъ) состоитъ изъ платиновой проволоки Pt, которая доходитъ до дна сосуда и загнута внизу въ видѣ плоской спирали. На днѣ сосуда находится слой ртути Hg, такъ что платиновая спираль погружена въ ртуть; верхняя часть платиновой проволоки защищена стекляннoй трубчкoй отъ воздѣйствія на нее прочаго содержимаго сосуда. Надъ слоемъ ртути помѣщается тѣстообразная масса, составленная смѣшеніемъ, посредствомъ растиранія, сѣрноислой закиси ртути съ кристаллами цинковаго купороса, смоченныхъ растворомъ цинковаго же купороса.

Въ этой массѣ находится нижняя часть отрицательнаго электрода (катода), состоящаго изъ палочки амальгмированного цинка (Zn); верхняя же часть катода находится въ концентрированномъ растворѣ цинковаго купороса. Весь сосудъ закрытъ крышкой, имѣющей соотвѣтствующія отверстія для прохождения и укрѣпленія электродовъ. Для достиженія большей герметичности крышка (пробковая) покрывается смолистой массой, которая плотно прилегаетъ къ стѣнкамъ сосуда.

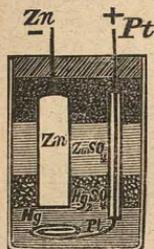


рис. 55.

Въ амальгамахъ, содержащихъ разные металлы, тотъ металлъ развиваетъ электровозбудительную силу, который стоитъ ближе къ положительному концу ряда напряженій. Поэтому въ элементѣ Кларка ртуть играетъ роль положительнаго электрода, а цинкъ — отрицательнаго. Электровозбудительная сила элемента Кларка = 1,457 вольта при 15° Ц.

Въ Германіи придаютъ элементу Кларка слѣдующую форму (см. рис. 56). Положительнымъ электродомъ служитъ амальгмированная платиновая пластинка (Pt, Hg), отъ которой идетъ вверхъ платиновая проголока, заключенная въ стеклянную трубочку. Платиновая пластинка окружена вышеописанною тѣстообразной смѣсью сѣрнокислой закиси ртути и вмѣстѣ съ нею помѣщена въ пористый стаканъ. Цинковая палочка внизу загнута въ бокъ, а вертикальная ея часть защищена отъ соприкосновенія съ растворомъ цинковаго купороса стеклянной трубкой, залитой парафиномъ. Горизонтальная часть цинковаго электрода амальгмирована и покрыта кристаллами цинковаго купороса. Верхняя часть элемента наполнена концентрированнымъ растворомъ того же вещества. Крышка элемента устроена подобно вышеописанной, при этомъ нижняя поверхность крышки защищена отъ раствора цинковаго купороса слоемъ парафина. Электровозбудительная сила элемента равна 1,4379 вольта при 15° Ц.

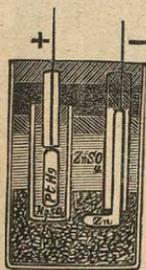


рис. 56.

Элементъ Кларка можетъ быть употребляемъ только при очень большихъ сопротивленіяхъ, для изслѣдованія явленій напряженія.

### Внутреннее сопротивление гальваническаго элемента.

Внутреннее сопротивление какого нибудь гальваническаго элемента слагается: 1) изъ сопротивленія обоихъ электродовъ, т. е. цинковыхъ, мѣдныхъ или угольныхъ пластинъ; 2) изъ сопротивленія

жидкости или жидкостей, входящихъ въ составъ элемента; 3) изъ сопротивленія пористаго сосуда, если таковой имѣется въ элементѣ. Эти три сопротивленія образуютъ главное или существенное сопротивление въ цѣпи дѣйствія тока.

Внутреннее сопротивление одного и того же элемента можетъ быть весьма различно въ зависимости отъ слѣдующихъ обстоятельствъ: 1) отъ большаго или меньшаго разстоянія электродовъ другъ отъ друга; 2) отъ степени концентраціи жидкостей; 3) отъ величины электродовъ; при увеличеніи поверхности электродовъ сопротивление уменьшается. Сопротивленіе измѣняется также во время дѣйствія элемента, т. е. при замкнутой цѣпи; оно становится больше или меньше въ зависимости отъ химическихъ измѣненій въ элементѣ.

## ТАБЛИЦА

Электровозбудительныхъ силъ и сопротивленій нѣкоторыхъ элементовъ.

Названіе элементовъ	Составныя части элемента		Е въ воль- тахъ	Сопротив- леніе въ омахъ
1. Даніеля	Амалгамъ цинкъ, 1 ч. сѣрной кислоты, 12 ч. воды	Мѣдь и растворъ мѣднаго купороса . . .	0,94—1,07	1/2—4
2. Нормальный англ. элементъ	Цинкъ и растворъ цинковаго купороса.	Мѣдь и растворъ мѣднаго купороса . . .	1,067	1—3
3. Минотто	Песокъ, цинкъ, сѣрная кислота и вода	Мѣдь и растворъ мѣднаго купороса . . .	0,9	5—11
4. Калло	Цинкъ, сѣрная кислота, вода	Мѣдь и растворъ мѣднаго купороса . . .	0,99—1	1—5
5. Лаланда	Цинкъ, растворъ ѣдкаго кали	Мѣдь и окись мѣди . .	0,98	0,3
6. Лекланше	Цинкъ, растворъ нашатыря	Уголь съ перекисью марганца . . . . .	1,49	1—10
7. Гасснера	Цинкъ, растворъ нашатыря	Уголь съ перекисью марганца . . . . .	1,49	0,25
8. Бузена Грове	Амалг. цинкъ, 1 ч. сѣрной кислоты, 12 ч. воды	Уголь или платина, азотная кислота . . .	1,88 1,93	0,1—0,24 0,7

## Примѣненіе предъидущей таблицы къ вычисленію силы тока.

1) Имѣется элементъ Бунзена съ амальгамированнымъ цинкомъ, высота элемента 20 см., растворъ сѣрной кислоты состоитъ изъ 1 объема кислоты на 20 объемовъ воды, уголь погруженъ въ крѣпкую азотную кислоту, внутреннее сопротивленіе отъ 0,08 до 0,11 омъ, а электровозбудительная сила около 1,8 вольта. Опредѣлить силу тока элемента?

Сила тока элемента вычисляется на основаніи закона Ома, по формулѣ (см. стр. 11)  $I = \frac{E}{R}$ , откуда для данного случая имѣется максимальная сила тока  $I = \frac{1,8}{0,1} = 18$  амперамъ.

2) Имѣется элементъ Даніеля съ цинковымъ цилиндромъ, помещеннымъ во внѣшнемъ сосудѣ въ растворъ цинковаго купороса; цѣпь замкнута проволокой незначительнаго сопротивленія, электровозбудительная сила = 1,1 вольта, а сопротивление = 0,8 ома. Требуется узнать максимальную силу тока

$$I = \frac{1,1}{0,8} = 1,37 \text{ ампера}$$

3) Телеграфный элементъ имѣетъ  $E = 0,95 \text{ V}$ , а  $R = 9,5 \Omega$ ; какъ велика максимальная сила тока?

$$I = \frac{0,95}{9,5} = 0,1 \text{ A}$$

4) Одинъ аппаратъ Морза, котораго электромагнитъ имѣетъ 608  $\Omega$  сопротивленія, работаетъ хорошо при четырехъ вышепомянутыхъ телеграфныхъ элементахъ; какъ велика сила тока, нужная для дѣйствія этого аппарата?

$$I = \frac{0,95 \times 4}{608 + (9,5 \times 4)} = 6 \text{ миллиамперамъ (0,006 A)}$$

Для телеграфныхъ надобностей употребляютъ токи отъ 16 до 18 миллиамперъ, а для медицинскихъ цѣлей до 20 миллиамперъ. 1 миллиамперъ = 1 тысячной ампера.

## Употребленіе нѣкоторыхъ элементовъ.

1) Для гальванопластики, изготовленія мѣдныхъ моделей: Даніеля, Бунзена, Лаланда, хромпиковыя съ двумя жидкостями.

2) Для гальваностегіи, полученія металлическихъ отложеній на металлахъ: Даніеля, Бунзена, Лаланда.

- 3) Для заряжанія аккумуляторовъ: Бунзена, Калло и хромо-выя съ переливомъ.
- 4) Для румкорфовыхъ спиралей: элементъ Гренэ, Поггендорфа.
- 5) Для лабораторныхъ опытовъ: Гренэ, подъемныя батареи, Бунзена, Лекланше.
- 6) Для электротерапіи: элементы Гренэ, вообще съ хромовой жидкостью, Лаланда и Шаперона.
- 7) Для телеграфовъ, звоноковъ, телефоноовъ: элементы съ перекисью марганца, Гасснера, Лаланда.
- 8) Для приведенія въ дѣйствіе небольшихъ двигателей: Гренэ, Бунзена.
- 9) Для электрическихъ измѣреній: нормальные элементы.
- 10) Для переносныхъ аппаратовъ: сухіе элементы.

Раздѣленіе гальваническихъ элементовъ по средствамъ и веществамъ, которыя употребляются для уничтоженія поляризаціи.

а) Элементы съ одной жидкостью:

- 1) Безъ деполяризаціи: Вольтовъ-столбъ; элементъ Волластона.
- 2) Механическая деполяризаціа: элементы съ вращающимися электродами.
- 3) Деполяризующая жидкость: элементъ съ двуххромо-кислымъ кали.
- 4) Твердыя деполяризующія вещества: перекись марганца, окись мѣди и ѣдкое кали, сѣра.

б) Элементы съ двумя жидкостями:

- 1) Азотная кислота: Бунзень, Гровэ.
- 2) Растворы солей: Даніель и его видоизмѣненія; Калло, Мейдингеръ.

Свойства хорошаго элемента.

Хорошій элементъ долженъ обладать:

- 1) Большой и постоянной электровозбудительной силой.
- 2) Небольшимъ и постояннымъ внутреннимъ сопротивленіемъ.
- 3) Дешевизною, т. е. небольшимъ расходомъ матеріаловъ.
- 4) Отсутствіемъ расхода матеріаловъ при незамкнутой цѣпи.
- 5) Легкостью устройства, содержанія, наблюденія и отсутствіемъ выдѣленія вредныхъ газовъ.

Эл.-возб. сила <sup>1)</sup> батареи зависитъ отъ веществъ, входящихъ въ составъ элементовъ, а также и отъ числа послѣдовательно соединенныхъ элементовъ. Внутреннее сопротивленіе можно уменьшить употребленіемъ электродовъ съ большими поверхностями, постановкой ихъ близко другъ отъ друга, и наконецъ употребленіемъ хорошихъ проводящихъ жидкостей.

Если бы существовалъ такой элементъ, который удовлетворялъ всѣмъ вышеперечисленнымъ условіямъ, то всѣ остальные элементы были бы излишни. Но такъ какъ такого элемента не существуетъ, то для достиженія извѣстной цѣли надо выбирать и подходящій элементъ.

Иногда случается, что не получаютъ ожидаемыхъ результатовъ отъ какихъ нибудь элементовъ. Этому причиной могутъ быть слѣдующія обстоятельства:

1) жидкости истощены,—изготовлены изъ нечистыхъ матеріаловъ, или же эти матеріалы смѣшаны не въ надлежащихъ порціяхъ;

2) мѣста соприкосновенія металловъ (контакты) не чисты, провода, до соединенія ихъ съ борнами, не были хорошо отчищены наждачной бумагой или напилкомъ; провода надломлены внутри изолировки, зажимные винты недостаточно завинчены; голые проводники касаются другъ друга;

3) нѣкоторые изъ элементовъ батареи не вполне наполнены жидкостью;

4) въ элементахъ произошло выдѣленіе металловъ, вслѣдствіе чего между электродами явилось короткое замыканіе; такъ напр. когда въ элементѣ Даніеля глиняный стаканъ покрылся мѣдью, или же отъ цинковъ отломилась куски;

5) угольные электроды (также аггломератъ) пропитаны солями, что устраняется выщелачиваніемъ теплой водой.

Движеніемъ электродовъ, а также подогревомъ жидкости элементовъ, можно на время увеличить ихъ силу, такъ какъ черезъ это удаляются пузырьки газовъ.

Расходъ веществъ въ нѣкоторыхъ элементахъ на одну силу-часъ.

а. Для элемента Даніеля большого размѣра, съ эл. возб. силой въ 1,08 V и съ внутреннимъ сопротивленіемъ въ 2,5 ома, требуется цинка около 900 граммовъ (коп. около 30), мѣднаго купороса

<sup>1)</sup> Такъ будемъ писать сокращенно—вмѣсто: электровозбудительная сила.

въ четыре раза больше — около 3500 гр. (стоимостью около 1 р. 25 копѣекъ), сѣрной кислоты 2 кило (копѣекъ на 20), всего на 1 р. 75 коп., но для практики этотъ теоретическій расчетъ надо покрайней мѣрѣ удвоить, т. е. 1 сила-часъ будетъ стоить примѣрно отъ 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> до 4 рублей.

в. Для элемента Бунзена, съ эл. возб. силой въ 1,8 V, надо цинка около 500 гр. (прим. на 15 коп.), сѣрной кислоты 1 кило (коп. на 10), азотной кислоты <sup>1</sup>/<sub>2</sub> кило (коп. на 25), всего матеріаловъ на 1 силу-часъ на 50 коп., или увеличивая для практики въ 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> раза получимъ 1 р. 25 коп.;

с. Элементъ съ двухромовокислымъ кали: цинка <sup>1</sup>/<sub>2</sub> кило (15 к.), сѣрной кислоты 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> кило (коп. 15), хромпика 700 грам. (коп. 95); всего матеріаловъ на 1 р. 25 к., или практически—3 р. 20 коп.

д. Элементъ съ ѣдкимъ кали: цинка 1 кило (30 коп.), ѣдкаго кали 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> кило (25 коп.), окиси мѣди 1 кило (1 р. 20); всего на 1 р. 75 к.; практически (въ 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> раза болѣе) на 4 р. 50 коп.

Расчетъ показываетъ почему во многихъ случаяхъ отдають предпочтеніе элементамъ Бунзена передъ другими, не смотря на присутія имъ неудобства.

Расходъ веществъ въ гальваническихъ элементахъ на 1 килоуаттъ-часъ \*).

*Расходъ цинка.* Когда гальваническій элементъ производитъ 1000 амперъ-часовъ, то онъ долженъ потребить теоретически 1213,3 гр. цинка, но въ виду побочныхъ реакцій и отбросовъ — надо считать 1500 гр.

Если обозначить черезъ V среднее полезное напряженіе элемента, которое развивается во время работы гальваническаго элемента, то расходъ цинка M—на 1 килоуаттъ-часъ, будетъ равенъ

$$M = \frac{1500}{V} \text{ гр.}$$

Если въ элементѣ, состоящемъ изъ цинка, подкисленной воды и мѣди, (угля или платинированнаго свинца), считать плотность тока въ 6 амперъ на 1 кв. дециметръ поверхности цинка, то такой элементъ расходуетъ теоретически на 1 килоуаттъ-часъ 2244 гр. цинка,

\*) Произведеніе изъ вольтъ на амперъ называется ваттомъ и служить выраженіемъ для мощности тока; килоуаттъ значитъ—1000 уаттъ; килоуаттъ—часъ есть мощность тока въ 1000 уаттъ въ теченіи одного часа.

на самомъ же дѣлѣ—2500 гр. цинка и 6000 гр. сѣрной кислоты, при чемъ полезное напряженіе тока равно 0,5 V и сѣрная кислота истощается только на половину.

Въ элементахъ съ мѣднымъ купоросомъ на 1 килоуаттъ - часъ выдѣляется 2 кило мѣди и расходуется почти столько же цинка.

Въ элементахъ съ хромпикомъ (съ двумя жидкостями) можно получить при расходѣ 1 кило хромпика 400 амперъ-часовъ, что соотвѣтствуетъ расходу въ 2,5 гр. на 1 амперъ-часъ, а для цинка—1,26 гр. тоже на 1 амперъ-часъ. Вообще же можно считать на 1,3 гр. расхода цинка—5 гр. хромпика. Если считать 70—75% полезнаго дѣйствія, то на 1 килоуаттъ-часъ надо истратить 2 кило двуххромо-кислаго кали и 870 гр. цинка.

### Электровозбудительная сила при открытой и замкнутой цѣпи.

При гальваническомъ токѣ, какъ намъ уже извѣстно, необходимо принимать въ соображеніе три величины:

- 1) Электровозбудительную силу  $E$ , выраженную въ вольтахъ  $V$ ;
- 2) внутреннее сопротивленіе  $r$ , выраженное въ омахъ— $\Omega$ , эти двѣ величины называются *постоянными величинами элемента*;
- 3) внѣшнее сопротивленіе  $R$ , т. е. сопротивленіе проводовъ, или внѣшней цѣпи.

Эти три величины связаны между собой закономъ Ома

$$I = \frac{E}{R + r}; \quad \text{при чемъ}$$

$$1 \text{ амперъ} = \frac{1 \text{ вольту}}{1 \text{ омъ}}$$

Для отдѣльнаго элемента сила тока въ амперахъ слѣдовательно

$$\text{равна } \frac{\text{Эл. возб. силѣ}}{\text{суммѣ сопротивленій}} = \frac{E}{R + r}$$

### П р и м ѣ р ы.

1) Одинъ элементъ имѣетъ  $E = 1,5 V$ , а внутреннее сопротивленіе  $r = 0,1 \Omega$ ; внѣшнее сопротивленіе пусть будетъ настолько мало, что имъ можно пренебречь (напр. электроды элемента соеди-

нены мѣдными полосами); въ такомъ случаѣ сила тока этого элемента, выраженная въ амперахъ, будетъ  $= \frac{1,5}{0,1} = 15$  амперамъ.

При величинѣ  $r = 2 \Omega$ ,  $I = \frac{1,5}{2} = 0,75$  амп.

2) Если во внешнюю цепь элемента, котораго  $E = 1,5 V$ , а  $r = 2 \Omega$ , ввести сопротивление  $R = 10 \Omega$ , то  $I = \frac{1,5}{2 + 10} = 125$  амп., или иначе 125 миллиамп.

При  $R = 100 \Omega$  получимъ  $I = \frac{1,5}{2 + 100} = 0,0147$  амп., или иначе  $= 14,7$  миллиамп.

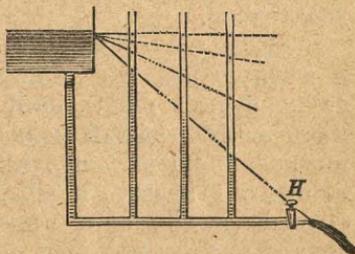
Если при работѣ элемента получаютъ отъ него сильный токъ, то внутренняя химическая работа, въ немъ происходящая, всегда гораздо больше той, которая имѣетъ мѣсто при пользованіи слабымъ токомъ. При работѣ сильнымъ токомъ на электродахъ элемента выдѣляется большое количество пузырьковъ газа, что влечетъ за собой быструю поляризацию. Поэтому, если хотятъ получить отъ элемента сильный токъ, то необходимо озаботиться о дѣятельныхъ средствахъ противъ поляризації, какъ это напр. имѣетъ мѣсто въ элементахъ съ азотной кислотой.

*Слѣдствія.* Въ примѣрѣ 2-мъ мы приняли  $r = 10 \Omega$ , эл. возб. сила въ 1,5 вольта должно побудитъ токъ въ 0,125 амп. пройти черезъ всю цепь, слѣдовательно часть эл. возб. силы уйдетъ на то, чтобы заставить токъ въ 0,125 амп. пройти и черезъ самый элементъ, а такъ какъ его сопротивление равно  $2 \Omega$ , то эл. возб. сила  $E = r \cdot I = 2 \times 0,125 = 0,25 V$ . Такимъ образомъ выходитъ, что  $\frac{1}{4} V$  расходуется на то, чтобы преодолѣть  $r$ , и для внѣшней цепи  $R$  остается только 1,25 V.

Для менѣе сильного тока въ 0,0147 амп. необходимо имѣть для преодоленія внутр. сопротивления  $r = 2 \Omega$  эл. возбуд. силу  $= 2 \times 0,0147$ , т. е. равную 0,0294 V, или кругло  $= 0,03 V$ . Такимъ образомъ для внѣшней цепи  $R$  останется еще  $E = 1,5 - 0,03 = 1,47 V$ .

Отсюда слѣдуетъ, что величина напряженія у борновъ элемента возрастаетъ по мѣрѣ уменьшенія силы тока.

*Аналогія.* Если мы имѣемъ сосудъ съ водой, отъ котораго спускается внизъ труба съ краномъ Н и тремя манометрическими



р ис. 57.

трубками (см. рис. 57), то при закрытіи крана Н—вода подымается во всѣхъ трубкахъ равно-высоко. При этомъ давленіе всюду будетъ одинаково, подобно тому какъ одинаково и напряженіе въ замкнутомъ на самага себя элементѣ. Если мы откроемъ кранъ Н лишь немного, то уровни въ манометрическихъ трубкахъ упадутъ тоже незначительно т. е. мы имѣемъ незначительный токъ воды, но еще значительное давленіе. При открытіи крана Н—во всю, мы увеличимъ силу тока воды, но давленіе воды по мѣрѣ приближенія къ отверстію истеченія будетъ все болѣе и болѣе уменьшаться.

### Соединенія элементовъ.

Многіе элементы могутъ быть соединены между собой на напряженіе (последовательно, въ рядъ), или же на количество (парал-

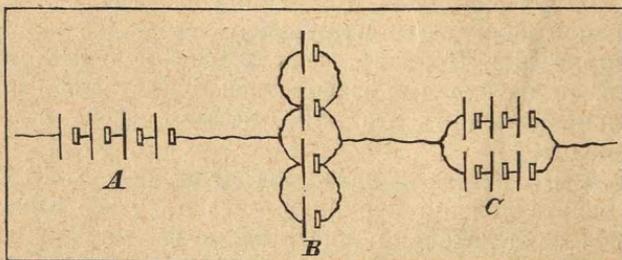


рис. 58.

ельно). Между этими двумя основными группировками возможны еще многія другія (см. рис. 58 и сравните стр. 7).

*Законъ:* электровозбудительная сила батареи равна суммѣ электровозбудительныхъ силъ отдѣльныхъ элементовъ, соединенныхъ последовательно.

Если въ стаканъ съ подкисленной водой поставить цинковую и мѣдную палочки и цинкъ соединить съ землею, то мѣдная палочка будетъ имѣть напряженіе примѣрно въ 1 вольтъ. Если соединить этотъ мѣдный полюсъ съ цинковымъ слѣдующаго элемента, то цинковый полюсъ получитъ отъ предшествующаго мѣднаго—напряженіе въ 1 вольтъ, а мѣдный полюсъ втораго стакана — на 1 вольтъ большее напряженіе, чѣмъ цинковый полюсъ этого же стакана, слѣдовательно на мѣдномъ полюсѣ втораго стакана будетъ господствовать напряженіе въ 2 вольта.

Если подобнымъ же образомъ соединить вмѣстѣ десять системъ, то на ея конечныхъ членахъ будетъ господствовать напряженіе въ 10 вольтъ. Если при этомъ всѣ системы изолированы, то первый цинкъ имѣетъ напряженіе — 5 вольтъ, а послѣдняя мѣдь напряженіе въ + 5 вольтъ.

### Примѣръ различныхъ соединеній 20 элементовъ.

Допустимъ, что имѣются 20 элементовъ съ эл. возб. силой каждый въ 1 вольтъ и со внутреннимъ сопротивленіемъ въ 1 омъ, что соотвѣтствуетъ одному элементу Даниеля большаго размѣра, внѣшнее сопротивление пусть будетъ ровно 5 омамъ. Разберемъ теперь какія получаются силы тока при слѣдующихъ шести комбинаціяхъ элементовъ.

1) 20 элементовъ соединены параллельно.

$$I = \frac{E}{r + R} = \frac{1}{\frac{1}{20} + 5} = 0,18 \text{ амп.}$$

Въ этомъ случаѣ всѣ элементы составляютъ какъ бы одинъ элементъ съ одной и той же эл. возб. силой, но со внутреннимъ сопротивленіемъ въ 20 разъ меньшимъ.

2) 2 группы по 10 элементовъ соединены параллельно и затѣмъ эти двѣ группы соединены послѣдовательно.

$$I = \frac{1}{\frac{1}{10} + 5} + \frac{1}{\frac{1}{10} + 5} = \frac{2}{\frac{1}{10} + 5} = 0,38 \text{ амп.}$$

3) 4 группы по 5 элементовъ, соединенныхъ между собою параллельно, соединены послѣдовательно

$$I = \frac{4}{\frac{4}{5} + 5} = 0,69 \text{ амп.}$$

4) 5 группъ по 4 элемента, соединенныхъ между собою параллельно, соединены послѣдовательно:

$$I = \frac{5}{\frac{5}{4} + 5} = 0,8 \text{ амп.}$$

5) 10 группъ изъ двухъ элементовъ, соединенныхъ параллельно, соединены послѣдовательно:

$$I = \frac{10}{\frac{10}{2} + 5} = 1 \text{ амп.}$$

6) Всѣ 20 элементовъ соединены послѣдовательно:

$$I = \frac{20}{20 + 5} = 0,8 \text{ амп.}$$

Если число элементовъ, соединенныхъ на напряженіе, равно  $s$ , а соединенныхъ на количество—равно  $m$ , общее же ихъ число—равно  $n$ , то имѣемъ  $n = s \cdot m$ , а наибольшая сила тока.

$$I = \frac{s \cdot E}{\frac{s}{m} \cdot r + R}$$

Измѣняя  $s$  и  $m$  такъ, что ихъ произведеніе  $s \cdot m$  остается величиною неизмѣнною, получаютъ наибольшую силу тока тогда, когда

$$s : m = R : r, \text{ т. е.}$$

*сила тока батареи тогда наибольшая, когда отношеніе числа элементовъ, соединенныхъ на напряженіе, къ числу элементовъ, соединенныхъ на количество, равно отношенію внѣшняго сопротивленія ко внутреннему сопротивленію одного элемента.*

### З а д а ч и.

1) Какъ надо соединить шесть элементовъ съ перекисью марганца ( $E = 1,48 \text{ V}$ ;  $r = 4 \text{ }\Omega$ ) для приведенія въ дѣйствіе звонковаго прибора съ сопротивленіемъ въ  $8 \text{ }\Omega$ , при внѣшнемъ проводѣ въ  $4 \text{ }\Omega$ ?

$$R = 8 + 4 = 12 \text{ }\Omega; s : m = 12 : 4 = 3.$$

Если принять  $s = 3$ , а  $m = 2$  то получимъ:

$$I_1 = \frac{3 \times 1,48}{\frac{3}{2} \times 4 + 12} = \frac{4,44}{18} = 0,246 \text{ А.}$$

При  $s = 6$ , а  $m = 1$ , т. е. всѣ элементы на напряженіе,

$$I_2 = \frac{6 \times 1,48}{6 \times 4 + 12} = \frac{8,88}{36} = 0,246 \text{ А.}$$

При  $s=1$ ; а  $m=6$ , т. е. всё элементы на количество,

$$I_3 = \frac{1 \times 1,48}{\frac{1}{6} \times 4 + 12} = \frac{1,48}{12,66} = 0,117 \text{ А.}$$

Отсюда видно, что  $I_3$  слишком вдвое меньше  $I_1$ . По формулѣ  $s : m = R : r$ , при  $s \cdot m = 6$  имѣемъ наибольшую силу тока при  $s=3$ ,  $m=2$ , такъ какъ  $12 : 8 = 3 : 2$ , т. е. получимъ величину разную  $I_1$ .

Такимъ образомъ формулы

$$I = \frac{s \cdot E}{\frac{s}{m} \cdot r + R} \text{ и } s : m = R : r$$

даютъ возможность при данномъ внутреннемъ и внѣшнемъ сопротивленіи, а также и при данномъ числѣ элементовъ, вычислить силу тока для любого соединенія элементовъ.

2) Определить наименьшее число элементовъ Калло ( $E=1 \text{ В}$ ;  $R=1 \text{ }\Omega$ ) для получения тока въ 5 амперъ, при сопротивленіи внѣшняго провода равномъ 1,14  $\Omega$ ?

При силѣ тока въ 5 амперъ — разность потенциаловъ у борновъ должна быть равна  $E = I \times 1,14 = 5 \times 1,14 = 5,7 \text{ В}$ , что возможно только при 6 элементахъ соединенныхъ послѣдовательно. Внутреннее сопротивление этихъ 6 элементовъ равно 6 омамъ, а для получения внутреннего сопротивления батареи равнымъ внѣшнему (1,14  $\Omega$ ) надо, чтобы число элементовъ, соединенныхъ на количество,

было равно  $\frac{6}{X} = 1,14$ ;  $X = 5,2$  элем.; т. е. практически — надо взять

6 группъ по 6 элементовъ, соединенныхъ послѣдовательно, и соединить эти 6 группъ параллельно. Всѣхъ элементовъ надо значить имѣть 36 штукъ.

3) Лампочка накаливанія требуетъ 65 В и 0,95 А. Сколько нужно взять элементовъ Бунзена ( $E=1,8 \text{ В}$ ;  $r=0,1 \text{ }\Omega$ ) для получения свѣта отъ этой лампочки?

$$\text{Сопротивленіе лампы } R = \frac{65}{0,95} = 68,4 \text{ }\Omega$$

$$I = \frac{\text{элект. возб. силѣ батареи}}{\text{сопрот. батареи} + \text{сопрот. лампы}}$$

Если  $n$  есть число элементовъ, соединенныхъ на напряженiе, то получимъ:

$$I = \frac{n \cdot 1,8}{n \cdot 0,1 + 68,4}; \quad 0,95 = \frac{n \cdot 1,8}{n \cdot 0,1 + 68,4}$$

откуда  $n = 38$  элементамъ.

### Опыты, служащiе для поясненiя закона Ома.

а. Изъ сосуда съ водой, поставленнаго на нѣкоторой высотѣ, даютъ стекать водѣ въ нижепоставленный цилиндръ по хорошо смоченной ламповой свѣтильнѣ шириною сантиметра въ 2 и длиною отъ 60 до 100 сантиметровъ. При неизмѣняющейся длинѣ свѣтильни и томъ же разстоянiи уровней воды въ обоихъ сосудахъ, количество протекшей воды пропорціонально числу прошедшихъ минутъ.

б. При той же длинѣ провода (т. е. свѣтильни), но при измѣненномъ разстоянiи уровней, количество куб. сант. воды, протекшихъ въ тотъ же промежутокъ времени, измѣняется сообразно съ этимъ разстоянiемъ.

с. При томъ же разстоянiи уровней, но при измѣняющейся длинѣ провода, количество воды, протекшей въ тотъ же промежутокъ времени, обратно пропорціонально длинѣ провода.

Измѣненiе длины провода и разстоянiя уровней достигается большимъ или меньшимъ погруженiемъ свѣтильни въ сосуды съ водой и взаимнымъ передвиженiемъ сосудовъ другъ относительно друга.

д. Чтобы получить подобiе (аналогiю) зависимости отъ величины сѣченiя провода, соединяють уровень воды въ большемъ сосудѣ одновременно цѣлымъ рядомъ такихъ свѣтиленъ, одинаковой пражы и длины, но разной ширины, съ уровнями воды въ рядѣ цилиндровъ.

е. Для демонстрацiи подобiя различнаго удѣльнаго сопротивленiя проводовъ можно употребить слѣдующiе предметы: сифонообразно-изогнутыя стеклянныя и каучуковыя трубки небольшого диаметра могутъ служить примѣромъ хорошихъ проводниковъ; разнаго сорта ламповыя свѣтильни годятся для уподобленiя проводамъ средней проводимости, а полосы изъ протечной (или фильтровальной) бумаги представляютъ дурные провода. При этомъ рекомендуется употреблять не особенно длинные куски, чтобы не было замѣтной потери отъ испаренiя.

Подтвержденiе закона Ома будетъ приведено еще при описанiи термо-электрическихъ элементовъ, а также и тангенсъ-буссоли.

## Термо-электрическіе элементы.

Въ 1821 году Зебекъ открылъ, что можно получить электрическій токъ непосредственно путемъ нагрѣва разнородныхъ металловъ. Если концы двухъ проволокъ или пластинокъ изъ различныхъ металловъ соединить (спаять, скрутить, свинтить или склепать) вмѣстѣ и мѣсто ихъ соединенія нагрѣть, то появляется электрическій токъ. Можно получить токъ даже отъ нагрѣванія одного металла. Для этого дѣлаютъ на мѣдной или платиновой проволоцѣ петлю или узелъ и нагрѣваютъ около этого мѣста; при этомъ является токъ, идущій отъ нагрѣтаго мѣста къ петлѣ или узлу. Сила подобныхъ токовъ зависитъ отъ разности температуръ между мѣстомъ спайки нагрѣтой и спайки охлажденной, а также и отъ природы взятыхъ металловъ, то есть отъ различія въ состояніи частицъ ихъ и вслѣдствіе этого отъ различія сопротивленія, которое эти металлы оказываютъ про-хожденію теплоты и электричества.

Ислѣдованія относительно способности различныхъ металловъ возбуждать термо-электрическій токъ дали возможность расположить металлы въ слѣдующій родъ напряженія:

+ Сурьма, желѣзо, серебро, цинкъ, свинецъ, олово, мѣдь, золото, платина, ртуть, висмутъ —.

*Положительнымъ* металломъ называется тотъ изъ двухъ, по которому токъ идетъ отъ холоднаго спая къ горячему, а *отрицательнымъ* — по которому токъ идетъ обратно. Въ предъидущей таблицѣ металлы расположены въ такомъ порядкѣ, что каждый предъидущій по отношенію къ послѣдующему положителенъ.

При разности температуры въ  $1^{\circ}$  Ц. сила термо-электрическая, выраженная въ вольтахъ, равна для паръ изъ

Мѣдь-желѣзо . . . . .	1300	Нейзильберъ-желѣзо . . . . .	2500
Платина-желѣзо . . . . .	1800	Висмутъ-сурьма . . . . .	9000

при чемъ эти числа должны быть раздѣлены на  $10^8 = 100,000,000$ . Такъ какъ сурьма и висмутъ металлы весьма хрупкіе и трудноподдающіеся обработкѣ, то мы для болѣе легкаго изготовленія элемента употребимъ мѣдь и нейзильберъ, которые даютъ токъ достаточно сильный для лабораторныхъ надобностей.

Для изготовленія такого термо-электрическаго элемента возьмемъ мѣдную и нейзильберовую проволоки діаметромъ отъ 1,5 до 2 мм. и въ 15—20 сант. длиною (см. рис. 59 и 60). Концы штукъ тридцати такихъ кусковъ проволоки cadaго металла отчищаютъ

тщательно наждачною бумагой или шмиргелемъ и затѣмъ скручиваютъ плоскозубцами конецъ нейзильберовой проволоки съ концомъ

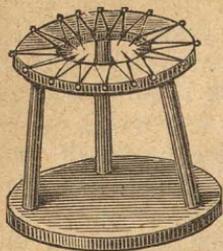


рис. 59.



рис. 60.

мѣдной и т. д. попеременно. Скрученные концы покрываютъ возможно меньшимъ количествомъ олова. Такимъ образомъ получается цѣпь изъ проволочекъ, изображенная на рис. 60, въ которой за мѣдью всегда слѣдуетъ нейзильберъ; концы этой цѣпи остаются свободными и служатъ полюсами.

Эта цѣпь укрѣпляется на кольцѣ изъ дерева, или, что еще лучше, изъ шифера, діаметромъ сантиметровъ въ 20. Цѣпь изъ проволокъ располагается такъ, чтобы она образовала лучистое кольцо—родъ вѣнца (см. рис. 59). Къ деревянному кольцу этотъ вѣнецъ можно прикрѣпить скобками или загнутыми штифтиками; на шиферѣ же цѣпь можно укрѣпить, загнувши книзу концы спаевъ. Внутренніе концы цѣпи должны выступать за кольцо на столько, чтобы ихъ можно было нагревать спиртовой лампочкой, а внѣшніе концы, наоборотъ, охлаждаются воздухомъ.

На изготовленное такимъ образомъ кольцо можно наложить другое съ подобною же цѣпью и соединить свободный нейзильберовый конецъ первой съ мѣднымъ концомъ второй, т. е. соединить на напряженіе. Если же употребить полюсами соединенные вмѣстѣ нейзильберовые, а также и мѣдные концы обѣихъ цѣпей, то получимъ большую силу тока, т. е. соединили бы на количество.

Напряженіе растетъ съ числомъ соединенныхъ паръ; каждая пара въ нашемъ примѣрѣ дастъ около  $\frac{1}{12}$  вольта; такъ что для полученія 1 вольта надо взять 12 такихъ паръ.

Сила тока растетъ съ массою металла; нашъ элементъ можетъ дать  $\frac{1}{3}$  ампера и такъ какъ наша цѣпь соединена на напряженіе, то и общая сила тока равна тоже  $\frac{1}{3}$  ампера.

Съ помощью катушекъ отъ нитокъ можно очень дешево изготовить маленькую термо-электрическую батарею (см. рис. 61). По краямъ катушки просверливаютъ возможно большое число дырочекъ діаме-

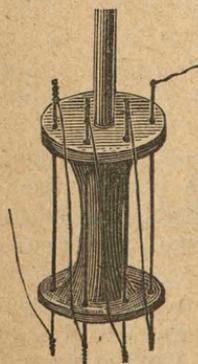


рис. 61.

тромъ въ 1 мм. Въ эти отверстія просовываютъ такую желѣзную проволоку, чтобы она проходила черезъ дырочки съ треніемъ, и соединяють нижній конецъ одной проволоки съ верхнимъ концомъ другой посредствомъ проволоки изъ нейзильбера.

Подобная термо-электрическая батарея вслѣдствіе своего постоянства можетъ служить для градуировки гальванометровъ, а также и для опытовъ при изученіи тепловыхъ явленій.

Если нижніе концы такого катушечнаго (рис. 61) элемента покрыть фильтровальной бумагой и смочить ее водой, то чувствительный гальванометръ укажетъ присутствіе тока, который является результатомъ разности температуръ между верхними и нижними концами паръ элемента. Разность эта обусловлена охлажденіемъ нижнихъ концовъ отъ испаренія воды.

На рис. 62 изображенъ еще одинъ простой видъ термо-электрическаго элемента, который состоитъ изъ верхней согнутой мѣдной пластинки и нижней, прямой, изъ нейзильбера. Ширина этихъ пластинокъ равна 1—1,5 см., а толщина 1 мм.; концы пластинокъ легко спаиваются. Такое устройство элемента въ особенности удобно для показанія, что токъ, возникающій при нагревѣ одного изъ спаевъ пластинокъ, производитъ отклоненіе магнитной стрѣлки. Штативъ дѣлается настолько высокимъ, что можно съ удобствомъ нагревать одинъ изъ концовъ элемента посредствомъ спиртовой лампочки.

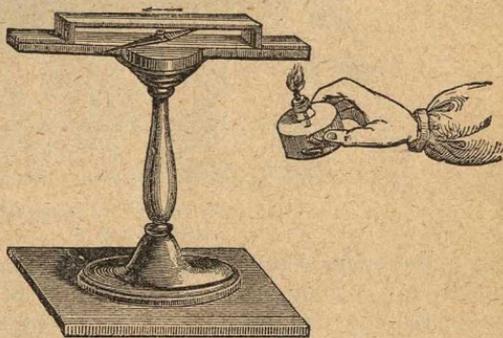


рис. 62.

Пробовали конструировать термо-электрическія батареи изъ сплавовъ цинка съ сурьмой, а также и цинка съ висмутомъ; вѣнцы изъ нѣсколькихъ паръ такихъ пластинокъ изъ сплавовъ и желѣза ставились другъ надъ другомъ и нагревались изнутри коксомъ или газомъ, а снаружи охлаждались воздухомъ. Такія батареи были устроены Кламономъ.

Въ послѣднее время появились новыя термо-электрическія батареи Гюльхера. Въ этихъ батареяхъ для положительныхъ электродовъ служитъ никкель, а для отрицательныхъ—сплавъ изъ сурьмы. Рис. 63-й представляетъ видъ наибольшей модели термо-электриче-

ской батареи Гюльхера. Такая батарея потребляетъ въ одинъ часъ 170 литровъ (6 к. ф.) газа и даетъ токъ силою въ 3 ампера при напряженіи въ 4 вольта. Стоимость этой батареи въ Германіи равна 190 маркамъ (т. е. около 95 руб. \*).

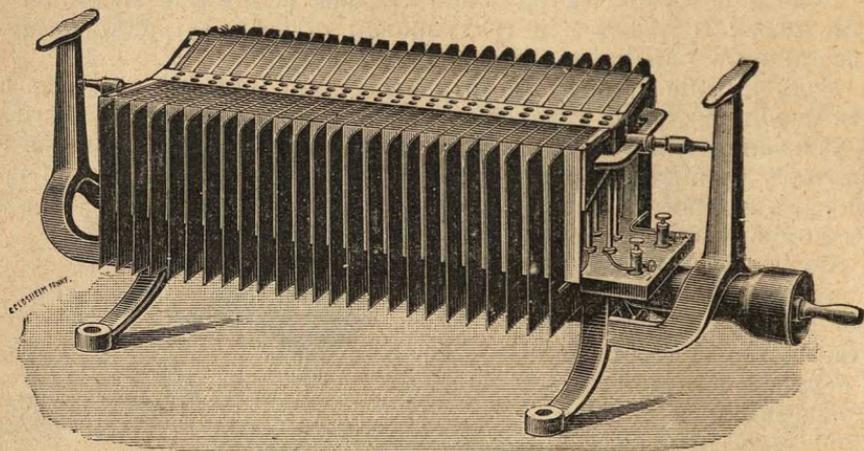


рис. 63.

Батареи Гюльхера отличаются прочностью, постоянством и простотой ухода: въ настоящее время эти батареи употребляются въ лабораторіяхъ преимущественно для электро-химическихъ анализовъ, но въ соединеніи съ аккумуляторами (которые могутъ быть ими же заряжаемы), они могутъ служить и для многихъ другихъ цѣлей.

#### Опытъ относительно зависимости силы тока отъ величины электро-возбудительной силы.

Для доказательства того, что сила тока пропорціональна электро-возбудительной силѣ, служитъ слѣдующее устройство.

Изъ 7 желѣзныхъ и 6 нейзильберовыхъ проволокъ отъ 2—3 мм. діаметромъ и 24 см. длиною составляютъ зигзагообразную цѣпь изъ 6 термо-элементовъ. 12 спаекъ загибаютъ внизъ на длину въ 4 см. и погружаютъ соотвѣтственно въ 12 жестяныхъ стаканчиковъ. Не-

\*) Берлинская фирма Юліуса Пяцца изготовляетъ эти батареи въ трехъ размерахъ, стоимостью въ 190, 160 и 85 марокъ.

четные спаи отдѣляются отъ четныхъ спаевъ поперечной деревянной стѣнкой, которая въ тоже время служитъ для поддержки всей батареи и на ней же укрѣплены конечные борны. Стаканчики нечетныхъ спаевъ помѣщаются всѣ на общей деревянной подставкѣ, а каждый изъ четныхъ стаканчиковъ поддерживается треножкой, подъ которую подставляется спиртовая лампочка.

Для производства опыта надо соединить термо-электрическую батарею съ реостатомъ и чувствительнымъ гальванометромъ. Затѣмъ стаканчикъ перваго элемента (спая) наполняютъ холодной водой (лучше всего — снѣгомъ), а стаканчикъ второго — горячей водой и кромѣ того нагрѣваютъ его спиртовой лампочкой. Отмѣчаютъ показаніе гальванометра; затѣмъ постепенно вводятъ въ цѣпь и другіе элементы, наполняя ихъ стаканчики холодной и горячей водой. Показанія гальванометра будутъ пропорціональны числу введенныхъ элементовъ. Точные результаты получаются при употребленіи снѣга.

### Явленія, производимыя гальваническимъ токомъ.

а. *Внутреннія* явленія, т. е. такія, которыя токъ производитъ въ той цѣпи, черезъ которую онъ протекаетъ.

- 1) Тепловыя явленія, проводы нагрѣваются.
- 2) Свѣтovyя явленія, нагрѣваніе провода можетъ достигнуть степени накаливанія.
- 3) Химическія явленія, на примѣръ разложеніе воды въ самомъ элементѣ или же на пути прохожденія тока.
- 4) Физиологическія явленія, т. е. такія, которыя токъ производитъ на мускулы и нервы, по которымъ онъ пробѣгаетъ.

б. *Внѣшнія* явленія, дѣйствія на разстояніи, т. е. такія, которыя токъ производитъ внѣ цѣпи.

- 1) Дѣйствіе на другіе токи, динамическія дѣйствія.
- 2) Магнитныя дѣйствія, отклоненіе магнитной стрѣлки, намагничиваніе.
- 3) Дѣйствія на замкнутыя цѣпи, явленія индукціи или наведенные токи.

### Опредѣленіе полезной работы тока.

а. Основныя положенія.

1. На основаніи закона Ома имѣемъ, что сила тока  $I$  равна электровозбудительной силѣ  $E$ , раздѣленной на сумму сопротивленій

$R + r$ , ( $r$  — сопротивление внутреннее, а  $R$  — сопротивление внешнее), то есть

$$I = \frac{E}{R + r}.$$

2. Работа тока  $T$  (travail) определяется произведением из силы тока  $I$  — на электровозбудительную силу  $E$ , то есть

$$T = I \times E.$$

Если  $I = 1$  амперу, а  $E =$  вольту, то произведение изъ ампера на вольтъ называется *вольтъ-амперомъ*, а также и *ваттомъ*. Вольтъ-амперъ принято обозначать  $V. A$ , а ваттъ посредствомъ буквы  $W$ . Работа тока можетъ быть слѣдовательно выражена въ вольтъ амперахъ или же въ ваттахъ.

3. Вся работа тока распадается на внутреннюю и внешнюю. Внутренняя работа, по закону Джоуля, равна квадрату силы тока  $I^2$ , умноженному на внутреннее сопротивление  $r$ , т. е.  $= I^2 r$ . Внешняя работа тока и представляетъ именно полезную работу, такъ какъ она идетъ на производство во внешней цѣпи явленій тепловыхъ, свѣтовыхъ или же химическихъ. По тому же закону Джоуля внешняя работа тока равна квадрату силы тока  $I^2$  умноженному на сопротивление внешнее  $R$ , т. е.  $= I^2 R$ .

Такимъ образомъ вся работа тока

$$T = I^2 r + I^2 R$$

Если полезную работу тока обозначимъ  $T_u$  (travail utile) то получимъ

$$T_u = T - I^2 r, \text{ т. е.}$$

всей работѣ тока безъ внутренней работы; подставляя вмѣсто  $T$  равную ей величину  $IE$  имѣемъ

$$T_u = IE - I^2 r,$$

или же еще проще

$$T_u = I^2 R.$$

в. *Примѣръ*. Имѣется батарея съ электровозбудительной силой въ 25 вольтъ и съ внутреннимъ сопротивленіемъ въ 15 омъ. Определить полезную работу тока при разныхъ внешнихъ сопротивленіяхъ, а также и максимальную полезную работу.

1. Пусть внешнее сопротивление будетъ равно нулю, т. е. положительный и отрицательный полюса батареи соединены короткой и толстой мѣдной проволокой; въ такомъ случаѣ

$$I = \frac{E}{r + R} = \frac{25}{15 + 0} = \frac{25}{15} = 1,67 \text{ амп.}$$

$$\text{Полезная работа } Tu = I^2 R = (1,67)^2 \times 0 = 0.$$

2. Включимъ между борнами внѣшнее сопротивление въ 5 омъ и тогда получимъ

$$I = \frac{E}{r + R} = \frac{25}{15 + 5} = \frac{25}{20} = 1,25 \text{ амп.}$$

$$\text{Вся работа тока } T = I \times E = 1,25 \times 25 = 31,25 \text{ ватта.}$$

$$Tu = T - I^2 r = 31,25 - (1,25)^2 \times 15 = 31,25 - 23,44 = 7,81 \text{ ватта}$$

или иначе  $Tu = I^2 R = (1,25)^2 \times 5 = 7,81 \text{ ват.}$

Если раздѣлить величину  $Tu$  на величину  $T$ , то получимъ такъ называемую величину полезнаго дѣйствія или отдачу, которая въ данномъ случаѣ будетъ равна

$$\frac{Tu}{T} = \frac{7,81}{31,25} = 25\%.$$

3. Сдѣлаемъ внѣшнее сопротивление равнымъ 15 омамъ, тогда имѣемъ

$$I = \frac{E}{r + R} = \frac{25}{15 + 15} = \frac{25}{30} = 0,83 \text{ амп.}$$

$$T = I \cdot E = 0,83 \times 25 = 20,8 \text{ ват.}$$

$$Tu = I^2 R = (0,83)^2 \times 15 = 10,4 \text{ ват.}$$

$$\frac{Tu}{T} = \frac{10,4}{20,8} = 50\%.$$

Въ этомъ случаѣ, когда внѣшнее сопротивление равно внутреннему, работа внѣшняя равна работѣ внутренней.

4. Для внѣшняго сопротивления возьмемъ величину въ 30 омъ, тогда получимъ

$$I = \frac{E}{r + R} = \frac{25}{15 + 30} = \frac{25}{45} = 0,56 \text{ амп.}$$

$$T = I \cdot E = 0,56 \times 25 = 14 \text{ ват.}$$

$$Tu = I^2 R = (0,56)^2 \times 30 = 9,4 \text{ ват.}$$

$$\frac{Tu}{T} = \frac{9,4}{14,0} = 67\%.$$

Изъ вышеизложеннаго видно, что хотя отдача и увеличивается по мѣрѣ увеличенія внѣшняго сопротивленія, но величина полезной работы тока въ тоже время уменьшается. *Наибольшей величины полезная работа тока достигаетъ тогда, когда внѣшнее сопротивление цепи равно внутреннему сопротивленію самой батареи.* Отдача въ этомъ случаѣ равна половинѣ всей работы батареи.

## Цѣны нѣкоторыхъ химическихъ веществъ \*).

1 фунтъ сѣрной кислоты обыкновенной . . . . .	стоитъ	— р.	4 к.
» » » чистой . . . . .	»	— »	15 »
» азотной » обыкновенной . . . . .	»	— »	15 »
» » » чистой . . . . .	»	— »	25 »
» » » дымящейся . . . . .	»	— »	40 »
» соляной » обыкновенной . . . . .	»	— »	5 »
» » » чистой . . . . .	»	— »	15 »
» ѣдкаго кали . . . . .	»	— »	60 »
» двуххромокислаго калия обыкновен.	»	— »	28 »
» » » чистаго . . . . .	»	— »	60 »
» » » натрія обыкновен.	»	— »	30 »
» » » чистаго . . . . .	»	— »	60 »
» мѣднаго купороса обыкновеннаго . . . . .	»	— »	15 »
» » » чистаго . . . . .	»	— »	25 »
» нашатыря . . . . .	»	— »	25 »
» » чистаго . . . . .	»	— »	45 »
» ртути . . . . .	»	1 »	50 »
» » очищенной . . . . .	»	2 »	— »
» цинка . . . . .	»	— »	20 »
» сѣрно-никкелевой соли . . . . .	»	— »	60 »
» сѣрно-никкелево-амміачной соли . . . . .	»	— »	70 »
» азотнокислаго серебра . . . . .	»	23 »	— »

\*) Цѣны химическихъ веществъ подвержены частымъ измѣненіямъ. Приводимыя нами цѣны представляютъ среднія цѣны двухъ С.-Петербургскихъ фирмъ: Штоль и Шмита и Русскаго Общества Торговли Аптекарскими товарами.

## ГЛАВА II.

### Аккумуляторы.

#### Принципъ аккумуляторовъ.

Изъ одного изъ предыдущихъ опытовъ мы узнали, что при разложеніи воды на положительномъ полюсѣ выдѣляется кислородъ, а на отрицательномъ—водородъ. Если послѣ нѣкотораго времени дѣйствія батареи отдѣлить приборъ, въ которомъ происходило разложение воды (рис. 64) отъ батареи и соединить быстро электроды (платиновые) съ гальванометромъ, то отклоненіе стрѣлки этого инструмента укажетъ на присутствіе тока, который по направленію противоположенъ току батареи. Такимъ образомъ оказывается, что приборъ для разложенія воды, или иначе вольтаметръ, дѣйствуетъ подобно гальваническому элементу. Токъ въ этомъ вольтаметрѣ (токъ поляризаціонный) продолжается до тѣхъ поръ, пока газы, (накопившійся на анодѣ кислородъ, а на катодѣ водородъ), — не соединятся опять, образуя воду. Аппаратъ, изображенный на рис. 64, есть такъ называемый газовый элементъ Гровэ.

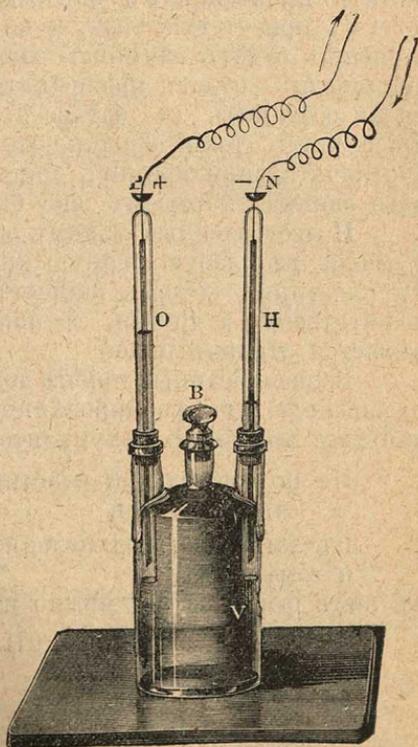


рис. 64.

Если въ сосудъ съ подкисленной водой (рис. 65) поставить двѣ хорошо очищенныя свинцовыя пластинки и пропустить черезъ нихъ токъ отъ батареи, достаточно сильной для разложенія подкисленной воды, то можно при этомъ замѣтить слѣдующее: на той изъ свинцовыхъ пластинокъ, которая соединена съ положительнымъ полюсомъ батареи, выдѣляется кислородъ, который соединяясь съ свинцомъ, образуетъ на его поверхности коричневый слой перекиси свинца ( $PbO_2^*$ ); эта перекись держится на поверхности свинца и не растворима въ слабой сѣрной кислотѣ. На другой свинцовой пластинкѣ, соединенной съ отрицательнымъ полюсомъ батареи, выдѣляется водородъ и до известной степени поглощается порами пластинки.

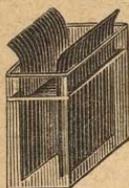


рис. 65.

Если, послѣ пропусканія въ теченіи нѣкотораго времени черезъ нашъ приборъ тока отъ батарей, разобщить его отъ батареи и соединить проводникомъ обѣ свинцовыя пластинки, то мы замѣтимъ во 1-хъ присутствіе тока, и во 2-хъ, что коричневая пластинка постепенно будетъ измѣнять свой цвѣтъ въ болѣе свѣтлый, а чисто свинцовая — будетъ приобрѣтать сѣроватый оттѣнокъ. Если приборъ вновь соединить съ батареей, то положительная пластинка опять приобрѣтетъ темно-коричневый цвѣтъ отъ отложившейся перекиси, а отрицательная приметъ другой оттѣнокъ отъ перехода сѣрнокислаго свинца, которымъ она была покрыта, въ губчатый свинецъ.

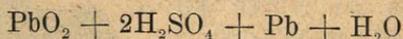
Подготовленныя такимъ образомъ свинцовыя пластинки, погруженныя въ слабую сѣрную кислоту, и составляютъ аккумуляторъ. Та пластинка, которая покрыта перекисью свинца, называется — положительною, а другая, съ поверхностью изъ губчататаго свинца, называется отрицательною.

Вышеописанный приемъ подготовленія свинцовыхъ пластинокъ — называется ихъ формированіемъ. Явленія, происходящія во время дѣйствія подобнаго аккумулятора, состоятъ въ слѣдующемъ:

На положительной пластинкѣ имѣемъ . . . . .  $PbO_2$   
 » отрицательной » » . . . . .  $Pb$

Въ жидкости (подкисленной водѣ) имѣемъ . . . . .  $H_2SO_4^{**}$   
 и самую воду . . . . .  $H_2O$

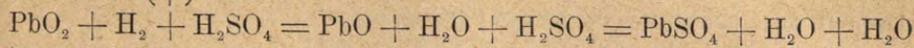
въ видѣ формулы это можно изобразить такъ:



\*) Свинецъ—Plumbum; отсюда сокращенно—Pb.

\*\*\*)  $H_2SO_4$  есть формула сѣрной кислоты.

При разрядѣ вода разлагается на  $H_2$  и  $O$ . На пластинкѣ положительной (+) имѣемъ



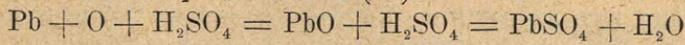
1-й периодъ.

2-й периодъ.

3-й периодъ.

1-й периодъ изображаетъ выдѣленіе водорода ( $H_2$ ) изъ воды; во второмъ периодѣ изображено дѣйствіе этого водорода на перекись свинца ( $PbO_2$ ), состоящее въ томъ, что перекись теряетъ одинъ атомъ кислорода и обращается въ окись свинца ( $PbO$ ), а кислородъ соединяется съ водородомъ и образуетъ опять воду ( $H_2O$ ); въ третьемъ периодѣ — сѣрная кислота дѣйствуетъ на окись свинца, образуетъ сѣрнокислый свинецъ, а изъ водорода кислоты и кислорода окиси свинца—получается еще вода.

На пластинкѣ отрицательной (—) имѣемъ:



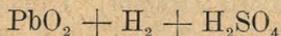
1-й периодъ.

2-й периодъ.

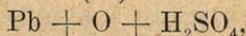
3-й периодъ.

Въ первомъ периодѣ происходитъ выдѣленіе кислорода ( $O$ ) изъ воды; во второмъ периодѣ этотъ кислородъ соединяется съ свинцомъ и образуетъ окись свинца ( $PbO$ ); въ третьемъ периодѣ окись свинца превращается отъ дѣйствія сѣрной кислоты въ сѣрнокислый свинецъ ( $PbSO_4$ ) и въ остаткѣ получается вода ( $H_2O$ ).

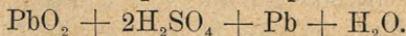
Во время заряда аккумулятора происходятъ явленія обратныя предъидущимъ, такъ что въ концѣ заряда, когда аккумуляторъ уже выдѣляетъ дѣятельно газы (водородъ и кислородъ), у положительной пластинки (+) имѣемъ



а у отрицательной пластинки (—)



то есть состояніе аккумулятора опять прежнее:



Въ такомъ видѣ аккумуляторъ имѣетъ извѣстный запасъ электрической энергіи, полученной во время заряда отъ другого какого либо источника электричества, поэтому аккумуляторы называются тоже *вторичными элементами*.

Зиншtedенъ въ 1854 году былъ первымъ изслѣдователемъ, который обратилъ вниманіе на возможность примѣненія свинца для электродовъ вторичныхъ элементовъ. Но подробная разработка вопроса о свинцовыхъ аккумуляторахъ, ихъ первое практическое при-

мѣненіе, а также и первая теорія ихъ дѣйствія, принадлежать французскому ученому Плантэ. Въ 1859 году Плантэ изготовилъ первую батарею изъ свинцовыхъ аккумуляторовъ.

### Примѣненія аккумуляторовъ.

Въ началѣ появленія аккумуляторовъ ихъ заряжали посредствомъ гальваническихъ элементовъ и такимъ образомъ они служили для накопленія (accumulare по латыни значитъ — накоплять) электрической энергіи отъ элементовъ, которую и можно было потомъ расходовать постепенно по желанію. Кромѣ возможности накопленія и сохраненія электрической энергіи и затѣмъ постепеннаго пользованія ею, аккумуляторы даютъ возможность преобразовывать слабые (сравнительно) токи гальваническихъ элементовъ, которые могутъ служить для ихъ заряжанія, въ токи сильные, хотя и менѣе продолжительные. По закону Ома имѣемъ  $I = \frac{E}{R}$ , слѣдовательно умень-

шая сопротивленіе  $R$  — можемъ получать сильный токъ. Въ аккумуляторахъ внутреннее сопротивленіе дѣйствительно очень незначительно, напримѣръ отъ 0,001 до 0,01 ома, что и даетъ возможность слабый токъ при заряжаніи превратить въ сильный токъ при разряжаніи. При помощи аккумуляторовъ можно также получать и токи высокаго напряженія, если соединять аккумуляторы въ батарею послѣдовательно. Конечно и въ этомъ случаѣ оправдывается основной принципъ механики: что выигрывается въ силѣ, то теряется во времени.

Рис. 66 представляетъ аккумуляторы типа Тюдоръ, изготовляемые заводомъ въ Хагенѣ (Hagen). Стекляныя ванны, въ которыя налита сѣрная кислота (уд. в. 1,15) и подвѣшены аккумуляторныя свинцовыя пластины, стоятъ на фарфоровыхъ изоляторахъ. Одноименныя пластины каждого аккумулятора соединены вмѣстѣ, а при послѣдовательномъ соединеніи аккумуляторовъ соединены кромѣ того съ противоположными пластинами другого аккумулятора. Такъ напримѣръ на рис. 66 десять пластинъ отрицательныхъ одного аккумулятора соединены непосредственно съ девятью пластинами другого аккумулятора.

Хотя аккумуляторы возвращаютъ всего отъ 70 — 75% всей энергіи, потраченной на ихъ заряжаніе, но все таки они находятъ все болѣе и болѣе примѣненіе въ техникахъ и промышленности. Примѣненіе аккумуляторовъ выгодно въ слѣдующихъ случаяхъ:

а. Когда производство тока не идетъ параллельно съ расходомъ его. На заводахъ, гдѣ двигательною силою располагаютъ не

постоянно, можно днемъ заряжать батарею аккумуляторовъ, а вечеромъ питать отъ нея лампы.

Аккумуляторы полезны бываютъ также въ такой установкѣ, гдѣ число горящихъ лампъ временно бываетъ такъ мало, что не стоило бы для нихъ пускать въ ходъ динамо-машины.

Наконецъ въ частныхъ домахъ, гдѣ число горящихъ лампъ постоянно мѣняется, аккумуляторы также весьма полезны.

б. Когда не располагаютъ двигательной силой, достаточной для полнаго освѣщенія. Въ этомъ случаѣ аккумуляторы даютъ возможность запасти въ теченіи дня то количество электричества, которое недостаетъ для вечерняго освѣщенія, и тогда вечеромъ лампы питаются какъ отъ машины, такъ и отъ аккумуляторовъ.

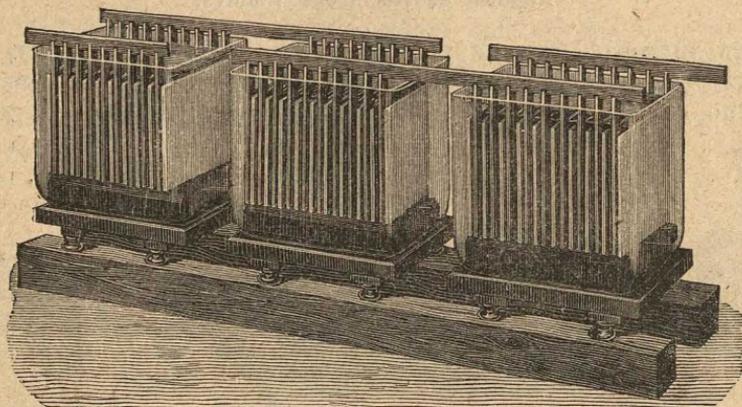


рис. 66.

с. Когда имѣютъ надобность преобразовать токъ большаго напряженія, доставляемый динамо-машиной, въ токъ меньшаго напряженія и болѣе продолжительности,

д. Когда желаютъ накопить при помощи динамо-машины избытокъ двигательной силы и затѣмъ накопленную такимъ образомъ электрическую энергію расходовать въ то время, когда чувствуется недостатокъ въ двигательной силѣ.

е. Аккумуляторы очень удобны какъ запасный источникъ силы, въ случаѣ порчи динамо-машинъ, а также и для накопленія энергіи въ тѣ часы, когда какой нибудь заводъ не работаетъ, а между тѣмъ отъ имѣющейся при немъ постоянной двигательной силы

(напр. водяной) можно было бы черезъ посредство динамо-машины заряжать аккумуляторы.

f. Аккумуляторы хороши для получения тока съ постояннымъ напряженіемъ, что очень важно при освѣщеніи. Движенія паровыхъ машинъ, а съ ними и динамо-машинъ, подлежатъ колебаніямъ; въ особенности это имѣетъ мѣсто въ томъ случаѣ, когда двигатель, приводящій въ движеніе динамо-машины, приводитъ вмѣстѣ съ тѣмъ въ движеніе и станки, и когда, поэтому, нагрузка двигателя постоянно мѣняется. Включеніе въ этомъ случаѣ батареи аккумуляторовъ имѣетъ значеніе регулятора; аккумуляторы играютъ роль какъ бы маховика, сглаживающаго неравномѣрность хода двигателя.

### Первый аккумуляторъ Платэ.

Изъ листового свинца вырѣзаются двѣ длинныя полосы-ленты. Одну изъ этихъ лентъ расправляютъ на столѣ и на нее накладываютъ по длинѣ двѣ узкихъ полосы изъ каучука отъ  $\frac{1}{2}$  до 1 см

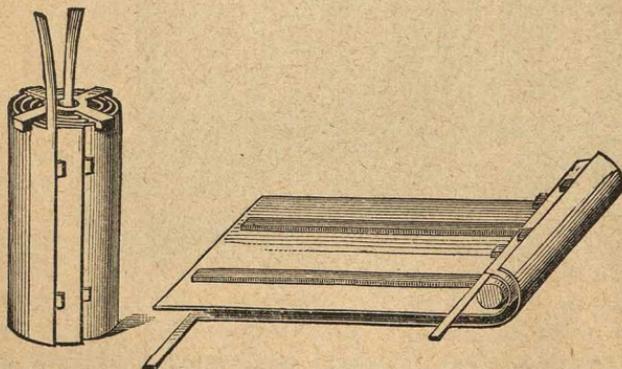


рис. 67.



рис. 68.

толщиною (см. рис. 67). Сверхъ полосъ изъ каучука накладывается вторая свинцовая лента, а на нее—другая пара узкихъ полосъ изъ каучука. Затѣмъ берутъ круглый деревянный валежъ и наворачиваютъ на него обѣ свинцовыя ленты съ ихъ прокладками, черезъ что и получается двойная свинцовая спираль. Послѣ удаленія валька обхватываютъ свинцовую спираль двумя каучуковыми кольцами, чтобы она не разошлась. Каждая изъ свинцовыхъ лентъ снабжена узкой полоской, идущей кверху и служащей однимъ изъ полюсовъ аккумулятора. Полученная такимъ образомъ свинцовая спираль встав-

ляется затѣмъ въ стеклянный цилиндръ, наполненный слабой (10%) сѣрной кислотой.

Рис. 68 представляетъ такой аккумуляторъ Плантэ. Свернутые въ спираль свинцовые электроды прикрѣплены своими полюсами къ эбонитовой крышкѣ. Для заряжанія такого аккумулятора годится первичная батарея, состоящая изъ двухъ небольшихъ элементовъ Бунзена.

Неудобство этого аккумулятора состоитъ въ томъ, что свинцовыя полосы, изъ которыхъ онъ сдѣланъ, приобрѣтаютъ способность накоплять электрическую энергію лишь посредствомъ многократныхъ заряжаній и разряжаній съ переменною направленія заряжающаго тока. Свинецъ при этомъ разрыхляется не только на поверхности, но и на нѣкоторую глубину внутрь пластинокъ, чрезъ что онѣ и дѣлаются болѣе способными подвергаться электролитическому дѣйствию тока. Съ этой цѣлью заряжаютъ и разряжаютъ аккумуляторъ, черезъ нѣкоторые промежутки времени для отдыха, отъ 10 до 20 разъ черезъ сопротивленіе въ 30—40 омовъ, каждый разъ въ противоположномъ направленіи. Поверхность свинцовыхъ пластинокъ, черезъ повторное окисленіе и раскисленіе, дѣлается рыхлой-губчатой. Подобная подготовка пластинокъ аккумулятора называется «формированіемъ аккумулятора». Когда подготовка пластинокъ окончена, то аккумуляторъ заряжаютъ уже всегда въ одномъ и томъ же направленіи. Такое формированіе конечно происходитъ очень медленно и оно было видоизмѣнено затѣмъ самимъ Плантэ слѣдующимъ образомъ. Свинцовыя пластины подвергаются обработкѣ азотной кислотой, разведенной на половину своего объема водой. Въ этой жидкости пластины остаются погруженными отъ двадцати-четырехъ до сорока-восьми часовъ. Затѣмъ пластины вынимаются изъ азотной кислоты, тщательно обмываютъ водой (до 50 разъ) и затѣмъ уже погружаются въ 10% растворъ сѣрной кислоты для формированія. Въ азотной кислотѣ часть свинца конечно растворяется, черезъ это пластинки дѣлаются пористыми, но толщина пластинокъ при этомъ замѣтно не уменьшается. Вслѣдствіе пористости металла химическое дѣйствіе не ограничивается уже одной только поверхностью пластинокъ, но распространяется также и во внутрь. Подготовленные такимъ образомъ свинцовыя пластинки, послѣ трехъ или четырехъ переменъ направленія первичнаго тока, могутъ доставить продолжительные разряды послѣ восьми часовъ формированія, тогда какъ безъ предварительной обработки азотной кислотой, онѣ могутъ дать тѣ же результаты лишь послѣ нѣсколькихъ мѣсяцевъ формированія.

## Аккумуляторъ Фора.

На ускореніе и упрочненіе формировація аккумуляторовъ были направлены усилія многихъ изобрѣтателей, послѣ того какъ стали извѣстны аккумуляторы Плантэ. Въ 1880 году Камиллу Фору удалось первому достигнуть въ этомъ направленіи хорошихъ результатовъ.

Камилль Форъ сразу получилъ электроды съ толстымъ активнымъ слоемъ, наложивъ на свинцовыя пластинки тѣсто изъ окисловъ свинца, удерживаемыхъ покрывающей ихъ оболочкой изъ войлока или сукна. Приготовленные такимъ образомъ электроды достаточно формировать однимъ только заряданіемъ въ продолженіи приблизительно 150 часовъ. Формированіе приводитъ порошкообразныя массы въ состояніе хорошо проводящей токъ, твердой и пористой коры возстановленнаго свинца и перекиси свинца, въ большей или меньшей степени смѣшанныхъ съ сѣрнокислымъ свинцомъ.

Мы опишемъ здѣсь приготовленіе небольшого аккумулятора по системѣ Фора. Берутъ двѣ свинцовыя пластины толщиной въ 1 мм., шириною въ 15 см., и длиною въ 1 метръ. Эти свинцовыя полосы сперва очищаютъ отъ пыли и грязи, а затѣмъ погружаютъ на 10—15 часовъ въ слѣдующую смѣсь:

Сѣрной кислоты . . . . .	2 части
Азотной кислоты . . . . .	1 »
Воды . . . . .	17 »

Затѣмъ вынимаютъ ихъ изъ смѣси, обмываютъ, сушатъ и расправляютъ на гладкомъ столѣ. Одну изъ свинцовыхъ полосъ покрываютъ прокипяченой смѣсью изъ сурика ( $Pb_3O_4$ ), сѣрной кислоты и воды, а другую — тоже прокипяченой смѣсью изъ глета ( $PbO$ ), сѣрной кислоты и воды. Обѣ эти смѣси должны имѣть консистенцію густой кашицы и покрывать пластины довольно толстымъ слоемъ. Смѣсью съ сурикомъ покрывается положительный электродъ, а смѣсью съ глетомъ (окись свинца) — отрицательный электродъ. Когда слои смѣсей высохнутъ, тогда одну изъ полосъ помѣщаютъ между двухъ кусковъ сукна, одинаковыхъ съ ней по величинѣ, накладываютъ затѣмъ другую полосу и прикрываютъ и ее тоже полосою сукна. Затѣмъ все вмѣстѣ наворачивается на деревянный валекъ, чтобы образовался цилиндръ. Валекъ вынимается, а поверхъ цилиндра надѣваютъ одно или два резиновыхъ кольца для скрѣпленія (см. рис. 68). Такимъ образомъ приготовленные электроды аккумулятора помѣщаются въ подходящаго размѣра стаканъ, наполнен-

ный 1 частью сѣрной кислоты и 9 частями воды. Прежде чѣмъ прокладывать свинцовыя пластины сукномъ, на одномъ концѣ каждой изъ нихъ надрѣзываютъ узкую полоску, долженствующую служить полюсомъ, и отгибають ее къ верху.

Суконныя прокладки дѣлаются съ цѣлю изолированія свинцовыхъ пластинокъ между собою, а также и для того, чтобы сукномъ поддерживать слои окисловъ свинца.

Аккумуляторъ будетъ вполнѣ готовъ для заряжанія, если прикроемъ стаканъ деревянной крышкой, пропитанной предварительно парафиномъ. Въ двухъ діаметрально противоположныхъ концахъ крышки высверлены двѣ дырочки для пропуска полюсовъ электродовъ.

Для окончательной формировки такого аккумулятора его надо подвергнуть 4—5 заряжаніямъ и разряжаніямъ, не перемѣняя направленія первичнаго тока. Сурикъ положительной пластинки переходитъ при этомъ въ перекись свинца ( $PbO_2$ ), а глѣть отрицательной—возстановляется въ губчатый пористый свинецъ.

*Положительный и отрицательный электроды аккумулятора.* Въ аккумуляторѣ тѣ пластины и электроды называются *положительными*, которыя соединяются съ положительнымъ полюсомъ батареи или динамо, служащихъ для заряжанія аккумулятора; эти пластины покрыты перекисью свинца коричневаго цвѣта. — *Отрицательными*—называются тѣ, которыя во время заряжанія аккумулятора, соединены съ отрицательнымъ полюсомъ батареи или динамо; эти пластины покрыты губчатымъ свинцомъ сѣраго цвѣта. Такимъ образомъ названія электродовъ аккумулятора соотвѣтствуютъ направленію первичнаго тока при заряжаніи.

*Недостатки аккумуляторовъ Фора.* При заряжаніи и разряжаніи пластинки аккумулятора подвергаются расширенію и сжатію. Слой сурика не способенъ слѣдовать за этими измѣненіями и потому постепенно отстаетъ отъ пластинки, крошится и падаетъ внизъ. Чрезъ это аккумуляторъ приходитъ постепенно въ негодность.

### Изготовленіе дешеваго аккумулятора.

Берутъ деревянный ящикъ слѣдующихъ размѣровъ внутри: длина—25 см., высота и ширина—20 см. (рис. 69). Ящикъ этотъ необходимо сдѣлать непроницаемымъ для воды и кислоты, почему и слѣдуетъ его изнутри парафинировать, или покрыть слоемъ морского клея, какъ это указано на стр. 5 и 36. Затѣмъ изготовляютъ двѣ дощечки длиною въ 25 см., шириною въ 10 см. и толщиною

въ  $1\frac{1}{2}$  см. Поперекъ каждой дощечки дѣлаютъ пилою надрѣзы на разстояніи въ 1 см. другъ отъ друга и глубиною въ 5 мм. Оставивъ по 1 см. на обоихъ концахъ каждой дощечки, всѣхъ надрѣзовъ придется сдѣлать 23. Ширина надрѣза зависитъ отъ толщины того свинцоваго листа, изъ котораго будутъ нарѣзаны пластинки аккумулятора.

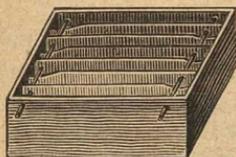


рис. 69.

Допустимъ, что она будетъ равна 2 мм. Обѣ дощечки должны быть хорошо парафинированы или осмолены. Каждая изъ дощечекъ укрѣпляется по серединѣ одной изъ длинныхъ сторонъ ящика и притомъ такъ, чтобы надрѣзы одной дощечки приходились противъ надрѣзовъ другой. Хотя эти дощечки и вставляются внутрь ящика, но укрѣпить ихъ винтами надо снаружи, чтобы винты не подвергались разѣдающему дѣйствию кислоты. Надрѣзы дощечекъ служатъ затѣмъ для укрѣпленія въ нихъ пластинокъ аккумулятора. Изъ куска листового свинца, толщиною въ 2 мм., нарѣзаютъ затѣмъ 23 пластинки, длиною и шириною въ 18 см. Въ одномъ изъ угловъ каждой пластинки просверливается дыра въ 1 см. діаметромъ, а другой соотвѣтствующій уголъ срѣзывается наискось. Всѣ пластинки тщательно выравниваются и обмываются щелокомъ (растворомъ соды или поташа въ водѣ). Затѣмъ пластинки споласкиваются водою и вставляются въ ящикъ, задвигая края въ прорѣзы боковыхъ пластинокъ. Двѣнадцать листовъ надо вставить дырами въ одну сторону, а одинадцать остальныхъ, въ перемежку съ первыми, дырами въ другую сторону. Еще до постановки пластинокъ въ ящикъ, необходимо положить на дно ящика, по длинѣ его и на разстояніи 5—6 см. отъ боковыхъ сторонъ, двѣ стекляныя палочки или трубочки діаметромъ въ 1 см., а длиною въ 25 см. Чтобы эти трубочки упирались плотно въ стѣнки ящика можно употребить тонкія прокладки изъ пробки или резины. Назначеніе стеклянныхъ трубочекъ состоитъ въ томъ, чтобы удерживать пластинки аккумулятора на извѣстномъ разстояніи отъ дна ящика.

Послѣ установки пластинокъ на мѣста, черезъ отверстія пластинокъ и соотвѣтствующія дыры въ стѣнкахъ ящика просовываются два мѣдныхъ прута, вставленные въ свинцовую трубку, которая должна плотно прилегать къ отверстиямъ. Затѣмъ въ ящикъ наливается, для подготовки пластинокъ, слѣдующая смѣсь:

азотной кислоты . . . . .	100	частей
сѣрной       » . . . . .	200	»
воды . . . . .	1,700	»

Эта смѣсь оставляется въ ящикѣ часовъ 10—12 и служить для разрыхленія поверхности свинцовыхъ пластинокъ. По прошествіи указанного времени смѣсь выливается изъ ящика, который споласкиваютъ сперва водой, а затѣмъ наполняютъ 16% растворомъ сѣрной кислоты (уд. вѣсъ раствора=1,17).

Мѣдный пруть, проходящій черезъ двѣнадцать пластинъ, соединяютъ съ отрицательнымъ полюсомъ батареи или динамо, а тотъ пруть, который проходитъ черезъ одинадцать пластинокъ, присоединяютъ къ положительному полюсу. На наружныхъ стѣнкахъ ящика, около отверстій, черезъ которыя проходятъ прутья, служащія электродами, ставятъ красный крестъ у положительнаго, а черной горизонтальной чертой обозначаютъ отрицательный полюсъ. Заряжаніе продолжаютъ до тѣхъ поръ, пока на положительныхъ пластинкахъ не начнется дѣятельное выдѣленіе кислорода. Для окончательной формировки пластинокъ аккумулятора слѣдуетъ заряжаніе и разряжаніе произвести нѣсколько разъ.

Вмѣсто обрѣзанія угловъ у пластинокъ и просверливанія въ нихъ дыръ, можно напротивъ того снабжать каждую пластинку однимъ боковымъ отросткомъ кверху. Эти отростки соединяются соотвѣтственнымъ образомъ зажимами, или болтами съ гайками, они и служатъ полюсами аккумулятора. Такимъ образомъ можно избѣгать просверливанія стѣнокъ ящика и употребленія прутьевъ.

Пластинки подобнаго ящичнаго аккумулятора можно снабдить активной массой по системѣ Фора, для чего и поступаютъ слѣдующимъ образомъ.

Свинцовыя пластинки берутся нѣсколько толще, напр. въ 3 мм.: каждая пластинка кладется на слой бумаги нѣкоторой толщины и свободная ея сторона дѣлается шероховатой посредствомъ вдавливанія въ нее зубьевъ грубаго напильника (рашпеля) ударами деревяннаго молотка. Приготовивъ такимъ образомъ одну сторону пластинки, ее перевертываютъ, и обрабатываютъ также и другую сторону.

Активная масса, которая должна быть нанесена на шероховатую поверхность пластинокъ, готовится изъ сѣрной кислоты и сурика. Въ фарфоровую ступку наливаютъ смѣсь 2 объемовъ концентрированной сѣрной кислоты и 1 объема воды и всыпаютъ туда столько сурика, чтобы получилось густое тѣсто. Эта масса выдѣляется газы, сильно пахнущіе озонномъ, и принимаетъ бурый цвѣтъ вслѣдствіе образованія перекиси свинца. Тѣсту даютъ стоять 24 часа и затѣмъ намазываютъ его на свинцовыя пластинки. Черезъ нѣсколько времени масса, намазанная на пластинки, приобретаетъ твердость цемента и тогда можно изъ пластинокъ собрать аккумуляторъ. Активною жидкостью служить вышеупомянутая 16% сѣрная

кислота. При заряджаніи регулируютъ силу тока такимъ образомъ, чтобы съ пластинокъ не выдѣлялись газы. Продолжительность заряджанія укажетъ, что такого рода пластинки могутъ дать при разрядѣ большія количества электрической энергіи. Для заряджанія подобныхъ аккумуляторовъ въ особенности пригодны элементы Калло.

### Аккумуляторы съ плоскими пластинками.

Сгибаютъ (пляютъ) свинцовыя пластинки такъ, какъ это показано на рис. 70, затѣмъ ставятъ ихъ для подготовки на нѣкоторое время въ уже извѣстную намъ смѣсь изъ сѣрной и азотной кислоты съ водой, и наконецъ наполняютъ складки пластинокъ «активными массами», состоящими изъ сурика и глета, описанныхъ на стр. 74.

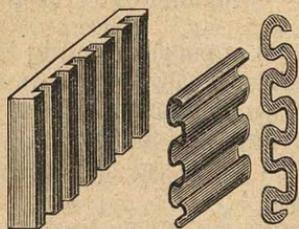


рис. 70.

Такимъ образомъ приготовленныя пластинки вставляются въ достаточно широкіе прорѣзы въ боковыхъ планкахъ ящика, наливаютъ слабой (16%) сѣрной кислоты и соединяютъ отростки четныхъ пластинокъ въ одинъ зажимъ, а нечетныхъ — въ другой. Пластинки помѣщаются въ ящикъ такъ, что складки располагаются горизонтально, а между пластинками остается промежутокъ въ 8—10 мм.

### Рѣшетчатые и трубчатые аккумуляторы.

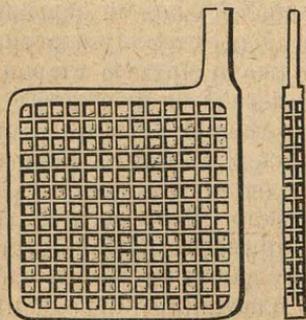


рис. 71.

Въ настоящее время выдѣляются аккумуляторы крайне разнообразныхъ типовъ, изъ которыхъ мы упомянемъ о двухъ: рѣшетчатомъ и трубчатомъ.

На рис. 71 изображена пластина рѣшетчатого аккумулятора сбоку и въ разрѣзѣ. Свинецъ отливается въ формы, похожія на вафельныя. Пустыя ячейки, такимъ образомъ получаемыя, заполняются «активной массой» и затѣмъ пластинки подвергаются фирмированію.

Въ трубчатыхъ аккумуляторахъ активная масса помѣщается въ трубкахъ изъ эбонита, целлюлоида, и т. п. Стѣнки этихъ трубокъ снабжены много-

численными отверстиями, а черезъ середину активной массы проходитъ свинцовый пруть, служащій проводникомъ для тока. Этимъ путемъ достигается значительная емкость аккумулятора.

### Полученіе рыхлаго (губчатого) свинца для аккумуляторовъ.

Въ желѣзномъ котелкѣ расплавляютъ свинецъ и прибавляютъ къ нему столько ртути, чтобы при охлажденіи получилась амальгама, которую можно было бы легко разминать руками. Эта амальгама наносится ровнымъ слоемъ на поверхность свинцовыхъ пластинокъ, которыя предварительно амальгамируются. Амальгама крѣпко пристаетъ къ пластинкамъ, которыя собираютъ затѣмъ въ видѣ аккумулятора и пропускаютъ черезъ него токъ. По мѣрѣ формировація пластинокъ ртуть выдѣляется и собирается на днѣ сосуда, такъ что ее можно опять употребить въ дѣло. Свинецъ же, бывшій въ соединеніи со ртутью, остается на поверхности пластинокъ въ рыхломъ состояніи.

Русскій электротехникъ Н. Бенардосъ предложилъ слѣдующій способъ приготовленія губчатого свинца. Приготавливаютъ смѣсь изъ двухъ частей по вѣсу уксуснокислаго свинца (сахара-сатурнъ) въ порошокъ и одной части цинковыхъ опилокъ (лучше — цинковой пыли). Эту смѣсь кладутъ ровнымъ слоемъ на кусокъ войлока и затѣмъ смачиваютъ войлокъ водой. При этомъ цинкъ возстановляетъ металлическій свинецъ, а самъ соединяется съ уксусной кислотой, образуя уксуснокислый цинкъ, который очень легко растворяется въ водѣ и потому легко можетъ быть отмытъ. На поверхности войлока остается такимъ образомъ слой очень рыхлаго губчатого свинца. Послѣ надлежащей промывки водой для удаленія уксусно-кислаго цинка, губчатый свинецъ можетъ быть уплотненъ, если желаютъ, давленіемъ и быть полученъ въ видѣ плитокъ желаемой величины и формы.

### Устройство карманнаго аккумулятора.

Для приведенія въ дѣйствіе маленькой лампочки накаливанія требуется токъ съ напряженіемъ отъ  $1\frac{1}{2}$  до 2 вольтъ, который можетъ быть доставленъ маленькимъ карманнымъ аккумуляторомъ.

Ящичекъ для такого аккумулятора можно конечно изготовить изъ парафинированнаго дерева, но лучше сдѣлать его изъ каучука. Въ магазинѣ резиновыхъ издѣлій можно приобрести каучуковыя

пластинки толщиной въ 3 мм. Если же листового каучука почему либо достать нельзя, то можно приготовить пластинку из каучуковой массы слѣдующимъ образомъ. Кусокъ каучука достаточной величины разогрѣваютъ въ горячей водѣ, къ которой слѣдуетъ прибавить нѣкоторое количество мыла. Когда масса размякнетъ, тогда изъ нея путемъ раскатыванія готовятъ пластинку вышеупомянутой толщины. Изъ большой пластинки, купленной или приготовленной, вырѣзаютъ два куска шириною въ 10 см. и длиною въ 15 см., еще два—шириною въ 3 см. и длиною 15 см., и наконецъ два—шириною въ 3 см. и длиною въ 10 см. Полученныя такимъ образомъ маленькія пластинки прикладываютъ къ сторонамъ деревяннаго параллелепипеда, имѣющаго размѣры  $3 \times 10 \times 15$  см., и обвязываютъ тонкой бичевой. Мѣста стыковъ (швовъ) пластинокъ нагрѣваютъ, прикладывая къ нимъ горячее желѣзо, (напр. горячій утюгъ); отъ нагрѣванія каучукъ размягчается и пріобрѣтаетъ способность склеиваться. Плотность склейки швовъ есть главное условіе успѣха работы. При неплотности швовъ жидкость аккумулятора можетъ просачиваться наружу и испортить платье. Поэтому слѣдуетъ тщательно испробовать ящикъ. Для этого вынимаютъ изъ него деревянный параллелепипедъ, служившій формой, наливаютъ въ ящикъ воду и смотрятъ, нѣтъ ли гдѣ течи. Если таковая имѣется, то отмѣчаютъ ея мѣста цвѣтнымъ карандашомъ. Затѣмъ воду выливаютъ прочь, ящичекъ просушиваютъ и послѣ этого проводятъ горячій желѣзкой по намѣченнымъ мѣстамъ, при этомъ щели заплываютъ каучукомъ.

Покончивши съ ящикомъ, приступаютъ къ изготовленію свинцовыхъ пластинокъ. Изъ листового свинца толщиной въ 2 мм., вырѣзаютъ двѣ пластинки размѣромъ  $8 \times 12$  см., въ верхней части которыхъ оставляютъ отростки величиною въ  $2 \times 3$  см. Эти отростки нужны для образованія полюсовъ пластинокъ и для прикрѣпленія къ нимъ впоследствии борновъ (см. рис. 72). Обѣ пластинки, отступая на 1 см. отъ краевъ, изрѣсечиваютъ небольшими сквозными дырочками (напр. посредствомъ толстаго шила). Затѣмъ одна изъ пластинокъ обмазывается тѣстомъ изъ сурика, а другая—тѣстомъ изъ глета, какъ это было указано на стр. 74. Приготовленныя такимъ образомъ свинцовыя пластинки просушиваютъ до полного затвердѣванія тѣста. Для устраненія возможности передвиженія пластинокъ въ ящичкѣ, а также и во избѣжаніе контакта между ними, по бокамъ пластинокъ, а также и между ними, помѣщаютъ по стекляной палочкѣ или трубочкѣ діаметромъ около 6 мм. и длиною около 15 см.

Формированіе пластинокъ лучше произвести еще до постановки ихъ въ ящикъ, при чемъ замѣчаютъ время, необходимое для заряданія и разряданія.

Въ крышечкѣ аккумулятора прорѣзають три отверстія: два въ видѣ щелей—для обоихъ полюсовъ аккумулятора, и одно круглое, которое нужно для налитія въ ящичекъ кислоты и для выхода газовъ. Черезъ узкія щели въ крышкѣ пропускають полюсы пластинокъ и къ нимъ припаивають зажимы. Въ круглое же отверстіе вставляютъ короткую стеклянную трубочку. Края крышки приклеиваються къ сторонамъ ящичка тоже посредствомъ нагрѣванія горячей полоской желѣза. Этимъ же путемъ заплавляються края щелей у полюсовъ и у отверстія для стеклянной трубочки. Можно также употребить и замазку изъ 1 части асфальта и 2 частей каучука, которые разминаются въ горячемъ состояніи. Этой замазкой можно прикрѣпить стеклянную трубочку къ крышкѣ аккумулятора и самую крышку къ ящичку. Такое укрѣпленіе можно считать вполне надежнымъ, если только оно было тщательно сдѣлано. Стеклянная трубочка закупоривается эбонитовой пробочкой.

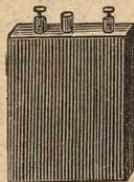


рис. 72.

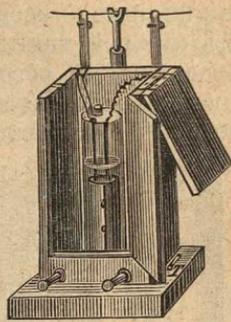


рис. 73.

### Устройство электрической зажигательницы.

Рис. 73 представляетъ одну изъ электрическихъ зажигательницъ, которая состоитъ изъ деревяннаго ящичка, стоящаго на подставкѣ и снабженнаго дверцей и крышкой. Внутри ящичка поставленъ стеклянный стаканчикъ съ двумя свинцовыми пластинками, свернутыми спиралью, и со слабой сѣрной кислотой. Эти пластинки конечно предварительно должны быть сформированы. Полюсы этого маленькаго аккумулятора соединены съ одной стороны съ двумя зажимами, служащими для присоединенія къ батарее, которая заряжаетъ аккумуляторъ; съ другой стороны эти же полюсы соединяются съ двумя сточками, между которыми зажата тонкая платиновая проволочка. Токъ отъ аккумулятора только тогда можетъ проходить черезъ эту проволочку, когда нажимають на контактъ Т, находящійся съ боку ящичка на подставкѣ его. При прохожденіи тока черезъ платиновую проволочку, она накаливается и зажигаетъ при этомъ маленькую бензиновую лампочку. Это зажиганіе можно производить разъ 100, прежде чѣмъ потребуетъ новое заряжаніе аккумулятора. Поверхность свинцовыхъ пластинокъ аккумулятора равна примерно 8 квадр. дециметрамъ; для заряда надо брать 3 элемента Даниеля.

Можно устроить зажиганіе спиртовой или бензиновой лампочки еще и слѣдующимъ образомъ. Для этого на одной изъ стѣнокъ ящичка съ аккумуляторомъ дѣлають слѣдующія приспособленія. Въ доску А (рис. 74) ввинчиваютъ два мѣдныхъ штифтика В и С, на которыхъ укрѣпляется свернутая спиралью тонкая платиновая проволочка. Къ нижней части доски А привинчивается одинъ конецъ латунной проволоки D, согнутой по срединѣ кольцомъ, противъ котораго къ доскѣ А привинчивается латунный кружокъ Е. Другой конецъ проволоки D сгибается также кольцомъ и служитъ для укрѣпленія въ

немъ маленькой лампочки F. Эта лампочка устраивается изъ небольшого пробирнаго стаканчика, заткнутаго пробкой G, въ которую вставляется латунная трубочка съ фитилемъ. Штифтикъ В соединяется съ зажимомъ Н посредствомъ проволоки, проходящей съ задней стороны доски А. Штифтикъ С соединяется также посредствомъ проволоки съ кружкомъ Е, а нижній конецъ проволоки D соединяется съ зажимомъ I. Къ зажимамъ Н и I присоединяются также и проволоки отъ полюсовъ аккумулятора. Прижимая среднее кольцо проволоки D къ кружку Е, мы замыкаемъ токъ, платиновая спираль В С накаливается и зажигаетъ пары спирта или бензина, выдѣляющіеся съ верхняго конца

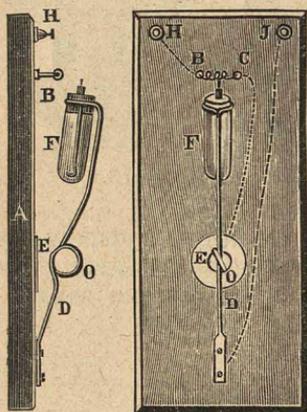


рис. 74.

свѣтильни лампочки F. Чтобы спиртъ или бензинъ не улетучивался — горѣлка закрывается металлическимъ колпачкомъ.

### Свойства аккумуляторовъ и правила ухода за аккумуляторами.

а. *Напряженіе у зажимовъ аккумулятора.* Обыкновенный аккумуляторъ со свинцовыми электродами и съ слабой сѣрной кислотой, какъ возбуждающей жидкостью, не смотря на различіе въ количествѣ пластинъ и въ величинѣ ихъ, даетъ при началѣ разряжанія напряженіе у зажимовъ всегда равное 2 вольтамъ. Затѣмъ напряженіе падаетъ до 1,9 V и долго стоитъ на этой величинѣ; начиная же съ 1,85 V напряженіе начинаетъ падать очень быстро. На рис. 75 это

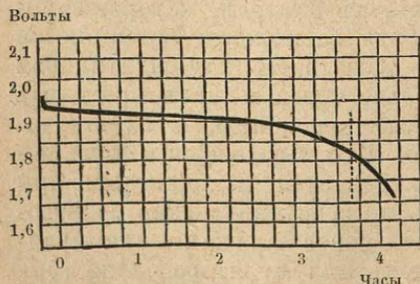


рис. 75.

паденіе напряженія при разрядѣ аккумулятора изображено наглядно графически. Разряжаніе аккумулятора не слѣдуетъ вести дальше 1,8 V и потому эта граница изображена на рис. 75 пунктирной линіей. Разряжаніе ниже 1,8 V очень вредно для аккумуляторовъ.

При заряджаніи напряженіе довольно быстро подымается съ 1,8 V до 2,0 V, и затѣмъ уже постепенно до 2,2 V. Подъ конецъ заряджанія напряженіе доходитъ до 2,4—2,5 V, при чемъ замѣчается обильное выдѣленіе газовъ, почему и говорятъ, что аккумуляторъ «кипитъ».

б. *Емкостью* аккумулятора называется то количество электрической энергіи, выраженной въ амперъ-часахъ, которое доставляется разрядомъ хорошо заряженнаго аккумулятора, работающаго при нормальной для него силѣ тока, до уменьшенія напряженія на 10% ниже средней начальной величины. Такъ напр., если аккумуляторъ разряжается въ теченіи 10 часовъ при силѣ тока въ 15 амперъ, при паденіи напряженія у борновъ съ 2 V до 1,8 V, то его емкость равна  $10 \times 15 = 150$  амперъ-часамъ, а работа имъ произведенная за это время будетъ равна  $10 \times 15 \times 1,9^*) = 285$  уаттъ-часамъ.

с. *Плотностью* тока аккумулятора называется то количество тока, выраженное въ амперахъ, которое при разряжаніи аккумулятора приходится на одинъ квадратный метръ поверхности его положительныхъ электродовъ. Такъ напр., если поверхность положительныхъ пластинъ аккумулятора равна 0,80 кв. метра, а сила тока при разрядѣ = 120 амп., то плотность тока на 1 кв. метръ = 150 амп., или  $1\frac{1}{2}$  ампера на 1 кв. дециметръ.

Если имѣются пять аккумуляторовъ емкостью въ 150 амперъ-часовъ каждый, съ нормальной силой тока при разряжаніи въ 15 амперъ, то, соединивши эти пять аккумуляторовъ послѣдовательно, мы получимъ батарею, которая дастъ намъ въ теченіи 10 часовъ токъ силою въ 15 амперъ при 10 вольтахъ напряженія у борновъ. Соединивши эти 5 аккумуляторовъ параллельно, мы можемъ получить токъ въ теченіи 10 часовъ силою въ 75 амперъ, но только при 2 вольтахъ напряженія у борновъ.

Такъ какъ емкость аккумулятора зависитъ отъ количества дѣйствующей (активной) массы пластинъ, то принято также опредѣлять емкость аккумулятора числомъ амперъ-часовъ, приходящихся на 1 килограммъ вѣса пластинъ. Въ этомъ отношеніи аккумуляторы разныхъ типовъ значительно отличаются другъ отъ друга. Въ среднемъ можно принять для практики на 1 килограммъ пластинъ — 5 амперъ-часовъ.

\*) Среднее напряженіе въ вольтахъ.

d. *Измѣненіе удѣльнаго вѣса кислоты при заряданіи и разряданіи аккумулятора.* Химическія реакціи, происходящія во время заряда и разряда аккумулятора, вліяютъ на плотность кислоты. Во время заряданія разложеніе сѣрнокислаго свинца сопровождается выдѣленіемъ сѣрной кислоты, а при разрядѣ — наоборотъ происходитъ образованіе воды. Эти измѣненія въ плотности кислоты можно наблюдать посредствомъ ареометра. Такъ напр. въ аккумуляторѣ типа Тудоръ уд. вѣсъ кислоты повышается при зарядѣ съ 1,115 до 1,145. Кромѣ того наблюдается разница въ плотности кислоты вверху и внизу аккумулятора; внизу плотность больше, чѣмъ вверху, разница доходитъ до  $2\frac{1}{2}$  ‰. Для полученія вѣрнаго опредѣленія средняго уд. вѣса кислоты надо, чтобы тѣло ареометра стояло бы симметрично между верхней и нижней кромками пластинъ.

e. *Отдачей аккумулятора* (полезное дѣйствіе) называется отношеніе между количествомъ амперъ-часовъ, полученныхъ отъ аккумулятора при разрядѣ, къ числу амперъ-часовъ, которые были употреблены на заряданіе аккумулятора. Обыкновенно при разрядѣ получается отъ 90 до 95% амперъ-часовъ, полученныхъ аккумуляторомъ при зарядѣ. Отношеніе уаттъ-часовъ не столь благопріятно, и въ настоящее время можно принять для хорошихъ аккумуляторовъ цифры отъ 80 до 85%.

f. Продолжительность службы аккумулятора есть то время, въ теченіи котораго его пластины способны давать нормальный для него токъ. Эта продолжительность зависитъ отъ многихъ причинъ, а именно: отъ толщины активной массы пластинъ, отъ степени связности этой массы, отъ плотности и чистоты кислоты, отъ способности положительныхъ пластинъ къ расширенію безъ изгибанія и отпаденія массы, отъ обхожденія съ аккумуляторомъ и т. п. При хорошемъ уходѣ и своевременномъ ремонтѣ положительныхъ пластинъ, можно рассчитывать не менѣе какъ на десятилѣтнюю службу аккумулятора.

g. При заряданіи аккумуляторовъ надо соблюдать слѣдующія правила:

1) При заряданіи сила тока должна быть меньше (напр. на  $\frac{1}{4}$ ) тока при разрядѣ, но за то превосходить его по напряженію. При заряданіи съ помощью гальваническихъ элементовъ надо соединить ихъ на напряженіе (т. е. послѣдовательно), а заряжаемые аккумуляторы соединить параллельно. Аккумуляторы при разряданіи для цѣлей освѣщенія соединяются послѣдовательно, такъ какъ при этомъ ихъ электровозбудительныя силы суммируются.

2) Источникъ заряжающаго тока долженъ быть постояненъ для того, чтобы его электровозбудительная сила никогда не могла упасть

ниже эл. возб. силы аккумуляторовъ, такъ какъ иначе можетъ получиться токъ противоположный заряжающему и болѣе его сильный. Въ такомъ случаѣ энергія, запасенная въ аккумуляторахъ, была бы потеряна на воздѣйствіе на элементы, а эти послѣдніе могутъ при этомъ быть повреждены.

Если источникъ заряжающаго тока не постояненъ, какъ это имѣетъ мѣсто относительно динамо-машинъ, то между динамо и аккумуляторами надо включить самодѣйствующій выключатель. Такой аппаратъ будетъ описанъ впоследствии.

#### h. Численные примѣры.

1) Какого вѣса надо взять аккумуляторную батарею для освѣщенія въ теченіи пяти часовъ при помощи 30 лампочекъ накаливанія въ 100 вольтъ и 0,6 амп. каждая? Такъ какъ напряженіе тока при разрядѣ не должно падать ниже 1,85 V, то  $\frac{100}{1,85}$  даетъ число аккумуляторовъ равнымъ 54. Количество электричества, потребное для освѣщенія, опредѣляется въ  $30 \times 0,6 \times 5 = 90$  амп. часовъ. Если принять емкость аккумулятора въ 5 амперъ-часовъ на килограммъ, то вѣсъ одного аккумулятора будетъ равенъ  $90 : 5 = 18$  килограммъ, а вѣсъ всей батареи равенъ  $18 \times 54 = 972$  килограммъ.

2) Какого размѣра батарея аккумуляторовъ можетъ дать токъ силою въ 6 амп. и съ напряженіемъ въ 12 вольтъ? Заданное напряженіе требуетъ употребленія шести аккумуляторовъ, соединенныхъ послѣдовательно. Если принять, что 1 кв. метръ поверхности положительнаго электрода въ аккумуляторѣ даетъ въ часъ 60 амперъ, то для полученія тока въ 6 амп. надо, чтобы поверхность положительныхъ пластинъ въ каждомъ аккумуляторѣ была равна  $\frac{1}{10}$  кв. метра, т. е. равна 10 квадратнымъ дециметрамъ.

#### Коммутаторъ для заряжанія и разряжанія аккумуляторовъ.

Для удобства заряжанія и разряжанія аккумуляторовъ, въ особенности если ихъ число нѣсколько значительно, устраиваются особеннаго рода коммутаторы, которые даютъ возможность, не теряя времени, однимъ поворотомъ рукоятки въ ту или другую сторону, группировать аккумуляторы на напряженіе при разрядѣ, и на количество—при зарядѣ.

Аппаратъ, изображенный на рис. 76 и 77, состоитъ изъ деревянной подставки, на которой укрѣпленъ деревянный же длинный цилиндръ, отъ 5 до 6 сант. въ діаметрѣ. На каждомъ концѣ этого

цилиндра имѣются по два мѣдныхъ кольца, шириною въ 1 сант., изолированныхъ другъ отъ друга. По этимъ кольцамъ скользятъ съ треніемъ латунныя, или мѣдныя, пружинныя полосы, привинченныя къ нижней доскѣ подставки. Съ одной стороны цилиндра, какъ это

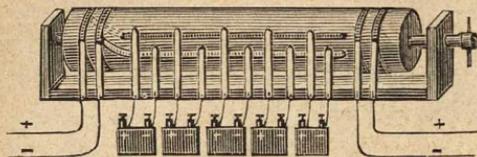


рис. 76.

изображено на рис. 76, укрѣплены двѣ продольныя мѣдныя полосы, изъ которыхъ одна соединена съ однимъ кольцомъ на лѣво, а другая съ другимъ. Къ соответствующимъ этимъ кольцамъ пружинамъ присоединяются проводники отъ источника тока, служащаго для заряженія

аккумуляторовъ. Къ пружинамъ, которые упираются на продольныя полосы, присоединяются соответствующимъ образомъ аккумуляторы, которые при этомъ положеніи коммутатора соединены параллельно, т. е. на количество. Если повернуть коммутаторъ на  $180^\circ$ ,

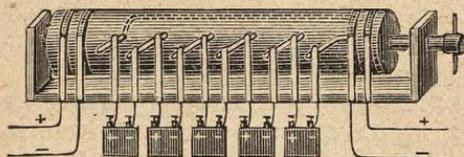


рис. 77.

то получимъ соединеніе аккумуляторовъ послѣдовательное, которое достигается тѣмъ, что пружины, къ которымъ присоединены аккумуляторы, упираются не на двѣ продольныя полосы, а на цѣлый рядъ короткихъ мѣдныхъ полосъ, расположенныхъ подъ угломъ, какъ это показано

на рис. 77. Крайнія изъ этихъ полосъ соединены съ кольцами на право, а на каждую промежуточную полосу упираются по двѣ пружины, соответствующія разноименнымъ полюсамъ двухъ сосѣднихъ аккумуляторовъ. Къ пружинамъ колець на правомъ концѣ цилиндра прикрѣпляются проводники, отводящія токъ отъ аккумуляторовъ при ихъ разряженіи.

По окончаніи разряженія аккумуляторовъ поворотъ коммутатора на  $180^\circ$  приводитъ аккумуляторы въ положеніе, готовое для заряженія, и при этомъ не требуется измѣнять расположенія проводовъ ни у аккумуляторовъ, ни у гальваническихъ элементовъ.

#### Установка аккумуляторовъ.

При установкѣ аккумуляторовъ надо соблюдать слѣдующія условія:

1) Мѣсто для постановки аккумуляторовъ должно быть сухое и прохладное, чтобы по возможности уменьшить испареніе жидкости

аккумуляторовъ, а также избѣжать потери тока черезъ стекляныя стѣнки сосудовъ аккумуляторовъ;

2) Аккумуляторы надо установить на сухомъ, окрашенномъ масляной краской, столѣ и притомъ не прямо на столѣ, а подложивъ для лучшей изоляціи подъ каждый аккумуляторъ особо изготовленные фарфоровыя подставки;

3) Аккумуляторы устанавливаются рядами такъ, чтобы каждый аккумуляторъ былъ доступенъ для осмотра и ремонта;

4) Отдѣльные аккумуляторы соединяются между собою или припайкою соответствующихъ отростковъ свинцовыхъ электродовъ посредствомъ пламени паяльной трубки съ греющимъ газомъ, или же посредствомъ свинчиванія этихъ отростковъ болтами съ гайками. Въ послѣднемъ случаѣ мѣсто соединеній слѣдуетъ покрыть парафиномъ.

Уходъ за аккумуляторами, въ особенности какъ за источниками тока въ лабораторіяхъ.

Относительно ухода за аккумуляторами извѣстный нѣмецкій физикъ Кольраушъ даетъ слѣдующія указанія:

1) Разряженные аккумуляторы слѣдуетъ зарядить безъ потери времени; слѣдуетъ избѣгать долгаго оставленія аккумуляторовъ въ разряженномъ состояніи.

2) Удѣльный вѣсъ кислоты разряженнаго аккумулятора долженъ быть 1,11 — 1,15, а при заряджаніи подняться съ 1,15 до 1,20, при чемъ напряженіе у борновъ должно дойти съ 1,9 до 2,45 вольта. При разряжаніи никогда не слѣдуетъ допускать паденія напряженія ниже 1,7 V. Съ 1,95 V напряженіе падаетъ до 1,8 V весьма медленно, съ 1,8 до 1,71 — быстрѣе, а съ 1,7 — очень быстро. Кислота должна совершенно покрывать пластины аккумулятора и быть совершенно чистой. Металлы, растворенные въ кислотѣ, удаляются пропусканіемъ черезъ нее сѣроводорода. Объемъ кислоты долженъ быть по меньшей мѣрѣ равенъ объему пластинъ. Обыкновенно можно рассчитывать на полезную отдачу аккумуляторовъ въ размѣрѣ 80% электрической энергіи, употребленной для ихъ заряджанія.

3) Во внѣшнюю цѣпь аккумуляторовъ всегда долженъ быть включенъ амперметръ, и кромѣ того отъ времени до времени необходимо провѣрять удѣльный вѣсъ кислоты посредствомъ ареометра.

4) Чѣмъ слабѣе токъ при заряджаніи, тѣмъ больше емкость аккумулятора. Отдача аккумулятора тоже больше при разрядѣ слабымъ токомъ, но необходимо избѣгать при этомъ полного разряжанія. Если аккумуляторы долго остаются безъ употребленія, то необходимо при

случаѣ подвергнуть ихъ нормальному разряду и затѣмъ немедленно вновь зарядить ихъ до нормы.

5) При доливаніи жидкости въ аккумуляторы, въ замѣнъ испарившейся и разбрызганной, слѣдуетъ имѣть въ виду сохраненіе нормы удѣльнаго вѣса кислоты. Изъ заряженныхъ аккумуляторовъ не слѣдуетъ выливать жидкости, такъ какъ при этомъ положительныя пластины на воздухѣ окисляются и нагрѣваются. По этой причинѣ такой аккумуляторъ при новомъ наполненіи жидкостью не даетъ нормального числа амперъ - часовъ. Подобный аккумуляторъ можетъ быть приведенъ въ исправное состояніе, если его подвергнуть продолжительному перезаряжанію, то есть когда заряджаніе вести гораздо дальше нормального.

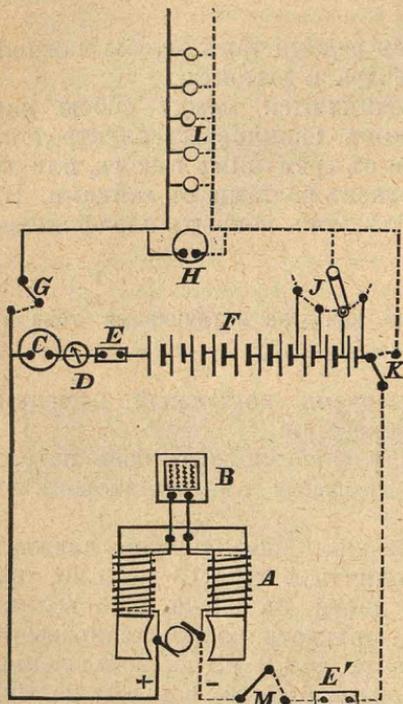


рис. 78.

6) Для заряджанія аккумуляторовъ лучше всего употреблять динамо-машину съ шунтомъ (съ отвѣтвленіемъ) и кромѣ того примѣнять автоматическій выключатель.

7) Для заряджанія и разряджанія батареи изъ многихъ аккумуляторовъ необходимо устроить распределительную (коммутаторную) доску, на которой и укрѣпляютъ: выключатель, амперметръ, вольтметръ, указатель направленія тока и реостатъ (регуляторъ сопротивленія).

При уменьшеніи напряженія вводятъ постепенно добавочные аккумуляторы (см. рис. 78).

#### Объясненіе рис. 78.

- A. — Динамо-машина съ отвѣтвленіемъ (шунтомъ).
- B. — Регуляторъ для отвѣтвленія (шунта).
- M. — Автоматическій выключатель.
- E и E'. — Свинцовые предохранители.
- C. — Амперметръ.
- G. — Выключатель для внѣшней цѣпи.
- K. — Выключатель для цѣпи отъ машины къ аккумуляторамъ.

Е. — Батарея аккумуляторовъ.

Ж. — Коммутаторъ для включенія запасныхъ аккумуляторовъ.

Н. — Вольтметръ для внѣшней цѣпи.

Л. — Внѣшняя цѣпь для освѣщенія.

### ГЛАВА III.

#### Измѣреніе силы тока. Измѣрительные инструменты.

Мы не можемъ опредѣлить абсолютную силу электрическаго тока, а только — относительную. Опредѣленіе силы тока производится путемъ косвеннымъ, то есть опредѣляя размѣры тѣхъ видоизмѣненій, которыя производятся токомъ въ составѣ или въ состояніи тѣлъ. Мы не можемъ опредѣлить количества электричества, проходящаго по проводнику, такимъ же образомъ какъ это можно сдѣлать при измѣреніи количества воды, протекающей по водопроводу.

Опредѣленія силы тока основаны на химическихъ и механическихъ его дѣйствіяхъ при прохожденіи по проводнику (сравни дѣйствія тока, стр. 63).

Различные методы, при этомъ примѣняемые, сводятся къ слѣдующимъ тремъ видамъ:

1) Опредѣляютъ количество вещества, которое выдѣлено токомъ въ извѣстный промежутокъ времени.

2) Опредѣляютъ силу магнитнаго поля, которое получено отъ дѣйствія тока, посредствомъ наблюденія величины отклоненія подвижной магнитной стрѣлки, или куска мягкаго желѣза, подъ вліяніемъ дѣйствія тока.

3) Опредѣляютъ величину дѣйствія, которое оказываетъ токъ, проходящій по неподвижному проводнику, на токъ, протекающій по подвижному проводнику.

#### Опредѣленіе силы тока на основаніи его химическихъ дѣйствій.

Когда токъ проходитъ черезъ вещество, которое можетъ быть имъ разложено на составныя части, то количество разложеннаго вещества, или выдѣлившихся при этомъ его составныхъ частей,

прямо пропорціонально количеству электрической энергии, прошедшей через это вещество въ теченіи извѣстнаго промежутка времени, а слѣдовательно пропорціонально силѣ тока. Законъ Фарадея 1833 г.

Если обозначимъ через  $m$  и  $m_1$  тѣ вѣсовыя количества веществъ, которыя выдѣляются токомъ  $I$  и  $I_1$  въ одинаковые промежутки времени изъ электролитовъ <sup>1)</sup>, то имѣемъ

$$I : I_1 = m : m_1.$$

Инструменты, устроенные для измѣренія силы тока на основаніи вышесказаннаго закона, называются *вольтаметрами*. При измѣреніи силы тока вольтаметрами принимаютъ за единицу такой токъ  $I$ , который въ извѣстное время (напр. въ 1 минуту) выдѣляетъ опредѣленное количество извѣстнаго вещества (напр. мѣди), и затѣмъ сравниваютъ дѣйствіе другаго тока  $I^1$  съ этой величиной, на основаніи выше приведенной пропорціи.

Наиболѣе употребительными единицами служатъ количества слѣдующихъ веществъ, которыя выдѣляются токомъ силою въ 1 амперъ въ теченіи 1 минуты:

серебра — въ 1 минуту . . . . .	0,06709 грам.
мѣди » » » » . . . . .	0,01968 »
гремучаго газа — въ 1 минуту . . . . .	10,44 кубич. сантим.
	(при 0° Ц. и 760 мм. баром. давленія).

Для опредѣленія силъ тока на основаніи этихъ величинъ устраиваются вольтаметры: серебряный, мѣдный и водяной. Къ описанію устройства этихъ вольтаметровъ мы теперь и перейдемъ.

**Водяной вольтаметръ или вольтаметръ съ гремучимъ газомъ <sup>2)</sup>.**

Изъ большой рюмки, или стакана на ножкѣ, и двухъ пробирныхъ цилиндриковъ можно легко изготовить водяной вольтаметръ подобный тому, который изображенъ на рис. 79.

Съ этой цѣлью въ днѣ рюмки или стакана просверливаютъ два очень узкихъ отверстія. Это можно скоро сдѣлать отъ руки. Берутъ очень тонкій и заостренный трехгранный напилочекъ, нагрѣваютъ его до бѣла и затѣмъ немедленно погружаютъ его въ холод-

<sup>1)</sup> Электролитомъ — называется то вещество, черезъ которое проходитъ токъ и которое подвергается при этомъ разложенію.

<sup>2)</sup> Гремучимъ газомъ — называется смѣсь водорода и кислорода, которая получается при разложеніи электрическимъ токомъ слегка подкисленной воды.

ную воду. Напильникъ отъ этого дѣлается столь твердымъ и хрупкимъ, что для обработки металла онъ уже не годится. Конецъ такого напильника устанавливають на то мѣсто, гдѣ должно быть отверстіе это мѣсто предварительно намѣчаютъ крестообразнымъ надрѣзомъ напильникомъ, затѣмъ смачиваютъ напильникъ растворомъ камфоры въ бензинѣ, или въ скипидарѣ, и повертываютъ его то въ ту, то въ другую сторону, при легкомъ нажиманіи рукою. Когда сверленіе отверстія приближается къ концу, то надо надавливать очень слабо и вертѣть тихо, прижимая со внутренней стороны стакана кусочекъ дерева къ тому мѣсту, которое просверливается.

Въ полученныя такимъ образомъ два отверстія укрѣпляютъ посредствомъ воска, сургуча, или гипсового тѣста, двѣ платиновыя проволоочки съ ушками наружу. Если для укрѣпленія проволочекъ употребленъ гипсъ, то его слѣдуетъ послѣ просушки пропитать растворомъ шеллака, или расплавленнаго парафина, чтобы предупредить просачиваніе жидкости черезъ гипсъ.

Кто желаетъ избѣжать сверленія стекла, тотъ можетъ устроить вольтметръ нѣсколько иначе. Берутъ стеклянную воронку и дѣлаютъ кругообразный надрѣзъ острымъ напильникомъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ конусъ воронки соединяется съ трубкой; затѣмъ трубку отламываютъ, обравнивають края полученнаго въ воронкѣ отверстія полукруглымъ напильникомъ, и вставляютъ въ это отверстіе каучуковую или простую пробку, съ укрѣпленными въ ней предварительно платиновыми проволочками. Приготовленный такимъ образомъ сосудъ для вольтметра устанавливаютъ въ кольцо штатива для фильтрованія.

Какъ бы ни былъ приготовленъ сосудъ для вольтметра, его наполняютъ смѣсью 9 объемовъ воды съ 1 объемомъ сѣрной кислоты; этой же смѣсью наполняютъ вполнѣ и пробирные цилиндрики. Для погруженія пробирнаго цилиндрика въ сосудъ вольтметра поступаютъ такъ: отверстіе цилиндрика, наполненнаго вышепомянутой смѣсью, затыкаютъ большимъ или указательнымъ пальцемъ, поворачиваютъ цилиндрикъ донышкомъ къ верху, и погружаютъ другой конецъ, не отнимая пальца, въ жидкость. Одинъ цилиндрикъ устанавливается надъ одной проволочкой, а другой—надъ другой; затѣмъ ушки проволочекъ соединяются проводниками съ источникомъ тока, силу котораго желаютъ измѣрить. Для разложенія подкисленной воды требуется токъ, имѣющій не менѣе  $1\frac{1}{2}$  вольта напряженія и потому посредствомъ водянаго вольтметра нельзя измѣрять токовъ съ напряженіемъ менѣе  $1\frac{1}{2}$  V.



рис. 79.

Въ цилиндрикѣ, опрокинутомъ надъ положительнымъ электродомъ (анодомъ), собирается кислородъ, а въ цилиндрикѣ, стоящемъ надъ отрицательнымъ электродомъ (катодомъ), собирается водородъ. Кислородъ узнается по тому, что тлѣющая лучинка, опущенная въ сосудъ, наполненный кислородомъ, загорается съ яркимъ пламенемъ. Водородъ отличается тѣмъ, что отъ горящей спички воспламеняется самъ и горитъ слабымъ, но горячимъ, синеватымъ пламенемъ. Водорода по объему выдѣляется въ одно и то-же время вдвое болѣе, чѣмъ кислорода.

Для измѣренія количества выдѣляющихся газовъ въ кубическихъ сантиметрахъ надо пробирные цилиндрики калибровать, т. е. обозначить на нихъ дѣленія, соответствующія кубическимъ сантиметрамъ. Это производится слѣдующимъ образомъ: на пробирный цилиндрикъ наклеиваютъ по его длинѣ полоску бумаги, затѣмъ подвѣшиваютъ цилиндрикъ отверстиемъ вверхъ къ одному изъ плечъ коромысла вѣсовъ и уравниваютъ его тарою (т. е. соответствующимъ количествомъ дроби, или же разновѣсокъ). Послѣ установления равновѣсія на ту чашку вѣсовъ, гдѣ находится тара, прибавляютъ разновѣску въ 1 граммъ. Для возстановленія равновѣсія наливаютъ въ цилиндрикъ соответствующее количество воды, которое въ данномъ случаѣ будетъ по объему равно 1 куб. сантиметру воды, такъ какъ 1 граммъ есть именно вѣсъ 1 куб. сант. воды. Приведя цилиндрикъ въ вертикальное положеніе, проводятъ на бумажкѣ карандашомъ черту, которая соответствуетъ уровню воды. Также поступаютъ для нанесенія и послѣдующихъ дѣленій. Чтобы полоска бумаги не намочила и не отстала въ жидкости вольтметра, ее покрываютъ сверху лакомъ.

Для опредѣленія количества гремучаго газа надо взять сумму объемовъ газовъ, собравшихся въ каждомъ изъ цилиндриковъ. Въмѣсто двухъ цилиндриковъ можно взять и одинъ, побольше діаметромъ, и накрыть имъ обѣ прволочки, тогда въ немъ уже прямо будетъ собираться смѣсь кислорода и водорода, то есть гремучій газъ.

Если сосудъ водянаго вольтметра наполнить мыльной водой, къ которой для проводимости прибавлено нѣкоторое количество раствора ѣдкаго натра, или ѣдкаго кали, то видоизмѣненный такимъ образомъ вольтметръ даетъ возможность произвести опыты надъ взрывчатыми свойствами гремучаго газа. Электроды вольтметра соединяются съ гальванической батареей, но не накрываются пробирнымъ цилиндрикомъ, такъ что выдѣляющіеся газы свободно подымаются до поверхности мыльной жидкости, гдѣ они и образуютъ пузыри. Если къ этимъ пузырямъ поднести горящую лучинку, то гремучій газъ, въ нихъ содержащійся, взрываетъ съ громкимъ трескомъ.

## Мѣдный вольтаметръ.

Если въ стеклянный сосудъ налить концентрированный растворъ мѣднаго купороса (сѣрномѣдной соли— $\text{CuSO}_4$ ), погрузить затѣмъ въ эту жидкость двѣ мѣдныя пластинки, изъ которыхъ болѣе толстую соединить съ положительнымъ полюсомъ батареи, а тонкую—соединить съ отрицательнымъ, то растворъ купороса подвергнется разложению (см. рис. 80). При этомъ мѣдь, выдѣлившаяся изъ раствора, будетъ отлагаться на отрицательномъ электродѣ (катодѣ), увеличивая его вѣсъ и объемъ, а сѣрная кислота, сдѣлавшаяся свободною, будетъ вновь растворять мѣдь положительнаго электрода (анода). Такимъ образомъ составъ раствора будетъ оставаться неизмѣннымъ, а количество электричества прошедшаго черезъ такой приборъ въ теченіе извѣстнаго промежутка времени, можно опредѣлить по количеству мѣди, отложившейся за это время на катодѣ. Такой приборъ и называется мѣднымъ вольтаметрѣмъ.

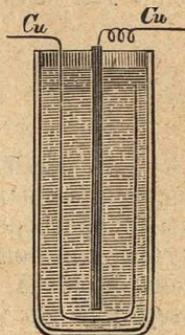


рис. 80.

Разложение токомъ какого либо химически сложнаго вещества на его составныя части называется *электролизомъ*. Чтобы сложное вещество могло подвергнуться электролизу, оно должно быть жидкимъ и обладать проводимостью. Вещество, подверженное электролизу, называется—*электролитомъ*, а тѣ составныя части, на которыя оно распадается, называются *ионами*. Ионъ, выдѣляющійся у положительнаго электрода, называютъ *аніономъ*, а у отрицательнаго—*катіономъ*. Въ мѣдномъ вольтаметрѣ электролитомъ служитъ растворъ сѣрномѣдной соли ( $\text{CuSO}_4$ ), мѣдь (Cu), выдѣляющаяся на катодѣ, есть катіонъ, а группа  $\text{SO}_4$ , выдѣляющаяся у анода, есть аніонъ.

Токъ силою въ 1 амперъ отлагаетъ мѣди

въ 1 секунду . . . . .	0,000328 гр.
въ 1 минуту . . . . .	0,01968 гр.
въ 1 часъ . . . . .	1,1808 гр.

Къ раствору мѣднаго купороса прибавляютъ для лучшей проводимости 5% сѣрной кислоты. Для измѣренія силы тока какой нибудь батареи пропускаютъ токъ отъ нея черезъ вольтаметръ въ теченіи опредѣленнаго числа секундъ или минутъ. Опредѣляютъ затѣмъ вѣсъ мѣди, отложившейся на катодѣ, и раздѣляютъ полученную величину на число секундъ или минутъ и на соответствующую вели-

чину отложенія мѣди въ 1 сек., или мин., при силѣ тока въ 1 амперъ (то есть на 0,000328 или на 0,01968 гр.).

Поверхность электродовъ должна быть на столько велика, чтобы на 1 квадрат. дециметръ катода не приходилось болѣе 2,5—3 амперъ. Если перейти эту границу, то осажденіе мѣди происходитъ не плотное, черезъ что часть ея можетъ упасть на дно сосуда и быть потеряна для взвѣшиванія.

### Серебряный вольтметръ.

Въ серебряномъ вольтметрѣ катодомъ служитъ обыкновенно серебряная или платиновая чашка, которая наполняется нейтральнымъ растворомъ азотнокислаго серебра. Анодомъ служитъ стержень изъ химически чистаго серебра, который обвязывается снизу лоскутомъ полотна, чтобы предупредить паденіе на дно чашечки частицъ стержня, что могло бы ошибочно увеличить ея вѣсъ.

Гораздо болѣе удобную форму можно придать серебряному вольтметру, если наполнить серебрянымъ растворомъ небольшой химическій стаканчикъ, въ который и погрузить въ качествѣ анода пластинку изъ химически чистаго серебра, а катодомъ—пластинку платиновую. Во время дѣйствія инструмента надо отъ времени до времени помѣшивать жидкость въ стаканчикѣ стеклянной палочкой. Подъ конецъ платиновую пластинку вынимаютъ, обмываютъ, высушиваютъ и взвѣшиваютъ. Неудобство серебрянаго вольтметра состоитъ въ томъ, что серебро имѣетъ большое стремленіе выдѣляться въ кристаллахъ, которые только слабо держатся на катодѣ. Если послѣ нѣкоторыхъ опытовъ серебряные кристаллы на столько увеличились, что угрожаютъ паденіемъ, то платиновую пластинку очищаютъ, погружая ее въ азотную кислоту.

Токъ силою въ 1 амперъ осаждаетъ

въ 1 секунду . . . . .	0,001118 гр. серебра.
въ 1 минуту . . . . .	0,06708 гр. »
въ 1 часъ . . . . .	4,0248 гр. »

Серебряный и мѣдный вольтметры употребляются для градуировки техническихъ амперметровъ. Отъ продолжительности опыта зависитъ точность градуировки, такъ какъ ошибка будетъ тѣмъ меньше, чѣмъ больше вѣсъ отложившагося металла. Для цѣлей практическихъ полчасовой опытъ достаточенъ.

## Численные примѣры.

1) Требуется опредѣлить силу тока, который выдѣлилъ въ водяномъ вольтметрѣ 13 куб. сантим. гремучаго газа въ теченіи  $1/2$  минуты?

1 амперъ выдѣляетъ въ 1 минуту . . 10,44 к. см.

1 амперъ выдѣлитъ въ  $1/2$  минуты. . . 5,22 к. см.

$$\frac{13 \text{ куб. см.}}{5,22 \text{ куб. см.}} = \text{почти } 2,5 \text{ ампера.}$$

2) Въ мѣдномъ вольтметрѣ токъ выдѣлилъ въ теченіи 4 ч.  $25^{1/2}$  мин. 22,365 гр. мѣди. Какъ велика сила этого тока?

Продолжительность дѣйствія тока равна 265,5 мин., а поэтому его сила опредѣлится изъ

$$\frac{22,365}{0,0197 \times 265,5} = 4,28 \text{ амп.}$$

Или иначе: въ 1 часъ одинъ амперъ отлагаетъ 1,181 гр. мѣди, а токъ въ данномъ случаѣ дѣйствовалъ въ теченіи 4,425 часа, слѣдовательно его сила равна

$$\frac{22,365}{1,181 \times 4,425} = 4,28 \text{ амп.}$$

3) Какой силы токъ можетъ выдѣлить въ теченіи  $1/2$  часа 5 граммовъ мѣди?

Въ 1 часъ токъ въ 1 амперъ выдѣляетъ 1,181 гр. мѣди.

въ  $1/2$  часа » » » » выдѣляетъ 0,5905 » »

Отсюда—сила искомаго тока равна

$$\frac{5}{0,5905} = 8,46 \text{ амп.}$$

4) Сколько граммовъ серебра могутъ быть осаждены токомъ въ 3,6 ампера въ теченіи 2 ч. 15 м.?

Продолжительность дѣйствія тока равна 2,25 час., а въ 1 часъ 1 амперъ осаждаетъ 4,0248 гр. серебра, слѣдовательно получимъ

$$4,0248 \times 2,25 \times 3,6 = 32,6 \text{ грамма серебра.}$$

5) Во сколько времени токъ силою въ 25 амперъ выдѣлитъ 25,155 гр. серебра?

$$\frac{25,155}{0,06708 \times 25} = 15 \text{ мин.}$$

Чтобы дать возможность сравнивать количества разныхъ металловъ, выдѣляемыхъ токомъ силою въ 1 амперъ въ одинъ и тотъ же промежутокъ времени, приводимъ слѣдующую таблицу.

Токъ силою въ 1 амперъ выдѣляетъ.	въ 1 секунду граммовъ.	въ 1 минуту граммовъ.	въ 1 часъ граммовъ.
Алюминія . . . . .	0,0000935	0,00562	0,337
Желѣза . . . . .	0,0002908	0,01745	1,047
Золота . . . . .	0,0006792	0,04075	2,445
Калия . . . . .	0,0004054	0,02432	1,459
Мѣди . . . . .	0,0003281	0,01968	1,181
Никкеля . . . . .	0,0003045	0,01827	1,096
Натрія . . . . .	0,0002388	0,01433	0,860
Олова . . . . .	0,0006088	0,03653	2,194
Платины . . . . .	0,0005048	0,03029	1,817
Ртути . . . . .	0,0010375	0,06225	3,735
Свинца . . . . .	0,0010716	0,06430	3,858
Серебра . . . . .	0,0011183	0,06710	4,026
Цинка . . . . .	0,0003370	0,02021	1,213

### Опредѣленіе силы тока посредствомъ его воздѣйствія на магнитную стрѣлку.

#### Гальваноскопъ и гальванометръ.

Выше было уже нами замѣчено, что *гальваноскопами* называются вообще такіе аппараты, которые служатъ скорѣе не для измѣренія силы тока, а для указанія существованія въ данномъ случаѣ электрическаго тока, а также и для опредѣленія того направленія, въ которомъ этотъ токъ протекаетъ. Самый первообразный гальваноскопъ есть нашъ языкъ, который за неимѣніемъ другого инструмента можетъ замѣнить намъ гальваноскопъ. Если одинъ изъ проводниковъ батареи положить *на языкъ*, а другой—*подъ языкъ*, то при извѣстной силѣ тока чувствуется нами особенное вкусовое ощущеніе. Въ этомъ способѣ опредѣленія тока можно достигнуть извѣстной чувствительности; при этомъ рекомендуется мѣнять положеніе про-

водниковъ и нѣсколько разъ замыкать и размыкать токъ, такъ какъ черезъ это можно скорѣе замѣтить существующую разницу.

Устройство гальваноскоповъ и гальванометровъ основано на воздѣйствіи тока на свободно-вращающуюся магнитную стрѣлку.

Если ABCDEF (см. рис. 81) есть родъ рамки, образованной проводникомъ, по которому протекаетъ токъ въ направленіи, указанномъ верхней стрѣлкой, и эта рамка расположена въ плоскости магнитнаго меридіана, (т. е. въ направленіи стрѣлки компаса), то на магнитную стрѣлку, заключенную въ этой рамкѣ, дѣйствуютъ двѣ силы: 1) — направляющая сила земнаго магнетизма, дѣйствующая параллельно линіи АВ, и 2) — сила электрическаго тока, протекающаго по ABCD и стремящагося привести магнитную стрѣлку въ движеніе по направленію перпендикулярному къ предъидущему.

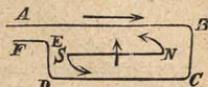


рис. 81.

Отсюда видно, что оба магнитныхъ поля — земнаго магнетизма и электрическаго тока, должны быть другъ относительно друга въ опредѣленномъ положеніи.

Рамки гальваноскоповъ, предназначенныхъ для сильныхъ токовъ, состоятъ лишь изъ небольшого числа оборотовъ толстой проволоки. Наоборотъ, для слабыхъ токовъ надо употреблять гальваноскопы съ рамками, состоящими изъ большого числа оборотовъ и притомъ тонкой проволоки. Съ увеличеніемъ числа оборотовъ проволоки и съ уменьшеніемъ ея толщины возрастаетъ сопротивление и потому надо придерживаться извѣстныхъ границъ, т. е. согласовать сопротивление съ силой того тока, въ цѣпь котораго надо включить гальваноскопъ.

Величина отклоненія магнитной стрѣлки отъ линіи магнитнаго меридіана обуславливается слѣдующими данными:

- 1) направляющей силой земнаго магнетизма;
- 2) величиной силы тока, который дѣйствуетъ на стрѣлку;
- 3) разстояніемъ проводника тока отъ стрѣлки.

### Изготовление магнитной стрѣлки.

Самую простую магнитную стрѣлку можно изготовить изъ швейной или вязальной иглы. Положивши такую иглу, подходящей длины, на столъ, проводятъ по ней нѣсколько разъ, начиная съ середины къ обоимъ ея концамъ, разноименными полюсами двухъ магнитовъ (см. рис. 82). Чтобы подвѣсить такимъ образомъ приготовленную магнитную стрѣлку, ее обхватываютъ въ серединѣ нѣ-

сколькими оборотами тонкой мѣдной или латунной проволоки, концы которой закручиваются и загибаются въ видѣ крючка. За этотъ крючокъ стрѣлка и подвѣшивается при помощи шелковой некрученой нити. Такого рода подвѣшивание стрѣлки удобно лишь въ тѣхъ случаяхъ, когда требуется отъ стрѣлки особенная подвижность, при чемъ необходимо—для предохраненія стрѣлки отъ движеній воздуха, — накрывать ее вмѣстѣ съ рамкой гальваноскопа стекляннымъ колпакомъ.

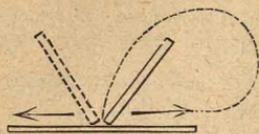


рис. 82.

Достаточною подвижностью обладаетъ магнитная стрѣлка, вращающаяся на остріѣ иглки при помощи стеклянной шляпки. Такая стрѣлка изготовляется обыкновенно изъ часовой пружины, отъ которой отрѣзаютъ кусокъ подходящей длины, оба конца котораго заостряютъ. Для укрѣпленія въ стрѣлкѣ стеклянной шляпки, просверливаютъ въ стрѣлкѣ отверстіе въ 3—4 миллим. діаметромъ, при помощи очень твердаго стального сверла, или остраго конца напильника, смачивая его вышеупомянутымъ растворомъ камфоры въ бензинѣ или въ скипидарѣ. Стеклянная шляпка укрѣпляется въ этомъ отверстіи съ помощью сургуча или воска. Самая шляпка готовится такъ: стеклянную трубочку въ 3—4 мм. діам. нагрѣваютъ на пламени спиртовой лампы и оттягиваютъ въ остріе; затѣмъ самый конецъ обламывается, а остатокъ заправляется, при постоянномъ вращеніи трубки, въ видѣ тупого конуса такъ, чтобы его внутренняя вершина имѣла видѣ полушара. На разстояніи 4—6 мм. отъ наружной вершины этого конуса дѣлаютъ острымъ напильникомъ круговой надрѣзъ и затѣмъ отламываютъ конусикъ отъ остальной части трубки. При нѣкоторомъ навыкѣ можно такимъ образомъ заготовить въ короткое время запасъ стеклянныхъ шляпокъ различной величины.

Менѣе подвижныя стрѣлки получаютъ, если въ отверстіе вставить вмѣсто стеклянной шляпки мѣдный или латунный кружокъ и сдѣлать въ немъ углубленіе такъ называемымъ керномъ, т. е. стальнымъ штифтомъ, котораго одинъ конецъ заостренъ въ видѣ конуса.

#### Указатель тока.

На деревянной дощечкѣ, длиною 14 см., шириною 12 см., укрѣпляютъ мѣдными (латунными) винтами квадратную деревянную рамку (см. рис. 83), которой стороны равны 11 см. внутри, при высотѣ и толщинѣ въ 1 см. Подъ дощечку приклеиваютъ два подобныхъ же брусочка въ видѣ ножекъ. Рамка укрѣпляется на до-

щекѣ такъ, чтобы съ одной стороны оставалось свободное пространство, гдѣ и ввинчиваются два зажима (борна). Вокругъ рамки, начиная отъ одного зажима, дѣлаютъ отъ 2 до 6 оборотовъ голой мѣдной проволокой  $\frac{1}{2}$ —1 мм. діам. Обороты этой проволоки должны быть расположены симметрично относительно магнитной стрѣлки, для чего и дѣлаютъ заранѣе соотвѣтствующія надрѣзы въ двухъ сторонахъ рамки. Второй конецъ проволоки укрѣпляется у другого борна. Въ средней точкѣ квадрата, образованного рамкой, укрѣпляютъ конецъ иголки, на которой и вращается стрѣлка. На днѣ квадрата можно укрѣпить квадратный кусокъ бумаги, или тонкаго бѣлаго картона, на которомъ начерченъ кругъ съ дѣлениями черезъ каждыя 5 градусовъ. Центръ этого круга долженъ конечно совпадать съ серединой квадрата. Для защиты отъ пыли и движенія воздуха на верхъ рамки пакладываютъ квадратный кусокъ стекла (12 см. сторона) и укрѣпляютъ его посредствомъ наклейки на стекло и рамку узкихъ полосокъ бумаги.



рис. 83.

Еще болѣе простой, но менѣе чувствительный, гальваноскопъ можно изготовить слѣдующимъ образомъ. Берутъ узкую мѣдную полоску, сгибаютъ и укрѣпляютъ ее такъ, какъ это указано на рис. 84. Къ концамъ полоски привертываютъ борны, а въ нижней ея половинѣ укрѣпляютъ стальное острие съ магнитной стрѣлкой. Для примѣрнаго опредѣленія величины угла отклоненія стрѣлки можно на остриѣ, подъ стрѣлку, помѣстить бумажный кругъ съ дѣлениями. Въ такомъ случаѣ въ верхней части мѣдной полоски надо здѣлать прорѣзь, чтобы можно было удобно устанавливать стрѣлку на нулевое дѣленіе.

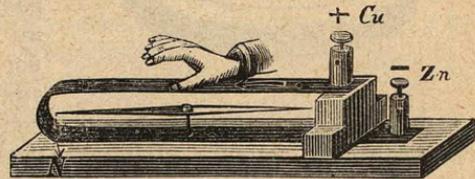


рис. 84.

### Отклоненіе стрѣлки въ зависимости отъ направленія тока.

Если держать правую руку надъ гальваноскопомъ ладонью внизъ и вытянутою по направленію положительнаго тока, идущаго въ данномъ случаѣ (см. рис. 84) отъ Cu (мѣди) къ Zn (цинку), то сѣверный конецъ стрѣлки отклонится влѣво, то есть въ сторону большаго пальца. Если переменить полюса, то есть верхній зажимъ соединить съ Zn (—), а нижній съ Cu (+), то сѣверный конецъ

стрѣлки отклонится вправо. Такимъ образомъ по отклоненію сѣвернаго конца магнитной стрѣлки влѣво или вправо можно судить о направленіи тока.

### Карманный гальваноскопъ.

Изъ двухъ узкихъ дощечекъ, отрѣзанныхъ напр. отъ крышки сигарнаго ящика, длиною сант. въ 10, шириною въ 2—3 сант., и двухъ полуцилиндровъ, полученныхъ отъ разрѣза пополамъ вдоль катушки отъ нитокъ, склеиваютъ рамку гальваноскопа. Эту рамку обматываютъ по ея длинѣ нѣсколькими оборотами изолированной мѣдной проволоки въ 0,5—1 мм. діам. и укрѣпляютъ концы этой проволоки къ двумъ борнамъ, которые ввинчиваютъ въ полуцилиндры. Въ серединѣ одной изъ дощечекъ, образующихъ рамку, укрѣпляютъ

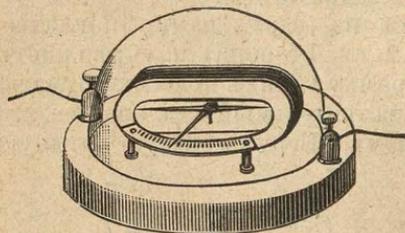


рис. 85.

остріе иголки такъ, чтобы оно доходило примѣрно до середины внутренняго разстоянія между дощечками. Эта игла служитъ для поддержки магнитной стрѣлки. Изъ тонкаго картона изготовляютъ подходящихъ размѣровъ кругъ съ дѣленіями и снизу дѣлаютъ два надрѣза такъ, чтобы можно было загнуть полученные такимъ образомъ сегменты круга

сверху около рамки гальваноскопа. Въ такомъ видѣ весь гальваноскопъ можно удобно прятать въ карманъ.

На рис. 85 изображена рамка гальваноскопа, изготовленная вышеописаннымъ образомъ, но она укрѣплена на круглой деревянной дощечкѣ, въ которую и ввинчены зажимы. вмѣсто цѣльнаго круга съ дѣленіями имѣются отрѣзки его, укрѣпленные на отдѣльныхъ подставкахъ. Рамка со стрѣлкой и дѣленіями накрыта сверху стекляннымъ колпакомъ.

### Гальваноскопъ, изготовленный при помощи компаса.

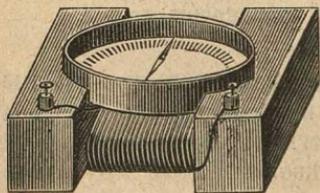


рис. 86.

Деревянная рамка, такого вида какъ это изображено на рис. 86, обернута многочисленными оборотами тонкой изолированной мѣдной проволоки, которой концы укрѣплены у двухъ зажимовъ. Въ верхней части рамки имѣются боковые вырѣзы, въ которые и устанавливается компасъ такимъ образомъ, что дно его коробки лежитъ на

изолированной проволоки. Компасъ устанавливается такъ, что его стрѣлка параллельна оборотамъ проволоки. Соединивши борны этого гальваноскопа съ какимъ нибудь элементомъ, дающимъ слабый токъ, отмѣчаютъ уголъ отклоненія стрѣлки. Затѣмъ перемѣняютъ направление тока и замѣчаютъ уголъ отклоненія стрѣлки въ другую сторону. Если оба угла равны, то компасъ установленъ правильно относительно обмотки.

### Увеличеніе и уменьшеніе чувствительности гальваноскопа.

Для увеличенія чувствительности гальваноскопа надо передъ нимъ положить магнитъ въ плоскости магнитнаго меридіана; магнитъ и стрѣлка гальваноскопа должны быть обращены другъ къ другу одноимѣнными полюсами, а разстояніе между ними должно быть таково, чтобы стрѣлка все-же могла удерживать свое направленіе съ-вера-юга.

Уменьшеніе чувствительности гальваноскопа достигается тѣмъ, что большую часть сильного тока пропускаютъ черезъ проволоку, включенную между борнами гальваноскопа, такъ что только мѣньшая часть тока проходитъ черезъ его обмотку. Сопротивленіе проволоки, вводимыхъ въ подобномъ случаѣ между борнами гальваноскопа, должно быть меньше сопротивленія обмотки его. Такія сопротивленія называются *отвѣтвленіями* или *шунтами*. Обыкновенно эти

шунты изготовляются равными  $\frac{1}{9}$ ,  $\frac{1}{99}$ ,  $\frac{1}{999}$  со-

противленія обмотки гальваноскопа или гальванометра и располагаются въ одной общей коробкѣ (см. рис. 87). Гальванометръ присоединяютъ къ шунтовой коробкѣ со стороны G, а источникъ тока съ противоположной стороны; если вводитъ послѣдовательно посредствомъ втыканія штеп-

селя въ a, b, и c, сопротивленія въ  $\frac{1}{9}$ ,  $\frac{1}{99}$  и  $\frac{1}{999}$ , то черезъ гальвано-

метръ будетъ протекать  $\frac{1}{10}$ ,  $\frac{1}{100}$ ,  $\frac{1}{1000}$  измѣряемаго тока. Такимъ

образомъ съ тѣмъ же гальванометромъ можно измѣрять токи, которыхъ сила колеблется между 1 и 1000.

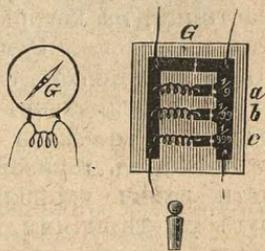


рис. 87.

## Гальванометръ-мультипликаторъ.

Название мультипликатора присвоивается такимъ гальванометрамъ, у которыхъ стрѣлка вращается внутри большого числа оборотовъ тонкой проволоки. Дѣйствіе каждаго оборота суммируется съ дѣйствіями другихъ оборотовъ и такимъ образомъ получается значительное отклоненіе стрѣлки даже отъ слабого тока.

Для изготовленія такого мультипликатора, который бы годился для большинства случаевъ, надо употребить отъ 1,600 до 2,000 обо-

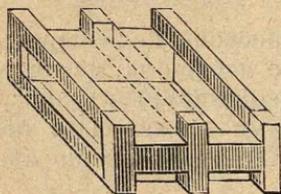


рис. 88.

ротовъ проволоки изолированной шелкомъ діаметромъ отъ 0,3 до 0,5 мм., Для лучшей изолировки проволоку покрываютъ еще сверхъ шелковой обмотки тонкимъ слоемъ шеллака. Для намотки проволоки служитъ квадратная деревянная рамка, изображенная на рис. 88; длина сторонъ этой рамки равна примѣрно 10 сантим. Чтобы стрѣлка не задѣвала за обмотку, проволоку наматываютъ не прямо на рамку, а сперва

вкладываютъ въ прорѣзы рамки тонкія латунныя или мѣдныя пластинки, на которыя уже и накладываютъ одинъ за другимъ обороты проволоки. Рамка съ обмоткой укрѣпляется на дощечкѣ, служащей подставкой, при помощи латунныхъ винтовъ. Стороны подставки сантиметровъ на 5—6 длиннѣе сторонъ рамки; кромѣ того подставка снабжена тремя винтами съ круглыми головками для установки въ горизонтальномъ положеніи (см. рис. 89). На верхней части рамки укрѣпляютъ листъ картона, на которомъ обозначаютъ кругъ съ дѣленіями. Въ центрѣ этого круга оставляютъ отверстіе, черезъ которое пропускаютъ проволочку, соединяющую нижнюю стрѣлку мультипликатора съ верхней. Стрѣлка мультипликатора не простая, а двойная и представляетъ изъ себя такъ называемую *астатическую* \*) *пару*. Приготавливаются эти стрѣлки изъ тонкой стальной фортепiанной проволоки; онѣ должны быть примѣрно на  $\frac{1}{2}$  сантим. короче внутренняго свободнаго пространства рамки. Отрѣзавши нѣсколько кусочковъ фортепiанной проволоки, подходящей длины, ихъ намагничиваютъ попарно до насыщенія. Затѣмъ эти пары испытываются относительно ихъ пригодности слѣдующимъ

\*) Легкоподвижную.

образомъ. Одну изъ стрѣлокъ, составляющихъ пару, кладутъ на известномъ разстояніи параллельно стрѣлкѣ какого нибудь компаса, а другую на томъ же разстояніи также параллельно—по другую сторону стрѣлки компаса. Та пара стрѣлокъ пригодна для изготовления астатической пары, которая въ совокупности не отклоняетъ стрѣлки компаса ни въ ту ни въ другую сторону. Одну изъ стрѣлокъ такой пары обхватываютъ въ серединѣ нѣсколькими оборотами тонкой мѣдной проволоки (діам. 0,3 — 0,4 мм.), загибаютъ концы проволоки въ одну сторону и закручиваютъ. Такъ какъ одна изъ стрѣлокъ должна вращаться внутри рамки съ обмоткой, а другая надъ кругомъ съ дѣленіями, то опредѣляютъ это разстояніе и, отмѣривши его длину на закрученныхъ концахъ проволоки, укрѣпляютъ тутъ между проводочками и другую стрѣлку. Обѣ стрѣлки должны быть совершенно параллельны другъ другу и кромѣ того обращены другъ къ другу разноименными полюсами.

Послѣ укрѣпленія второй стрѣлки, свободные концы проволоки опять закручиваютъ и сгибаютъ въ видѣ крючка. Этимъ крючкомъ астатическая пара подвѣшивается къ шелковой некрученой нити, которая въ свою очередь укрѣпляется въ тонкой прорѣзи загнутаго конца мѣдной стойки. Мѣсто укрѣпленія нити должно приходиться точно надъ центромъ круга съ дѣленіями. Весь мультипликаторъ накрывается затѣмъ стекляннымъ колпакомъ, который можетъ быть устроенъ изъ прямоугольныхъ кусковъ стекла, соединенныхъ вмѣстѣ по стыкамъ при помощи наклеенныхъ узкихъ полосокъ бумаги. Такъ какъ подобный инструментъ весьма чувствителенъ къ сотрясеніямъ, то его лучше всего устанавливать не на столѣ, стоящемъ на полу, а ставить на консоли, прикрѣпленные на удобной высотѣ къ стѣнѣ комнаты, или на подоконникъ.

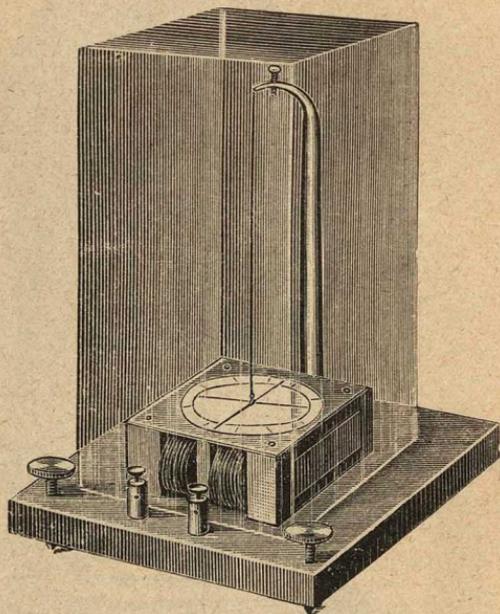


рис. 89.

На рис. 90 изображенъ такой мультипликаторъ, который можетъ быть изготовленъ только въ физико-механической мастерской; онъ долженъ представлять собою идеаль стремлений дилетанта.

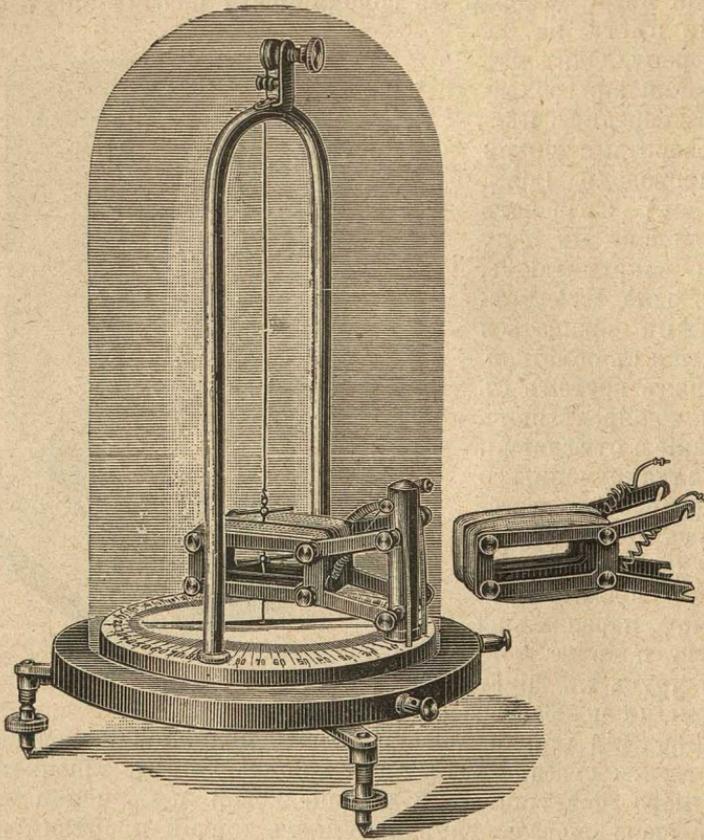


рис. 90.

#### Изготовление простого мультипликатора.

Болѣ простой мультипликаторъ можетъ быть изготовленъ со-  
всѣмъ безъ рамки, какъ это видно на рис. 91. На подходящей до-  
щечкѣ дѣлаютъ нѣсколько оборотовъ изъ голой мѣдной проволоки  
діам. въ 1 мм. и затѣмъ, снявши ихъ съ дощечки, укрѣпляютъ такъ,

какъ это показано на рис. 91. Изъ толстой мѣдной или латунной проволоки изготовляютъ стойку, на загнутомъ концѣ которой и подвѣшиваютъ шелковинку съ астатической парой стрѣлокъ. Стеклянный колпакъ нуженъ также и для подобнаго мультипликатора.

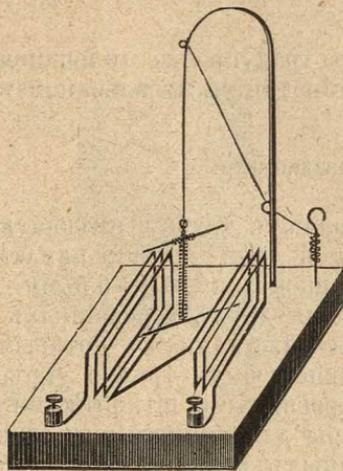


рис. 91.

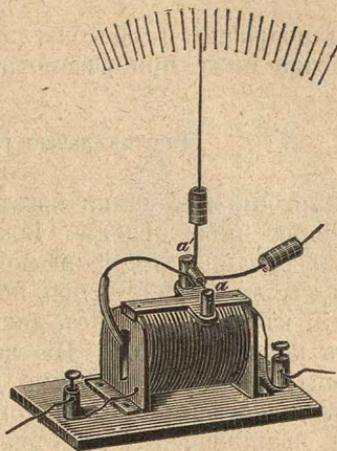


рис. 92.

### Общее указаніе относительно градуировки гальванометровъ.

Для градуировки гальванометра необходимо имѣть *нормальный элементъ и магазинъ сопротивленій*. Нормальный элементъ \*) (напр. Даниеля), магазинъ сопротивленій, коммутаторъ и гальванометръ, подлежащій градуировкѣ, вводятся въ одну и ту же цѣпь. Затѣмъ, вводя послѣдовательно разныя сопротивленія, (напр. 10, 20, 30, и т. д., омъ), отмѣчаютъ углы отклоненія стрѣлки гальванометра. Если электро-возбудительная сила нашего нормальнаго элемента (напр. Даниеля) равна 1,07 V, то сила тока, соответствующая извѣстному сопротивленію, получится на основаніи формулы  $J = \frac{E}{r + R}$ , гдѣ  $r$  — есть внутреннее сопротивленіе нормальнаго элемента, а  $R$  — есть введенное внѣшнее сопротивленіе плюс сопротивленіе гальванометра. Если

\*) Для этой цѣли наиболѣе пригоденъ норм. элементъ Даниеля, такъ какъ электро-возбудительная сила многихъ другихъ норм. элементовъ (напр. Клэрка) уменьшается при замыканіи ихъ.

взять элементъ большаго размѣра, то можно пренебречь его внутреннимъ сопротивленіемъ, и тогда вычисленіе упростится.  $J$  будетъ равно  $\frac{1,07}{R}$ ; при  $R = 1 \Omega$ , получимъ  $J = 1,07$  амп.; при  $R = 10 \Omega$ ,

$$J = \frac{1,07}{10} = 0,107 \text{ амп. и т. д.}$$

Болѣе подробно и обстоятельно градуировка гальванометровъ будетъ описана ниже при разсмотрѣніи тангенсъ-гальванометровъ.

### Вертикальные гальванометры.

Изъ картона или папки изготовляютъ трубку, имѣющую эллиптическое поперечное сѣченіе. Вокругъ этой трубки наматываютъ 6—8 слоевъ изолированной мѣдной проволоки 0,3—0,5 мм. діам. и прикрѣпляютъ эту трубку при помощи двухъ деревянныхъ стоекъ (см. рис. 92) къ подставкѣ съ двумя зажимами, къ которымъ присоединяютъ концы обмотки. На верхней части трубки укрѣпляется крестообразная дощечка съ двумя деревянными штифтиками  $a$  и  $a'$ . Эти штифтики служатъ точками опоры для концовъ оси (напр. толстой иглы), вращающейся въ стекляныхъ колпачкахъ (см. стр. 98). На эту ось насажена пробка, которая служитъ во первыхъ для укрѣпленія рычага, и во вторыхъ — для указательной стрѣлки. Рычагъ состоитъ изъ тонкой проволоки, къ одному изъ концовъ которой прикрѣплена тонкая загнутая желѣзная пластинка, (или кусокъ намагниченной стальной пружины), а на другой конецъ насажена пробка съ нѣсколькими оборотами проволоки, служащая противовѣсомъ. На указательную стрѣлку тоже насажена пробка съ проволокой; отъ передвиженія этой пробки вверхъ или внизъ зависитъ мѣньшая или болѣе чувствительность аппарата. При пропусканіи тока черезъ обмотку этого гальванометра желѣзная пластинка тягивается болѣе или менѣе внутрь этой обмотки и производитъ такимъ образомъ отклоненіе указательной стрѣлки, сзади которой ставятъ дощечку или картонъ съ дѣленіями.

Конечно лица, знакомыя съ обработкою металловъ, могутъ устроить подобный аппаратъ болѣе солидно и изящно изъ металла. Хорошо и въ этомъ случаѣ защитить гальванометръ стеклянымъ колпакомъ отъ пыли и движенія воздуха. Въ виду этого концы обмотки проводятъ къ борнамъ не по поверхности подставки, а снизу.

На рис. 93 изображенъ вертикальный гальванометръ, у котораго магнитъ согнутъ и вращается на острияхъ горизонтальной оси; обмотка расположена тоже горизонтально.

Рис. 94 даетъ понятіе объ устройствѣ вертикальнаго гальванометра Брауна. На двухъ вертикальныхъ стойкахъ (которыя пониже) вращается горизонтальная ось, къ которой слѣва придѣланы двѣ проволочки, служащія поддержкой для подковообразнаго магнита, сдѣланнаго изъ тонкой стальной проволоки или трубочки. Полюса этого

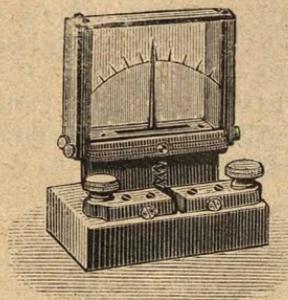


рис. 93.

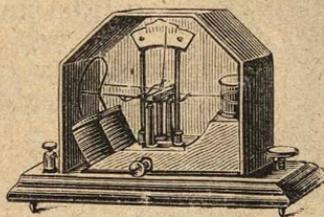


рис. 94.

магнита введены въ отверстія двухъ катушекъ. Съ правой стороны оси укрѣплена тонкая проволока, на концѣ которой насаженъ горизонтально кружокъ изъ картона. Этотъ кружокъ служитъ противовѣсомъ магниту, а также и воздушнымъ тормазомъ, такъ какъ онъ движется вверхъ и внизъ въ стекляномъ цилиндрикѣ. На той же оси укрѣплена наконечъ и указательная стрѣлка, которая ходитъ передъ дѣленіями шкалы, укрѣпленной на двухъ вертикальныхъ стойкахъ.

Устройство тангенсъ-гальванометра, отклоненіе стрѣлки котораго на  $45^{\circ}$  соотвѣтствуетъ силѣ тока въ 10 амперовъ.

На деревянной доскѣ укрѣпляютъ деревянную же стойку, на верху которой устанавливають дощечку съ круговымъ дѣленіемъ и съ магнитной стрѣлкой (см. рис. 95). Изъ мягкой мѣдной проволоки, отъ 3 до 5 мм. діам., длиною примѣрно въ 230 см., изготовляютъ возможно правильный кругъ діаметромъ въ 62,8 см. Для этого употребляютъ 197 см. средней части проволоки, а остающіеся концы служатъ для соединенія съ проводниками тока. При помощи попе-

речнаго бруска, прибитаго къ вертикальной стойкѣ, укрѣпляютъ мѣдный кругъ въ вертикальной плоскости и при томъ такъ, чтобы магнитная стрѣлка приходилась въ центрѣ этого круга. Весь инструментъ устанавливають затѣмъ такъ, чтобы кругъ находился въ плоскости магнитнаго меридіана, проходящаго черезъ стрѣлку.

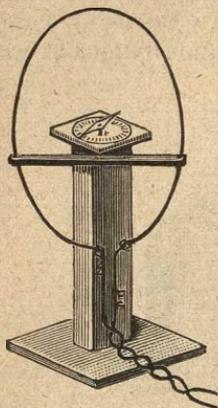


рис. 95.

Если обозначить: радіусъ круга = 31,4 см. буквою R, черезъ H — горизонтальную составляющую земнаго магнетизма = 0,2; J — силу тока въ амперахъ,  $\pi = 3,14$  (отношеніе окружности къ діаметру),  $\text{tg } \varphi$  — тангенсъ угла отклоненія  $\varphi$ , то получимъ

$$J = \frac{5}{\pi} \cdot R \cdot H \cdot \text{tg } \varphi$$

а такъ какъ при углѣ въ  $45^\circ$  его тангенсъ равенъ 1, то для этого случая

$$J = \frac{5 \cdot 31,4 \cdot 0,2}{3,14} \cdot 1 = 10 \text{ амп. *)}$$

### Составныя части тангенсъ-гальванометра.

На основаніи предыдущаго мы можемъ заключить, что каждый тангенсъ-гальванометръ состоитъ изъ слѣдующихъ частей (см. рис. 96):

- 1) Буссоли—или вообще изъ магнитной стрѣлки, вращающейся надъ кругомъ съ дѣленіями;
- 2) Мѣднаго кольца, проводящаго токъ; это кольцо можетъ состоять изъ одного или нѣсколькихъ оборотовъ проволоки;
- 3) Штатива, служащаго для укрѣпленія кольца, буссоли и проводовъ.

Величина угла отклоненія стрѣлки зависитъ:

- 1) отъ размѣра діаметра кольца и отъ числа оборотовъ проволоки;

\*) Величина горизонтальной составляющей земнаго магнетизма равна около 0,2 въ Штутгартѣ, для Петербурга же эта величина = 0,164. соответственно этому и сила тока, производящая отклоненіе стрѣлки гальванометра въ  $45^\circ$ , будетъ равна въ Петербургѣ не 10 амперамъ, а 8,2 амп.

2) отъ силы напряженія земного магнетизма въ мѣстѣ наблюденія; такъ напр. горизонтальная составляющая земнаго магнетизма равна въ Петербургѣ 0,164; въ Берлинѣ 0,187; въ Парижѣ 0,197;

3) отъ сопротивленія, представляемаго инструментомъ (т. е. собственно — обмоткой кольца); чтобы это сопротивленіе было по возможности меньше, употребляютъ для устройства кольца толстую мѣдную проволоку, или даже мѣдную полосу.

Изготовление тангенсъ-гальванометра, отклоненіе стрѣлки котораго на уголъ въ  $45^\circ$  соотвѣтствуетъ току въ 1 амперъ.

Выпиливаютъ или вытачиваютъ изъ дерева кругъ толщиною въ 8 мм. и въ 21,6 см. діаметромъ. Внутри этого круга выпиливаютъ отверстіе діаметромъ въ 15 см. На обѣ стороны этого круга наклеиваютъ два кольца изъ тонкаго дерева (какъ для выпиливанія рамокъ или фигуръ) съ отверстіями въ 15 см. и со внѣшнимъ діаметромъ въ 22,6 см. (см. рис. 97 и 98). Такимъ образомъ получаютъ около внутренняго круга желобокъ глубиною въ 5 мм. Если имѣютъ возможность изготовить кругъ съ желобкомъ на токарномъ станкѣ, то наклеиваніе боковыхъ колецъ конечно дѣлается излишнимъ; на токарномъ станкѣ вытачиваютъ все кольцо изъ одного куска.

Въ вышепомянутой желобокъ помещаютъ пять оборотовъ мѣдной изолированной проволоки (1,5 мм. въ діаметрѣ), или же пять оборотовъ мѣдной ленты, обороты которой изолируютъ другъ отъ друга лакированной бумагой.

Изготовленное такимъ образомъ кольцо, съ обмоткой изъ мѣдной проволоки или ленты, устанавливаютъ въ вырѣзь подножки, которую въ свою очередь укрѣпляютъ на соотвѣтствующихъ размѣровъ

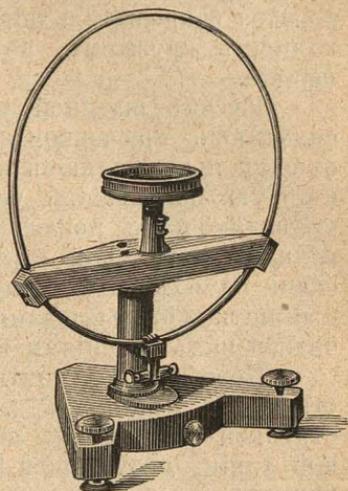


рис. 96.

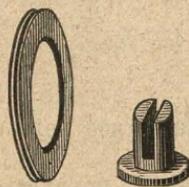


рис. 97.

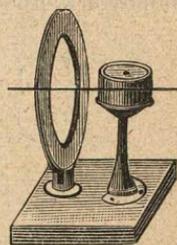


рис. 98.

доскѣ. Свободные концы проволоки (или ленты) присоединяють къ борнамъ. Изъ дерева или картона изготовляютъ цилиндрическую коробку отъ 10 до 12 см. діаметромъ и 5—6 см. высотой. На дно этой коробки наклеивають кругъ, подраздѣленный на 360°. Сверху коробка закрывается помѣщеннымъ на соответствующій фланцъ стеклянымъ кружкомъ, который въ серединѣ имѣетъ небольшое отверстие.

Кусокъ швейной иглы, длиною въ 1 см., намагничивають и снабжають крючкомъ изъ очень тонкой проволоки. Къ этому крючку прикрѣпляютъ некрученую шелковинку (нить отъ кокона), которую продѣваютъ черезъ отверстие въ стекляномъ кружкѣ, и укрѣпляютъ ея конецъ сверху каплею гуммиарабика. Къ обоимъ концамъ магнитной стрѣлки заранѣе прикрѣпляютъ посредствомъ очень не большаго количества шеллака или воска двѣ тонкія стекляныя нити, которыхъ длина должна быть такова, чтобы ихъ концы касались надъ дѣлениями круга.

Коробка съ магнитной стрѣлкой устанавливается на соответствующей подставкѣ \*). При этомъ надо установить коробку со стрѣлкой такъ, чтобы середина стрѣлки находилась на горизонтальной линіи, проходящей черезъ центръ вертикально стоящаго деревяннаго круга, и притомъ на разстояніи отъ середины этого круга равномъ 5,4 см. ( $\frac{1}{4}$  діаметра). Въ такомъ случаѣ получимъ

$$J = \frac{7 \cdot R \cdot H}{\pi \cdot n} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \text{ гдѣ } n \text{ равно числу}$$

оборотовъ проволоки, т. е. въ данномъ случаѣ = 5, такъ что

$$J = \frac{7 \cdot 11,3 \cdot 0,2}{3,14 \cdot 5} \cdot 1 = 1 \text{ (приблизительно).}$$

### Магнитное поле и линія силы.

Присутствіе магнита чувствуется въ окружающемъ его пространствѣ на извѣстномъ отъ него разстояніи, и порождаетъ въ этомъ пространствѣ особыя притягательныя и отталкивательныя силы. Пространству этому дано названіе *магнитнаго поля* и для упрощенія разсужденій часто приписываютъ магнитному полю тѣ дѣйствія.

\*) Можно конечно выточить коробку вмѣстѣ съ ея подставкой изъ одного и того же куска дерева.

которыя производятся въ сущности самимъ магнитомъ. Сила и напряженіе притягательныхъ и отталкивательныхъ дѣйствій различны въ различныхъ точкахъ магнитнаго поля. Англійскому ученому Фарадею пришло на мысль изобразить магнитныя дѣйствія, имѣющія мѣсто въ магнитномъ полѣ, кривыми, названными *линіями силы*; направленіе ихъ даетъ въ каждой точкѣ магнитнаго поля направленіе магнитной силы, дѣйствующей въ этой точкѣ. Напряженіе этой силы, или, какъ принято выражаться, *напряженность магнитнаго поля*, зависитъ конечно отъ разстоянія разсматриваемой точки до магнита. Слѣдовательно, изучая какое либо магнитное поле, приходится, въ каждой данной его точкѣ, имѣть дѣло съ направленіемъ линій силы и съ напряженностью поля. Знаки, приписываемые направленіямъ этихъ линій силы, условились опредѣлять такимъ образомъ: положительнымъ направленіемъ считается идущее отъ сѣвернаго полюса къ южному, а отрицательнымъ — идущее обратно, отъ южнаго полюса къ сѣверному. Слѣдовательно направленіе перемѣщенія въ магнитномъ полѣ свободнаго сѣвернаго полюса какого либо магнита всегда указываетъ положительное направленіе линій силы.

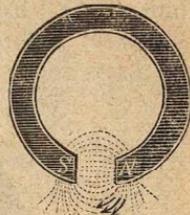


рис. 99.

*Первый опытъ.* Возьмемъ подковообразный магнитъ (см. рис. 99) и положимъ на него листъ бумаги или стекла. Затѣмъ съ нѣкоторой

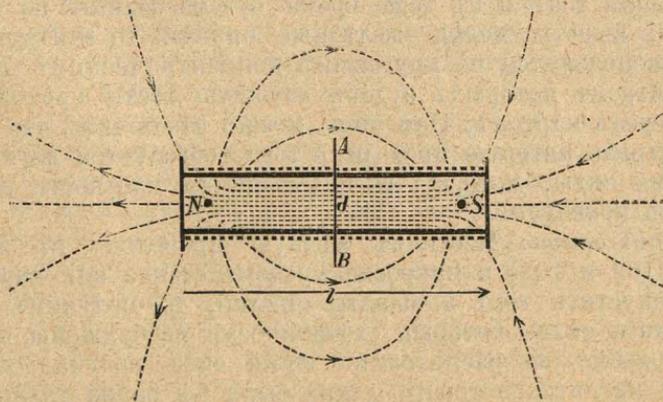


рис. 100.

высоты начнемъ сыпать на эту бумагу мелкіе желѣзные опилки. Мы вскорѣ при этомъ замѣтимъ, что опилки будутъ располагаться

въ извѣстныхъ опредѣленныхъ направленияхъ около полюсовъ магнита. Эти линіи, по которымъ расположились опилки между полюсами магнита, и суть *линіи силы*, а самое пространство, содержащее эти линіи, называется *магнитнымъ полемъ*. На рис. 100 изображены линіи силы и магнитное поле простого электромагнита.

*Второй опытъ.* Возьмемъ листъ картона, или вообще какого нибудь непроводящаго токъ вещества, напр. стекла, слюды, шифера и т. п., и черезъ отверстіе, продѣланное въ серединѣ этого листа, проткнемъ въ вертикальномъ направленіи мѣдную проволоку (см. рис. 101). Если черезъ эту проволоку мы пропустимъ сильный

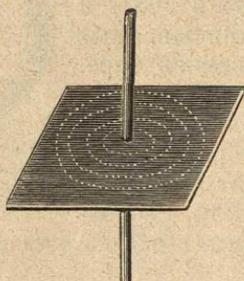


рис. 101.



рис. 102.

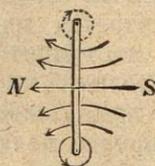


рис. 103.

электрическій токъ и въ тоже время будемъ сыпать на картонъ съ нѣкоторой высоты мелкіе желѣзные опилки, то замѣтимъ, что эти опилки расположатся по круговымъ концентрическимъ линіямъ, общимъ центромъ которыхъ будетъ служить мѣсто прохожденія проволоки черезъ картонъ. Изъ этого можно заключить, что около проволоки, черезъ которую проходитъ токъ, образуется магнитное поле съ линіями силы, которыя расположены въ плоскости перпендикулярной къ провололкѣ.

*Третій опытъ.* Изогнемъ мѣдную проволоку въ видѣ круга (см. рис. 102 и 103) и накроемъ кускомъ стекла или картона. Если опять пропустить токъ и сыпать опилки, то получимъ магнитное поле и линіи силы, которыя схематически изображены на рис. 102 и 103. Подобное же расположеніе линій силъ получилось бы и отъ стального магнита, котораго длина была бы равна толщинѣ проволоки, а площадь сѣченія — равнялась поверхности круга, образованнаго проволокой.

Въ только что приведенныхъ опытахъ линіи силы могутъ быть опредѣляемы не только по расположенію опилокъ, но также и съ по-

мощью отклоненій небольшой магнитной стрѣлки, которую передвигаютъ по картону или стеклу.

*Четвертый опытъ.* Второй и третій опыты требуютъ примѣненія очень сильнаго тока, что не всегда бываетъ доступно. Теперь мы опишемъ опытъ полученія магнитнаго поля, для котораго будетъ достаточно двухъ элементовъ съ двуххромокислымъ кали. Берутъ тонкую мѣдную полоску (ленту) шириною примѣрно въ 1 см. и наматываютъ ее вмѣстѣ съ такой же ширины тесьмой изъ шерсти, хлопчатой бумаги, или просто изъ бумаги (напр. телеграфной бум. ленты), на деревянный цилиндрикъ діаметромъ сантиметра въ 3. Діаметръ спирали такимъ образомъ полученной можетъ быть равенъ 10—20 см., въ зависимости отъ тѣхъ средствъ, которыя возможно употребить на ея изготовленіе. Для скрѣпленія отдѣльныхъ оборотовъ спирали ее охватываютъ нѣсколькими поперечными оборотами тесьмы (см. рис. 104). Цилиндрикъ, служившій въ началѣ опорой для обмотки, вынимаютъ и полученный роликъ вставляютъ въ прорѣзъ доски, укрѣпленной на ножкахъ. То мѣсто прорѣза, которое осталось пустымъ въ центрѣ спирали, заполняютъ соотвѣтствующей величины дощечкой или кускомъ картона. Внутренній и внѣшній концы мѣдной полоски спирали прикрѣпляютъ наконечъ къ зажимамъ, помѣщеннымъ напр. на ножкахъ дощечки.

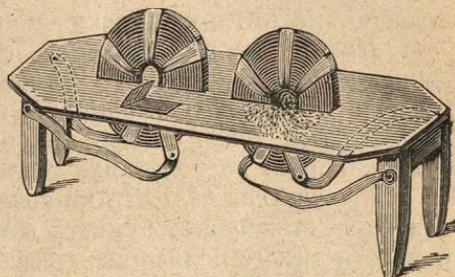


рис. 104.

Затѣмъ пропускаютъ черезъ спираль токъ отъ двухъ послѣдовательно соединенныхъ элементовъ съ двуххромокислымъ кали, при чемъ спираль должна быть установлена въ плоскости магнитнаго меридіана. Во время пропусканія черезъ спираль тока сыплютъ на нее съ нѣкоторой высоты изъ небольшого тонкаго сита мелкіе желѣзные опилки. При этомъ надо стараться, чтобы опилки проникли и во внутреннее кольцо спирали, для чего наклоняютъ подставку въ ту и въ другую сторону. Такимъ образомъ получаютъ линіи силы, которыя въ случаѣ слабаго тока дѣлаются видимыми при ударѣ пальцемъ по дощечкѣ. Видъ этихъ линій, образованныхъ опилками, показываетъ, что напряженіе магнитнаго поля равномерно лишь на небольшомъ пространствѣ, что и объясняетъ, почему въ тангенсъ-гальванометрѣ длина магнитной стрѣлки не должна превышать  $\frac{1}{6}$  діаметра кольца обмотки.

Чтобы сдѣлать нагляднымъ воздѣйствіе другъ на друга двухъ магнитныхъ полей, изготовляютъ спираль, подобную первой, и ставятъ ее въ той же плоскости на разстояніи сантиметровъ двухъ отъ первой (см. рис. 104). Концы мѣдной полосы второй спирали прикрѣпляютъ къ зажимамъ у другихъ двухъ ножекъ дощечки.

Если перемѣщать около такой спирали магнитную стрѣлку, то можно замѣтить, что она отклоняется разное по разнымъ сторонамъ спирали; по краямъ же спирали магнитное поле на нее вліянія не оказываетъ. Такимъ образомъ оказывается, что спираль дѣйствуетъ подобно магнитному диску и равнозначуца съ таковымъ.

*Пятый опытъ.* Если въ стеклянный цилиндръ, наполненный глицериномъ, въ которомъ взвѣшены мелкіе желѣзные опилки, ввести мѣдную проволочную спираль, т. е. *соленоидъ*, и пропустить черезъ нее сильный токъ, то при этомъ опилки группируются около оборотовъ спирали, располагаясь такъ, какъ это изображено на рис. 105.

*Шестой опытъ.* Если на полюсы подковообразнаго магнита опять положить стекло или бумагу, затѣмъ насыпать желѣзныхъ опилокъ и ввести между полюсами кусокъ мягкаго желѣза, то опилки расположатся вблизи этого куска желѣза тѣмъ ближе и тѣмъ плотнѣе,

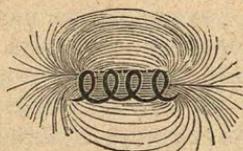


рис. 105.

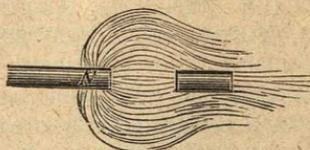


рис. 106.

чѣмъ мягче это желѣзо. Такой же опытъ можно сдѣлать и между полюсами прямыхъ брусковыхъ магнитовъ, какъ это видно на рис. 106. Желѣзо, находясь между полюсами магнитовъ, подъ вліяніемъ магнитныхъ силъ, намагничивается само и притомъ съ противоположной полярностью, такъ что полюсъ магнита и желѣзо—взаимно притягиваются. Желѣзо пропускаетъ черезъ себя магнитный потокъ (или магнитныя силовыя линіи) примѣрно въ 800 разъ лучше, чѣмъ воздухъ, вотъ почему и опилки такъ тѣсно группируются около куска желѣза. Эта способность желѣза къ поглощенію магнитнаго потока называется его проницаемостью (*permeabilität*).

Такъ какъ соленсидъ, черезъ который протекаетъ электрическій токъ, оказываетъ такое же дѣйствіе какъ и магнитъ, то этимъ объ-

ясняется, почему въ вертикальномъ гальванометрѣ желѣзная полоска вытягивается въ проволочную обмотку.

### Примѣненіе предъидущихъ опытовъ къ тангенсъ-гальванометру.

Представимъ себѣ, что мы имѣемъ кольцеобразный проводникъ, поставленный въ плоскости магнитнаго меридіана, и что въ его центрѣ подвѣшена на шелковинкѣ магнитная стрѣлка, такой незначительной длины относительно діаметра самого кольца (напр.  $\frac{1}{20}$ ), что ея вліяніемъ можно свободно пренебречь (см. рис. 107). Въ такомъ случаѣ стрѣлка будетъ колебаться въ равномерномъ магнитномъ полѣ, котораго силовыя линіи расположены въ плоскости перпендикулярной къ стрѣлкѣ. Магнитное поле въ данномъ случаѣ вызвано прохожденіемъ тока черезъ кольцеобразный проводникъ и напряженіе этого поля будетъ возрастать прямо пропорціонально усиленію тока. Черезъ это будетъ также увеличиваться и уголъ отклоненія стрѣлки по мѣрѣ усиленія тока.

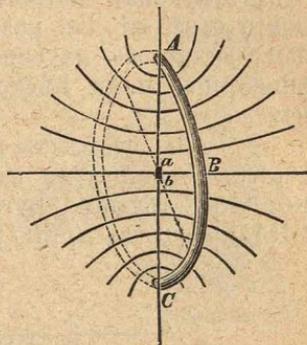


рис. 107.

### Отношеніе между силой тока и величиною угла отклоненія магнитной стрѣлки.

Зависимость, которая существуетъ между величиною угла отклоненія магнитной стрѣлки и величиной силы тока, сдѣлается ясной изъ слѣдующихъ соображеній. На полюсы стрѣлки дѣйствуетъ направляющая сила земнаго магнетизма, которая для даннаго мѣста и времени есть величина постоянная. Эту величину изобразимъ линіей  $OB$  (см. рис. 108). Токъ, протекающій въ плоскости магнитнаго меридіана, производитъ магнитное поле, силовыя линіи котораго находятся въ плоскости перпендикулярной къ горизонтальной составляющей магнитнаго поля земли. Такимъ образомъ дѣйствіе, оказываемое токомъ, можетъ быть изображено линіей  $OA$ , которая перпендикулярна къ линіи  $OB$ . Итакъ на одинъ полюсъ стрѣлки дѣйствуютъ двѣ силы  $OB$  и  $OA$ ; равнодѣйствующая этихъ двухъ силъ, на основаніи закона параллелограмма силъ, можетъ быть изображена линіей  $OC$ , при чемъ уголъ отклоненія равенъ углу  $a$ .

Если сила тока удвоится, то его дѣйствіе на стрѣлку будетъ равно  $OA' = 2 OA$ , а такъ какъ величина дѣйствія земли на стрѣлку остается неизмѣнной, то въ этомъ случаѣ равнодѣйствующая будетъ равна  $OC'$  и стрѣлка отклонится на уголъ  $\alpha'$ . Угламъ  $\alpha$  и  $\alpha'$  соотвѣтствуютъ линіи  $BC$  и  $BC'$ , а изъ тригонометріи намъ извѣстно, что эти линіи суть ничто иное, какъ тангенсы угловъ  $\alpha$  и  $\alpha'$ ; при этомъ замѣтимъ, что  $BC' = 2 BC$ .

Изъ вышеприведенныхъ соображеній ясно, что, если при помощи тангенсъ-гальванометра опредѣлена величина угла отклоненія, соотвѣтствующая извѣстной величинѣ тока, то величины угловъ отклоненій стрѣлки для разныхъ другихъ величинъ силы тока могутъ быть *вычислены* на основаніи закона тангенсовъ. По этому то вышеописанные нами инструменты и получили названіе *тангенсъ-гальванометровъ*.

Чтобы избѣжать необходимости для каждаго угла отклоненія стрѣлки обращаться къ таблицамъ тангенсовъ, подраздѣляютъ одну половину дѣлений круга слѣдующимъ образомъ. Къ четверти круга  $OBA$  проводятъ линію  $BC$ , касательную къ кругу въ точкѣ  $B$  (см. рис.

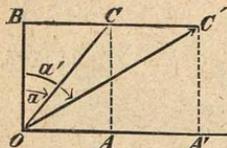


рис. 108.

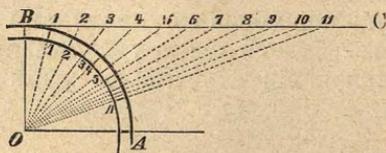


рис. 109.

109). Эта линія—есть линія тангенсовъ, на ней откладываютъ части 1, 2, 3 и т. д. равной величины и полученныя при этомъ точки соединяютъ съ центромъ круга  $O$ . Тогда на окружности получается дѣленія 1, 2, 3, и т. д., которыя будутъ соотвѣтствовать послѣдовательнымъ величинамъ тангенсовъ, а слѣдовательно и извѣстнымъ величинамъ силы тока, дѣйствующаго на стрѣлку даннаго тангенсъ-гальванометра.

### Механическія приспособленія для изображенія закона тангенсовъ.

Пусть короткій ромбоидальный кусокъ дерева  $NS$  (см. рис. 110) изображаетъ собою магнитную стрѣлку и свободно вращается на штифтѣ  $C$ . На  $NS$  дѣйствуютъ въ точкѣ  $N$  двѣ силы: грузъ  $G$  и

перемѣнные грузы, которые помѣщаются въ чашку W. Колесо R должно быть установлено на такой высотѣ, чтобы длинная часть шнура (RN) представляли горизонтальную линію въ то время, какъ NS стоитъ вертикально, то есть когда въ чашкѣ W нѣтъ никакого груза. Если колесо R установлено въ достаточномъ отдаленіи отъ NS, то шнуръ RN остается горизонтальнымъ даже при значительномъ углу отклоненія NS отъ вертикальнаго положенія. Къ NS придѣлана тонкая проволока, служащая указателемъ дѣлений на горизонтальной шкалѣ. Эта шкала раздѣлена на равныя части. Если указательная стрѣлка стоитъ на дѣленіи 1-мъ въ то время какъ въ чашкѣ W находится грузъ въ 5 граммъ, то при двойномъ грузѣ стрѣлка покажетъ на дѣленіе 2, при тройномъ—на дѣленіе 3 и т. д. *Всего точнѣе это происходитъ при углу отклоненія стрѣлки отъ вертикали равномъ  $45^\circ$ .*

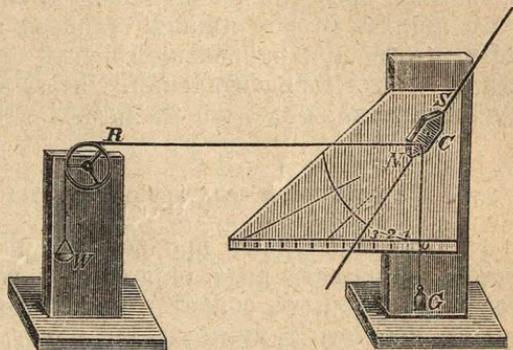


рис. 110.

Отсюда видно, что перемѣнные грузы, отклоняющіе стрѣлку NS отъ вертикали, пропорціональны частямъ шкалы 01, 02, 03 и т. д., а такъ какъ эти величины суть тангенсы угловъ образуемыхъ стрѣлкой съ вертикальной линіей, то и слѣдуетъ, что описываемый приборъ иллюстрируетъ законъ тангенсовъ, ибо соблюдены слѣдующія условія:

- 1) Грузъ G, при всѣхъ отклоненіяхъ стрѣлки NS, не измѣняется ни по своей величинѣ, ни по направленію своего дѣйствія;
- 2) сила, отклоняющая стрѣлку, дѣйствуетъ всегда въ одномъ и томъ же направленіи и притомъ перпендикулярно къ направляющей силѣ груза G.

Вышеизложенныя условія соблюдаются и въ тангенсъ-гальванометрѣ. Первое условіе соблюдено тѣмъ, что направляющая сила (G) возбуждается равномѣрнымъ полемъ земнаго магнетизма. Второе условіе соблюдено тѣмъ, что отклоняющія линіи силы, которыя возбуждаются токомъ въ проводникѣ, дѣйствуютъ въ плоскости перпендикулярной къ плоскости обмотки и перпендикулярно къ магнитной стрѣлкѣ.

Приборъ, изображенный на рисункѣ 110, можетъ быть устроенъ изъ двухъ сигарныхъ ящичковъ. Къ одному изъ нихъ приклеиваютъ брусочекъ шириною въ 1 и длиною въ 5 см.; въ этотъ брусочекъ втыкаютъ круглый проволочный гвоздь С, на которомъ и вращается стрѣлка NS. Въ точкѣ N втыкаютъ въ деревянный брусочекъ, изображающій стрѣлку, тоже небольшой гвоздикъ, служащій для подвѣса на ниткѣ груза G \*). Другая нитка перекидывается затѣмъ черезъ роликъ R, который долженъ имѣть діаметръ примѣрно въ 3 см. и вращаться свободно на штифтѣ, укрѣпленномъ сверху другаго сигарнаго ящичка. Второй ящичекъ ставится отъ перваго на такомъ разстояніи, чтобы при наибольшемъ углѣ отклоненія NS нитка RN оставалась всеже горизонтальной. Шкала съ дѣленіями изготовляется изъ куска картона; изъ него же можно сдѣлать и чашку для грузовъ W.

### Устройство и градуировка простого тангенсъ-гальванометра.

Такъ какъ даже при помощи простого тангенсъ-гальванометра можно произвести рядъ опредѣленій величинъ силы тока, а также и величинъ разныхъ сопротивленій, то мы сперва опишемъ устройство такого простого тангенсъ-гальванометра, а затѣмъ и его градуировку.

Рис. 111 представляетъ очень простое устройство тангенсъ-гальванометра, которое понятно на основаніи предъидущаго и безъ особеннаго описанія. Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ проходитъ проволока, верхній столикъ нѣсколько прорѣзанъ для того, чтобы оставался еще край для постановки стеклянаго ящичка, защищающаго стрѣлку отъ движенія воздуха. Стрѣлка состоитъ изъ короткаго намагнитченнаго кусочка стали (напр. изъ куска вязальной иглы). Для удобнаго отсчета

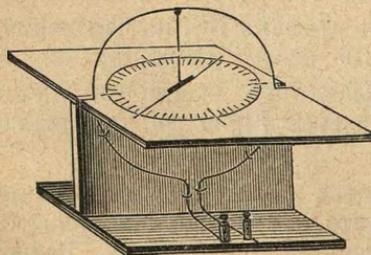


рис. 111

угловъ отклоненія на большомъ кругѣ дѣленій къ магнитной стрѣлкѣ прикрѣпляютъ, съ помощью сургуча или воска, тонкую полую внутри стеклянную нить, которую дѣлаютъ хорошо видимою, всосавши въ нее нѣсколько чернилъ. Тонкая шелковая нить (некрученая) служитъ для подвѣса стрѣлки. Эта нить прикрѣпляется тоже сургучемъ (или воскомъ) посредствомъ приложенія къ иглѣ на одно мгновеніе нагрѣтой проволоки. Для приведенія стрѣлки со стеклянной нитью въ го-

\*) Величина груза G можетъ быть равна напр. 5—10 грам.

горизонтальное положеніе служить капля воска или параффина, помѣщенная на стеклянную нить. Хотя это устройство и очень примитивно, но вполне достаточно для многихъ цѣлей.

Тангенсъ-гальванометръ градуируется, помѣщая его въ цѣпь вмѣстѣ съ какимъ нибудь вольтметромъ. Обыкновенно употребляютъ для этой цѣли мѣдный вольтметръ (см. стр. 93). Порядокъ включенія въ цѣпь слѣдующій: батарея, гальванометръ, вольтметръ и опять къ батарее. Наблюдаютъ втеченіе извѣстнаго промежутка времени отклоненіе стрѣлки, а изъ прироста мѣди на отрицательномъ электродѣ вольтметра опредѣляютъ соотвѣтствующую силу тока за это же время. При этомъ конечно необходимо, чтобы сила тока въ этотъ промежутокъ времени оставалась бы постоянной. Обыкновенно производятъ цѣлый рядъ такихъ опредѣленій при различной силѣ тока и слѣдовательно при различныхъ углахъ отклоненія стрѣлки.

Производя эти опредѣленія хорошо помнить слѣдующее: три пластинки (одинъ катодъ и два анода) надо установить возможно параллельно другъ къ другу и для уменьшенія сопротивленія—возможно близко, но не на столько, чтобы могло получиться короткое замыканіе тока отъ соприкосновенія пластинокъ. Растворъ мѣднаго купороса долженъ быть чистъ и не на столько концентрированъ, чтобы при охлажденіи, или при испареніи части жидкости, изъ него выдѣлялись кристаллы.

Катодъ долженъ быть, до его погруженія въ жидкость вольтметра, хорошо вычищенъ и взвѣшенъ. Токъ пропускаютъ въ теченіи напр. 10—12 минутъ (т. е. извѣстной доли часа  $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{5}$ ), затѣмъ вынимаютъ катодъ, промываютъ его тщательно водой, погружаютъ не надолго въ спиртъ и наконецъ высушиваютъ, слегка нагрѣвая надъ пламенемъ напр. спиртовой лампы. Послѣ этого приступаютъ къ взвѣшиванію для опредѣленія количества отложившейся мѣди.

Вотъ составъ раствора мѣднаго купороса для вольтметра, который даетъ возможность получать хорошія осажденія мѣди и въ тоже время представляетъ небольшое сопротивленіе току.

Кристалловъ чистой сѣрно-мѣдной соли (мѣднаго купороса) . . . . .	15 гр.
Концентрированной сѣрной кислоты . . . . .	5 гр.
Алкоголя (крѣпкаго спирта). . . . .	5 куб. сантим.
Воды перегнанной . . . . .	100 куб. сантим.

На 1 квадратный дециметръ полезной поверхности катода (т. е. той поверхности, которая погружена въ жидкость) допускаютъ плотность тока до 2,5 амп.

Каждый амперъ отлагаетъ

въ 1 минуту. . . . .	0,0197 гр. мѣди.
въ 1 часъ. . . . .	1,181 гр. »

При отклоненіи стрѣлки гальванометра подѣ влияніемъ тока, проходящаго по мѣдному кольцу, напр. на уголь  $\alpha$ , получаемъ силу тока

$$J = c. \operatorname{tg} \alpha,$$

гдѣ  $c$  есть нѣкоторая величина, постоянная для каждого инструмента. Чтобы опредѣлить эту постоянную величину (коэффициентъ) гальванометра, включаютъ этотъ послѣдній вмѣстѣ съ вольтметромъ, какъ указано было выше, въ цѣпь какого нибудь постоянного источника тока. Замыкаютъ токъ на нѣсколько минутъ, отмѣчаютъ среднюю величину отклоненія стрѣлки и вычисляютъ изъ показаній вольтметра силу тока въ амперахъ. Предположимъ, что при отклоненіи стрѣлки на  $\alpha^\circ$  сила тока была  $J$  амперовъ, въ такомъ случаѣ искомый коэффициентъ

$$c = \frac{J}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Производятъ нѣсколько подобныхъ опытовъ при различной силѣ тока, берутъ изъ полученныхъ такимъ образомъ для  $c$  величинъ среднее и затѣмъ вычисляютъ одинъ разъ навсегда таблицу для различныхъ угловъ отклоненія. Для измѣненія силы тока прибавляютъ къ батарее одинъ или нѣсколько элементовъ, или же включаютъ въ цѣпь разныя сопротивленія, въ видѣ различной длины нейзильберовыхъ проволокъ.

Приведемъ теперь численный примѣръ.

*Примѣръ.* Длина магнитной стрѣлки = 28 мм., діаметръ круга = 167 мм.

1-й опытъ. Въ теченіи 6 минутъ въ мѣдномъ вольтметрѣ было получено 0,0508 гр. мѣди (Cu), въ то же время средняя величина отклоненія стрѣлки была равна  $12^\circ$ . Часовое отложеніе мѣди было бы равно 0,508 гр., а такъ какъ 1 амперъ-часъ соотвѣтствуетъ выдѣленію 1,181 гр. Cu, то наблюденная сила тока равна  $\frac{0,508}{1,181} = 0,430$  ампера. Постоянная величина  $c$  для гальванометра вычисляется отсюда такъ:

$$c = \frac{0,430}{\operatorname{tg} 12^\circ} = \frac{0,430}{0,213} = 2,019.$$

2-й опытъ. Въ 6 минутъ было получено 0,0963 гр. мѣди. Среднее отклоненіе стрѣлки было =  $22^{\circ}$ . Отсюда опредѣляемъ силу тока:

$$J = \frac{0,963}{1,181} = 0,815 \text{ ампера,}$$

$$\text{откуда } c = \frac{0,815}{\text{tg } 22^{\circ}} = \frac{0,815}{0,404} = 2,017.$$

Изъ обоихъ опытовъ получаемъ среднюю величину

$$c = \frac{(2,019 + 2,017)}{2} = 2,02 \text{ пригл.}$$

Эта величина въ то-же время представляетъ собою силу тока при углѣ отклоненія въ  $45^{\circ}$  ( $\text{tg } 45^{\circ} = 1$ ). На основаніи полученныхъ данныхъ, вычисляемъ теперь таблицу для показаній тангенсъ-гальванометра:

$$1^{\circ} \text{ отклоненія: } J = 2,02 \times \text{tg } 1^{\circ} = 0,035 \text{ амп.}$$

$$2^{\circ} \quad \text{»} \quad J = 2,02 \times \text{tg } 2^{\circ} = 0,070 \quad \text{»}$$

$$3^{\circ} \quad \text{»} \quad J = 2,02 \times \text{tg } 3^{\circ} = 0,105 \quad \text{»}$$

и т. д.

Графическое изображеніе результатовъ, полученныхъ при градуированіи тангенсъ-гальванометра.

Допустимъ, что при градуированіи одного тангенсъ-гальванометра мы получили слѣдующіе результаты:

при силѣ тока въ 1 амп. отложеніе мѣди въ 1 мин. было = 19,68 миллигр.

» » » » 2 » » » » » » = 39,36 »

» » » » 3 » » » » » » = 59,04 »

» » » » 4 » » » » » » = 78,72 »

и т. д.

Если провести двѣ взаимно перпендикулярныя линіи ОА и ОС (см. рис. 112) и по горизонтальной линіи ОА отложить отъ точки О величины, соответствующія наблюденнымъ количествамъ амперовъ, а по вертикальной линіи ОС величины, изображающія отло-

женія мѣди въ 1 мин. при различныхъ величинахъ силы тока, то, проведя изъ соответствующихъ точекъ параллельныя линіи, получимъ рядъ точекъ пересѣченія этихъ параллелей, при чемъ всѣ эти точки будутъ лежать на одной и той же прямой линіи  $OB$ .

Отсюда слѣдуетъ:

1) что количества отложившейся мѣди пропорціональны соответствующимъ силамъ тока;

2) что при помощи такого графическаго построенія возможно опредѣлить всѣ промежуточныя величины отложенія мѣди для соответствующихъ силъ тока, не производя для этого отдѣльныхъ опытовъ,

3) что, если точка пересѣченія двухъ соответствующихъ параллельныхъ линій, падаетъ внѣ линіи  $OB$ , то вкралась ошибка при производствѣ опыта.

Линія  $OA$  называется—*абсциссой*, а линія  $OC$ —*ординатой*.

При помощи серебрянаго вольтамметра можно получить результаты болѣе точныя, чѣмъ съ мѣднымъ, такъ

какъ токъ въ 1 амперъ отлагаетъ въ 1 часъ 4,026 гр. серебра, а мѣди только 1,181 гр. Употребленіе серебрянаго вольтамметра неудобно вслѣдствіе дороговизны матеріала.

Разсматривая таблицу тангенсовъ, можно замѣтить, что при углахъ большихъ  $60^\circ$  величины тангенсовъ начинаютъ быстро увеличиваться. Изъ этого слѣдуетъ, что измѣренія силы тока при помощи тангенсъ-гальванометра становятся неточными между  $60$  и  $90^\circ$ , такъ какъ на каждый градусъ отклоненія стрѣлки приростъ силы тока становится все больше и больше. Дальше  $65^\circ$  не слѣдовало бы идти. Если желаютъ измѣрять такія силы тока, которыя переходятъ эти границы, то поступаютъ двояко: или примѣняютъ другой гальванометръ, у кото-

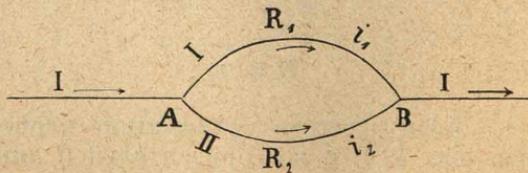


рис. 113.

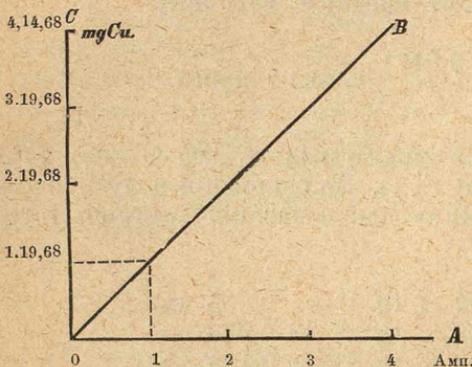


рис. 112.

## Таблица тангенсовъ.

Радиусъ = 1.

Углы въ градусахъ.	Тангенсы.	Углы въ градусахъ.	Тангенсы.	Углы въ градусахъ.	Тангенсы.
1	0,017	31	0,601	61	1,804
2	0,035	32	0,625	62	1,881
3	0,052	33	0,649	63	1,963
4	0,070	34	0,675	64	2,050
5	0,087	35	0,700	65	2,145
6	0,105	36	0,727	66	2,246
7	0,123	37	0,754	67	2,356
8	0,141	38	0,781	68	2,475
9	0,158	39	0,810	69	2,605
10	0,176	40	0,839	70	2,747
11	0,194	41	0,869	71	2,904
12	0,213	42	0,900	72	3,078
13	0,231	43	0,933	73	3,271
14	0,249	44	0,966	74	3,487
15	0,268	45	1,000	75	3,732
16	0,287	46	1,036	76	4,011
17	0,306	47	1,072	77	4,331
18	0,325	48	1,111	78	4,705
19	0,344	49	1,150	79	5,145
20	0,364	50	1,192	80	5,671
21	0,384	51	1,235	81	6,314
22	0,404	52	1,280	82	7,115
23	0,424	53	1,327	83	8,144
24	0,445	54	1,376	84	9,514
25	0,466	55	1,428	85	11,430
26	0,488	56	1,483	86	14,301
27	0,510	57	1,540	87	19,081
28	0,532	58	1,600	88	28,636
29	0,554	59	1,664	89	57,290
30	0,577	60	1,732	90	безконечности.

раго при той же длинѣ стрѣлки діаметръ проволочнаго круга больше, или же употребляютъ такъ называемое отвѣтвленіе (шунтъ).

Если двѣ точки какой нибудь цѣпи соединить не однимъ проводомъ, а двумя проволоками различнаго сопротивленія, то силы токовъ въ этихъ проволокахъ будутъ обратно пропорціональны ихъ сопротивленіямъ. Такимъ образомъ, если мы на пути тока  $J$  въ точкахъ  $A$  и  $B$  (см. рис. 113) включимъ проволоки  $I$  и  $II$  съ сопротивленіями  $R_1$  и  $R_2$ , то онъ раздѣлится на двѣ составляющія  $i_1$  и  $i_2$ , между которыми существуютъ слѣдующія соотношенія:

$$\begin{aligned} 1. \quad i_1 + i_2 &= J \\ 2. \quad i_1 : i_2 &= R_2 : R_1 \end{aligned}$$

Если, напримѣръ, сопротивленіе  $R_1$  равно одной трети  $R_2$ , то черезъ него протекаетъ въ три раза больше тока, чѣмъ черезъ  $R_2$ , или, переходя къ силѣ тока  $J$ , имѣемъ  $i_1 = \frac{3}{4} J$ , а  $i_2 = \frac{1}{4} J$ . Вводя на этомъ основаніи въ цѣпь гальванометръ и соединяя его зажимы при помощи еще одной проволоки, имѣютъ возможность, въ зависимости отъ сопротивленія этой дополнительной проволоки, направлять большую часть всего тока черезъ это отвѣтвленіе (шунтъ) и только меньшую часть черезъ гальванометръ. Этимъ приемомъ предѣлы измѣрительной способности гальванометра соответствующимъ образомъ увеличиваются. Если сопротивленіе шунта равно сопротивленію гальванометра, то черезъ этотъ послѣдній проходитъ лишь половина тока и потому его показанія надо удвоить. Вообще слѣдуетъ, если сопротивленіе шунта составляетъ  $1/n$  всего сопротивленія гальванометра, показанія этого послѣдняго умножать на  $n+1$ ; иначе сказать, если хотятъ пропустить черезъ гальванометръ  $1/n$  всей силы тока, то

сопротивленіе шунта должно быть равно  $\frac{1}{n-1}$  сопротивленія галь-

ванометра. Если сопротивленіе шунта въ точности не извѣстно, то новыя показанія гальванометра опредѣляютъ по сравненію съ вольтамметромъ. Проволока, служащая шунтомъ, не должна быть расположена прямолинейно, такъ какъ въ этомъ случаѣ токъ, черезъ нее проходящій, можетъ вліять на стрѣлку гальванометра; а лучше сдѣлать нѣсколько оборотовъ изъ сложной вдвойнѣ проволоки (которая, конечно, должна быть изолирована). При установкѣ гальванометра слѣдуетъ наблюдать, чтобы на него не оказывали вліянія близко расположенные другіе проводники тока. Поэтому соединяютъ гальванометръ съ главными проводами (линіей) посредствомъ двухъ длинныхъ проволокъ, лежащихъ рядомъ, такъ чтобы ихъ вліянія взаимно уничтожались.

Примѣненіе отвѣтвленій даетъ возможность употреблять для измѣренія силы тока очень чувствительные гальванометры, мультипликаторы, имѣющіе большое число оборотовъ проволоки. Показанія подобнаго инструмента нельзя опредѣлить при помощи простой формулы, но слѣдуетъ въ предѣлахъ всей шкалы инструмента градуировать его посредствомъ вольтметра.

### Примѣненіе тангенсъ-гальванометра для подтвержденія закона Ома.

Если обозначимъ черезъ  $J$ —силу тока,  $E$ —электровозбудительную силу,  $r$ —сопротивленіе элемента и гальванометра,  $R$ —сопротивленіе проводника, то имѣемъ на основаніи закона Ома:

$$J = \frac{E}{r + R}.$$

Если вмѣсто сопротивленія  $R$  включить сопротивленіе  $R'$ , то будемъ имѣть

$$J' = \frac{E}{r + R'}.$$

Изъ этихъ двухъ уравненій слѣдуетъ, что

$$r = \frac{J' \cdot R' - J \cdot R}{J - J'}.$$

Величина  $r$  должна при употребленіи одного и того же гальванометра и элемента оставаться постоянною.

*Примѣръ:* Одинъ элементъ Даніеля далъ

при $R$ въ видѣ нейзильберовой проволоки *)—Уголъ отклоненія $= \alpha$	$J = \operatorname{tg} \alpha$	$r$
0	38° 45'	0,802
39,7	35° 0'	0,700
106,0	30° 0'	0,577
		272,4 } 271,3 }

Величины  $r$  очень близки, что и подтверждаетъ справедливость закона Ома.

### Опредѣленіе внутренняго сопротивленія элемента при помощи гальванометра.

При замыканіи тока элемента черезъ тангенсъ-гальванометръ мы получили уголъ отклоненія стрѣлки, тангенсъ котораго  $= a$ ; при

\*) Величины  $R$  и  $g$  выражены въ сантиметрахъ длины нейзильберовой проволоки.

этомъ  $J = \frac{E}{r}$ , гдѣ  $r$  есть внутреннее сопротивленіе элемента. Введемъ теперь въ ту же цѣпь такое сопротивленіе изъ нейзильберовой проволоки  $R$ , чтобы тангенсъ угла отклоненія стрѣлки былъ равенъ  $\frac{1}{2} a$ , тогда имѣемъ

$$\frac{J}{2} = \frac{E}{r + R}$$

Въ такомъ случаѣ изъ обоихъ уравненій слѣдуетъ, что  $r = R$ , а такъ какъ величина  $R$  можетъ быть опредѣлена по таблицѣ сопротивленій нейзильберовой проволоки, (по данной длинѣ и діаметру проволоки), то этимъ опредѣлится и величина  $r$ .

Напримѣръ:

	Введенное сопротивленіе $R$ въ сантим.	Уголъ отклоненія.	Величина тангенса.
Для $J$	0	37° 45'	0,774
» $\frac{J}{2}$	340	21° 10'	0,387

Отсюда  $r = R =$  сопротивленію нейзильберовой проволоки въ 340 сант. длиною, что при діаметрѣ въ 1 мм. дастъ 1,29 ома.

При этихъ опредѣленіяхъ необходимо соблюсти слѣдующее условіе: сопротивленіе гальванометра и проводовъ должно быть настолько незначительно сравнительно съ сопротивленіемъ элемента, чтобы можно было первымъ пренебречь.

### Определение сопротивленія гальванометра.

Для этого опредѣленія надо имѣть два элемента, которыхъ эл. возб. силы были бы постоянны, но различны по величинѣ (напр. 1 элем. Даніеля и 1 элем. Бунзена). Обозначимъ черезъ  $J$  силу тока болѣе слабого элемента, черезъ  $r$  — внутреннее сопротивленіе этого элемента вмѣстѣ съ сопротивленіемъ проводовъ, а черезъ  $x$  — сопротивленіе гальванометра, тогда имѣемъ

$$J = \frac{E}{r + x}$$

Соединимъ затѣмъ съ гальванометромъ болѣе сильный элементъ и включимъ такое сопротивленіе  $R$ , чтобы сила тока опять равнялась бы  $J$ , тогда получимъ

$$J = \frac{E'}{r' + x + R}$$

Наконецъ соединимъ оба элемента послѣдовательно и включеніемъ сопротивленія  $R'$  приравняемъ опять силу тока къ величинѣ  $J$ , тогда имѣемъ

$$J = \frac{E + E'}{(r + r') + x + R}$$

Изъ этихъ уравненій найдемъ, что

$$x = R' - R.$$

Понятно, что вмѣсто двухъ разныхъ элементовъ, можно взять одинъ элементъ (напр. Даніеля) и батарею изъ 2 подобныхъ же элементовъ послѣдовательно соединенныхъ. Тогда формулы пріймутъ видъ:

$$J = \frac{E}{x + r}; J = \frac{2E}{r' + x + R}; J = \frac{3E}{(r + r') + x + R};$$

*Примѣръ.* Первый элементъ далъ отклоненіе въ  $37^\circ 45'$ ; второй (болѣе сильный) тоже отклоненіе при сопротивленіи  $R = 15,5$  см. нейзильберовой проволоки въ 1 мм. діам.; оба вмѣстѣ потребовали сопротивленія  $R' = 59,5$  см. той же проволоки. Отсюда сопротивленіе гальванометра опредѣляется равнымъ  $59,5 - 15,5 = 44$  см. нейзильберовой проволоки въ 1 мм. діам., что равно 0,167 ома.

Очевидно, что такимъ способомъ можно опредѣлить сопротивленіе не только гальванометра, но и сопротивленія проводниковъ различной длины и различной проводимости. При этомъ предполагается, что въ цѣпь введенъ лишь одинъ тангенсъ-гальванометръ.

### Определение сопротивленія проводниковъ посредствомъ тангенсъ-гальванометра.

Допустимъ, что мы опредѣлили внутреннее сопротивленіе элемента и гальванометра, (сопротивленіемъ соединительныхъ проволокъ, если онѣ толстыя и короткія, можно пренебречь), которое и обозначимъ черезъ  $r$ , тогда имѣемъ

$$J = \frac{E}{r}$$

Включимъ въ цѣпь ту проволоку, сопротивленіе которой  $x$  мы хотимъ опредѣлить, и присоединимъ къ ней такую нейзильберовую проволоку съ сопротивленіемъ  $R$ , чтобы первоначальную силу тока уменьшить на половину, т. е. сдѣлать равной  $\frac{J}{2}$ . Въ такомъ случаѣ получимъ.

$$\frac{J}{2} = \frac{E}{r + x + R}$$

Изъ этихъ двухъ уравненій слѣдуетъ, что неизвѣстная величина  $x = r - R$ . При этомъ конечно надо имѣть въ виду, чтобы величина сопротивленія измѣряемой проволоки не была уже сама по себѣ достаточна для уменьшенія силы тока на половину.

Для сравненія сопротивленій проволокъ изъ различныхъ металловъ опредѣляютъ сопротивленіе проволоки длиною въ 1 метръ и съ площадью сѣченія въ 1 кв. мм. За неизмѣнимъ проволоки такого сѣченія или такой длины, опредѣляютъ сопротивленіе данной проволоки при длинѣ  $l$  метровъ и сѣченіи  $q$  кв. мм., а затѣмъ вычисленіемъ опредѣляютъ сопротивленіе проволоки въ 1 метръ длиною и площадью сѣченія въ 1 кв. мм., руководствуясь тѣмъ, что сопротивленіе прямо пропорціонально длинѣ и обратно пропорціонально сѣченію. Такъ напримѣръ, если при длинѣ проволоки = 5 метрамъ и сѣченіи въ 2,54 кв. мм. нашли сопротивленіе  $R$  равнымъ 0,59 ома, то для 1 м. длины получимъ

$$0,59 : x = 5 : 1 = 0,118 \text{ } \Omega, \text{ а}$$

для сѣченія въ 1 кв. миллиметръ будемъ имѣть

$$0,118 \times 2,54 = 0,3 \text{ } \Omega;$$

вообще же  $x = \frac{R \times q}{l}$ , при чемъ  $R$  выражено въ омахъ,  $q$ —въ квадр. миллиметрахъ, а  $l$ —въ метрахъ.

**Примѣненіе тангенсъ-гальванометра къ сравненію величинъ электро-возбудит. силъ двухъ гальванич. элементовъ.**

Если два различныхъ гальваническихъ элемента, при ихъ замыканіи, даютъ во внѣшней цѣпи одинаковую силу тока, то эл. возб.

силы этихъ элементовъ пропорціональны введеннымъ сопротивленіямъ. На основаніи закона Ома имѣемъ:

для одного элемента  $E = J \times R$ , а

для другаго элемента  $E' = J \times R'$  откуда

$E : E' = J \times R : J \times R'$ , сокращая на  $J$  получимъ

$E : E' = R : R'$ , гдѣ  $R$  и  $R'$  суть величины сопро-

тивленій внѣшней цѣпи.

Въ этомъ случаѣ сумма сопротивленій тангенсъ-гальванометра и внѣшней цѣпи должна быть настолько велика, чтобы за время опыта элементы не могли замѣтно поляризоваться и чтобы можно было пренебречь внутреннимъ сопротивленіемъ элементовъ по отношенію ко внѣшнему.

*Примѣръ.* Элементъ Даниеля, замкнутый на нѣкоторый тангенсъ-гальванометръ, далъ силу тока, соответствующую  $8^\circ$  отклоненія стрѣлки этого инструмента. Для полученія такого же отклоненія отъ элемента Бунзена пришлось ввести сопротивление въ 14,1 см. нейзильберовой проволоки. Для того, чтобы получить отъ обоихъ элементовъ такую силу тока, которая отклонила стрѣлку даннаго гальванометра на  $7^\circ$ , потребовалось ввести для элемента Даниеля 70, а для элемента Бунзена—133 см. нейзильберовой проволоки. На основаніи вышеизложеннаго получимъ, что

$$E : E' = 70 : 133, \text{ или иначе}$$

$$E : E' = 1 : 1,9.$$

### Примѣненіе тангенсъ-гальванометра къ измѣренію напряженій тока.

На основаніи закона Ома, имѣемъ  $E = J \times R$ , откуда слѣдуетъ, что можно измѣреніе напряженія свести къ измѣренію силы тока. Для опредѣленія напряженія  $E$ , которое существуетъ между пунктами цѣпи  $A$  и  $B$ , вводятъ между этими точками отвѣтвленіе съ сопротивленіемъ  $R$  и опредѣляютъ силу тока въ этомъ отвѣтвленіи. При этомъ надо соблюсти лишь одно главное условіе—именно, чтобы количество тока, проходящее черезъ отвѣтвленіе, составляло лишь крайне незначительную долю всего тока цѣпи. Поэтому сопротивление отвѣтвленія должно быть очень велико сравнительно съ сопротивленіемъ части главной цѣпи между точками  $A$  и  $B$ . Причину этого легко понять. Черезъ введеніе отвѣтвленія общее сопротивление между  $A$  и  $B$  уменьшается, такъ какъ токъ идетъ въ этомъ случаѣ уже по двумъ путямъ. Чѣмъ меньше сопротивление отвѣтвленія, тѣмъ больше уменьшается общее сопротивление между  $A$  и  $B$ . Для дости-

женія въ новомъ меньшемъ сопротивленіи прежней силы тока—требуется меньшее напряженіе; отсюда слѣдуетъ, что введеніе отвтвленія измѣняетъ напряженіе—именно уменьшаетъ его; другими словами: при помощи отвтвленія со сравнительно небольшимъ сопротивленіемъ получаютъ черезъ-чуръ низкія напряженія. Чѣмъ больше сопротивление отвтвленія—тѣмъ меньше измѣняется общее сопротивление между А и В и тѣмъ точнѣе слѣдовательно можетъ быть опредѣлено напряженіе.

Изъ предыдущаго слѣдуетъ, что измѣритель напряженія или вольтметръ (не смѣшивать съ вольтметромъ) есть амперметръ для очень слабыхъ токовъ, который или самъ по себѣ обладаетъ большимъ сопротивленіемъ, или же это большое сопротивление включается передъ нимъ.

Каждый чувствительный гальванометръ, при включеніи возможно большаго сопротивления, можно эмпирически градуировать какъ вольтметръ. Предѣлы измѣреній каждаго вольтметра можно расширить вдвое, включивъ еще сопротивление, равное сопротивленію самаго инструмента. Вслѣдствіе этого удвоеннаго сопротивления черезъ вольтметръ проходитъ сравнительно съ прежнимъ лишь половинное количество тока и потому новыя показанія инструмента надо удваивать. Присоединяя къ вольтметру двойное сопротивление, можно предѣлы его показаній утроить и т. д.

Ознакомившись съ принципомъ примѣненія тангенсъ-гальванометра для измѣренія напряженій тока, перейдемъ теперь къ практическимъ примѣненіямъ вышеизложеннаго.

### Тангенсъ-гальванометръ, какъ вольтметръ.

На стр. 109 мы описали устройство такого гальванометра, отклоненіе стрѣлки котораго на  $45^\circ$  соотвѣтствуетъ силѣ тока въ 1 амперъ. Если въ желобокъ круга этого гальванометра, сверхъ пяти оборотовъ толстой проволоки, наложить рядъ оборотовъ очень тонкой мѣдной проволоки, изолированной шелкомъ, при чемъ сопротивление этой новой обмотки будетъ равно 100 омамъ, то получимъ инструментъ, годный для измѣренія напряженій и при томъ такой, что отклоненіе стрѣлки его на  $45^\circ$  соотвѣтствуетъ 10 вольтамъ.

Такимъ образомъ, въ одномъ и томъ же инструментѣ мы будемъ имѣть амперъ и вольтметръ. Необходимо конечно устроить такъ, чтобы концы каждой обмотки были присоединены къ отдѣльной парѣ зажимовъ. Кроме того, при измѣреніи силы тока,

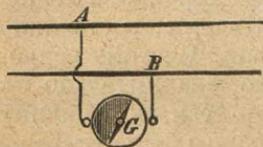


рис. 114.

черезъ толстую обмотку инструмента проходить весь токъ, а для измѣренія напряженія надо включить тонкую обмотку инструмента въ отвѣтвленіе, какъ это показано на рис. 114.

Въ обоихъ случаяхъ имѣетъ силу законъ тангенсовъ и потому, зная, что углу отклоненія стрѣлки въ  $45^{\circ}$  соотвѣтствуетъ напряженіе въ 10 вольтъ, можно по таблицѣ тангенсовъ найти величины для напряженій, соотвѣтствующихъ другимъ величинамъ угловъ отклоненія стрѣлки.

### Градуировка гальванометра, какъ вольтметра.

На стр. 118 описано изготовленіе простаго гальванометра. Такой гальванометръ можно градуировать также какъ и вольтметръ, если имѣются въ распоряженіи нѣсколько аккумуляторовъ; когда аккумуляторъ потерялъ небольшую часть своего заряда, то его напряженіе можно принять безъ большой ошибки равнымъ 2,0 вольтамъ. Если аккумуляторъ разряжать черезъ нейзильберовую проволоку, которой сопротивленіе такъ подобрано, что во 1-хъ, эта проволока не сильно нагрѣвается и во 2-хъ, не пропускаетъ тока болѣе сильнаго, чѣмъ это допустимо для даннаго аккумулятора, то между концами нейзильберовой проволоки напряженіе равно  $2V$ , между началомъ и серединой —  $1V$ , между началомъ и первой четвертью —  $0,5V$  и т. д. Если взять проволоку длиною въ 1 метръ, то каждый ея сантиметръ соотвѣтствуетъ  $\frac{1}{100}$  того напряженія, которое имѣется на ея концахъ. На этомъ основаніи достаточно соединить гальванометръ тонкими проводниками по порядку съ разными точками нейзильберовой проволоки, которыя представляютъ 0,1, 0,2, 0,3 и т. д. вольтовъ разности напряженія, и отмѣчать отклоненія стрѣлки, для того, чтобы градуировать инструмента какъ вольтметръ, показывающій десятыя части вольта. Чтобы получить подходящія отклоненія, надо снабдить гальванометръ добавочнымъ сопротивленіемъ, котораго величина зависитъ отъ величины измѣряемаго напряженія и отъ чувствительности самого инструмента \*). Выше уже было объяснено, что большое добавочное сопротивленіе увеличиваетъ границы примѣненія инструмента. Если приходится выбирать между мало чувствительнымъ инструментомъ съ небольшимъ добавочнымъ сопротивленіемъ и подобнымъ же инструментомъ, но чувствительнымъ, требующимъ введенія большаго добавочнаго сопротивленія, то слѣдуетъ предпочесть послѣднюю комбинацію.

\*) Изготовленіе сопротивленій (реостатовъ, магазиновъ сопротивленій) будетъ описано въ главѣ VII этого сочиненія.

*Примѣръ.* На доскѣ была натянута тонкая нейзильберовая проволока длиною въ 2 метра и къ концамъ ея припаяно по зажиму. Съ этими зажимами были соединены посредствомъ толстыхъ мѣдныхъ проволокъ два послѣдовательно включенныхъ аккумулятора, съ максимальной величиной разряженія въ 10 амперъ. Такъ какъ сопротивление проволоки было равно 6,67 ома, то проходившій по ней во время опыта токъ былъ равенъ  $\frac{4}{6,67} = 0,6$  ампера. Чтобы получить и при существующемъ на концахъ проволоки напряженіи въ 4 вольта подходящія отклоненія, надо было ввести 550 омъ добавочнаго сопротивленія  $W$ . Подъ натянутой проволокой была помѣщена такой масштабъ, которымъ вся длина въ 2 метра подраздѣлялась на 40 равныхъ частей; при каждомъ дѣленіи масштаба, которыя отстояли другъ отъ друга на 5 см., были подписаны соответствующія напряжения, возрастающія отъ одного дѣленія къ другому на  $\frac{1}{10}$  вольта (см. рис. 115).

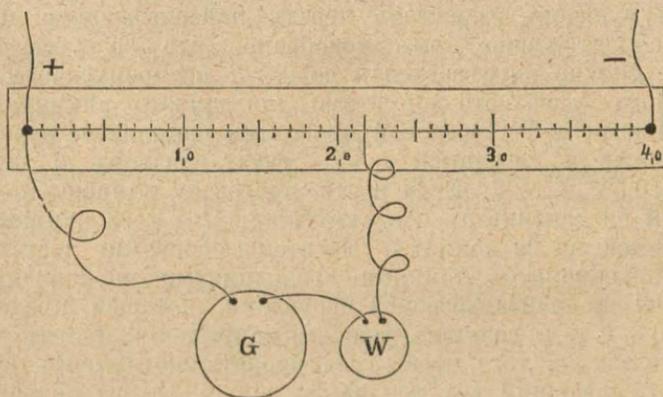


рис. 115.

Градированіе происходило такимъ образомъ, что одинъ изъ зажимовъ гальванометра  $G$  былъ соединенъ съ начальнымъ зажимомъ нейзильберовой проволоки, другой же зажимъ гальванометра сперва былъ соединенъ съ добавочнымъ сопротивленіемъ  $W$ , а черезъ него уже съ длинной подвижной проволокой. Последнюю проволоку передвигали по нейзильберовой, которой конечные зажимы были соединены съ помянутыми выше аккумуляторами. При передвиженіи подвижной проволоки съ одного дѣленія на другое отмѣчали соответствующее отклоненіе стрѣлки гальванометра. Рис. 115 представляетъ схематически расположеніе аппаратовъ.

Для сопротивленія  $W = 550$  омамъ были получены слѣдующія величины:

Напряженіе.	Отклоненіе.
0,1V	2,1°
0,2	4,5
0,3	6,6
0,4	8,7
0,5	10,8
0,6	12,8
0,7	14,6
:	:
:	:
3,6	51,6
3,7	52,3
3,8	53,0
3,9	53,7
4,0	54,4

Когда было введено другое добавочное сопротивленіе, только въ 100 омовъ, чтобы получить большую степень точности для меньшихъ предѣловъ измѣренія, то были получены слѣдующія величины:

Напряженіе.	Отклоненіе.
0,10V	12°
0,15	17,2
0,20	22,5
0,25	27,4
0,30	31,7
:	:
:	:
0,80	56,5
0,85	58,1
0,90	59,4
0,95	60,7
1,00	61,8

Если желаютъ имѣть для cadaго градуса гальванометра соотвѣтствующую величину напряженія, то строятъ на основаніи результатовъ наблюденія надлежащую кривую и по ней опредѣляютъ ненаблюденныя величины. Способъ построенія подобной кривой указанъ былъ на стр. 121, при описаніи графическаго изображенія результатовъ, полученныхъ при градуировкѣ гальванометра при помо-

щи вольтметра. Въ данномъ случаѣ надо только по линіи абсциссъ отложить дѣленія, соотвѣтствующія вольтамъ, а по линіи ординатъ— дѣленія, соотвѣтствующія угламъ отклоненія стрѣлки гальванометра.

Добавочныя сопротивленія изготовляютъ слѣдующимъ образомъ: берутъ изолированную нейзильберовую или желѣзную проволоку діаметромъ въ 0,2 мм., которыхъ сопротивленіе на 1 метръ длины равно соотвѣтственно 8 и 4 омамъ, наматываютъ эту проволоку на деревянную катушку, припаиваютъ къ концамъ проволоки толстую мѣдную и затѣмъ все вмѣстѣ помѣщаютъ для защиты отъ поврежденія въ деревянный ящичекъ, или же въ стеклянный цилиндръ, такъ чтобы только концы мѣдныхъ толстыхъ проволокъ выступали наружу.

### Другіе способы градуировки гальванометра, какъ вольтметра.

1. При помощи нормальнаго элемента. Путь В обозначаетъ батарею, (см. рис. 116), состоящую изъ нѣсколькихъ послѣдовательно соединенныхъ элементовъ. Гальванометръ  $G^1$ , подлежащій градуировкѣ, какъ вольтметръ, вклю-

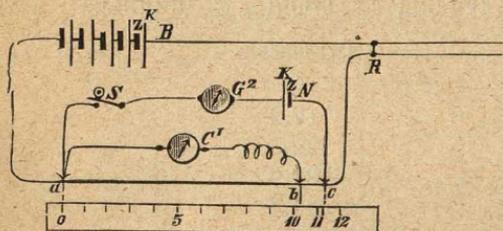


рис. 116.

ченъ въ отвѣтвленіе, присоединенное къ нейзильберовой проволока  $ac$ , діаметромъ 0,5 до 1 мм. Эта проволока  $ac$  составляетъ часть цѣпи батареи В, а ея часть  $ab$  равна 1000 мм. Въ другое отвѣтвленіе включены: замыкатель и размыкатель тока (ключъ) S, гальванометръ  $G^2$  съ астатической парой стрѣлокъ (мультипликаторъ), и нормальный элементъ Даніеля; при этомъ элементъ включенъ такъ, что направленіе его тока противоположно направленію тока батареи.

Длина  $ac$  равна 1100 мм.; возлѣ  $ac$  находится масштабъ съ дѣленіями; концы проволокъ  $b$  и  $c$  можно передвигать по нейзильберовой проволока. R есть соединительная скобка, которую передвигаютъ по проводникамъ до тѣхъ поръ, пока гальванометръ  $G^2$  не перестанетъ показывать присутствіе тока. Въ такомъ случаѣ разность напряженій въ точкахъ  $a$  и  $b$  будетъ равна 1 вольту, такъ какъ напряженіе нормальнаго элемента Даніеля равно 1,110V. Дѣйствительно 1100 мм. соотвѣтствуютъ 1,110 V, а 1000 мм. соотвѣтствуютъ 1 вольту.

2. При помощи мѣднаго вольтамметра. Токъ отъ батареи В (см. рис. 117), которая должна имѣть небольшое внутреннее сопротивление и постоянную электровозбудительную силу, пропускаютъ сперва черезъ мѣдный вольтамметръ V, затѣмъ черезъ сопротивление  $ab$  — равное 1 ому, черезъ тангенсъ-гальванометръ T, и наконецъ по проводу черезъ штепсельный ключъ S опять въ батарею. Сопротивленіе  $ab$  должно быть изготовлено изъ проволоки такой толщины, чтобы она отъ прохожденія черезъ нее тока не нагрѣвалась. Отрицательный электродъ вольтамметра V долженъ быть до начала опыта тщательно взвѣшенъ. Отъ точекъ  $a$  и  $b$  берутъ отвлѣтленіе, въ которое вводятъ тотъ вольтамметръ VG, который подлежитъ градуировкѣ, и кромѣ того переменное сопротивленіе W, величина котораго зависитъ отъ степени чувствительности вольтамметра VG.

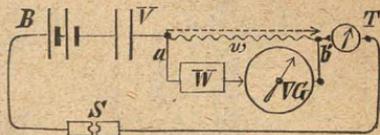


рис. 117.

Если сила тока, протекающаго черезъ  $ab$  и измѣреннаго посредствомъ вольтамметра V, равна 1,18 амп., то на основаніи закона Ома напряженіе между точками  $a$  и  $b$  должно быть равно 1,18

вольта, такъ какъ  $I = \frac{V}{R}$ , а у насъ  $I = 1,18$ ,  $R = 1$ , слѣдовательно

$$V = I \times R = 1,18 \times 1 = 1,18V.$$

Величину сопротивленія W измѣняютъ такъ, чтобы показанія стрѣлки вольтамметра VG оставались въ предѣлахъ шкалы дѣленій.

*Производство опыта.* Ключомъ S замыкаютъ токъ на полчаса и отмѣчаютъ каждыя двѣ — три минуты показанія стрѣлки вольтамметра VG, чтобы убѣдиться въ неизмѣнности напряженія тока.

По истеченіи получаса прерываютъ токъ, взвѣшиваютъ отрицательный электродъ вольтамметра V, на которомъ, скажемъ, отложилось  $\rho$  граммъ мѣди, что въ часъ составитъ  $2\rho$  граммъ.

Такъ какъ токъ силою въ 1 амперъ выдѣляетъ въ часъ 1,18 граммъ мѣди, то средняя сила тока будетъ у насъ равна  $\frac{2\rho}{1,18}$ , а

средняя величина напряженія между  $a$  и  $b$  опредѣлится изъ  $V = I \times R$ ,

$$\text{т. е. } V = \frac{2\rho}{1,18} \times 1.$$

3. При посредствѣ другаго, уже градуированнаго, вольтметра. Токъ батареи В (см. рис. 118), пропускаютъ черезъ переменное сопротивление  $W$ ; нормальный вольтметр  $GN$ , а также и испытуемый вольтметр  $GV$ , включаютъ въ отѣтвленія между точками  $a$  и  $b$ .

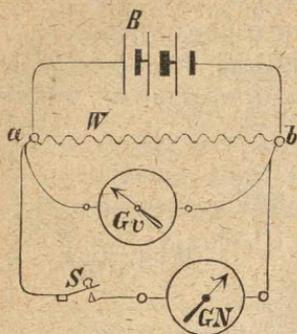


рис. 118.

Токъ замыкаютъ и размыкаютъ посредствомъ ключа  $S$ . Измѣняя сопротивление  $W$  получаютъ разныя величины для напряженія тока между точками  $a$  и  $b$ , при этомъ отмѣчаютъ и сравниваютъ показанія обоихъ вольтметровъ.

### Техническіе амперметры и вольтметры.

Вышеописанные инструменты неудобны для употребленія въ технику, либо по своей чувствительности, либо по сложности устройства, либо по необходимости имѣть дѣло съ таблицами и вычислениями. Для техника нужны такіе инструменты, которые давали бы возможность сразу видѣть на приборѣ силу тока и напряженія безъ всякихъ хлопотливыхъ измѣреній. Теперь существуетъ много такихъ приборовъ, которые показываютъ на шкалѣ величину силы и напряженія тока прямо въ практическихъ единицахъ, т. е. въ амперахъ и вольтахъ; мы опишемъ здѣсь только нѣкоторые изъ нихъ. Сперва рассмотримъ амперметры, а затѣмъ вольтметры, такъ какъ эти послѣдніе представляютъ собою только видоизмѣненія первыхъ.

При устройствѣ амперметровъ пользуются преимущественно слѣдующими двумя физическими явлениями: 1) проволочная спираль, такъ называемый соленоидъ, черезъ которую проходитъ токъ, стремится втянуть въ себя желѣзный стержень, и 2) соленоидъ стремится вращать изогнутую желѣзную пластинку, ось которой эксцентрична относительно оси соленоида. Притягательной силѣ соленоида противопоставляютъ либо силу тяжести, либо силу пружины.

*Пружинный амперметр Кольрауша* (см. рис. 119), состоитъ изъ вертикально стоящаго соленоида и полого цилиндра изъ тонкаго листоватаго желѣза, подвѣшеннаго на пружинѣ. Во время прохожденія тока, цилиндръ втягивается соленоидомъ до тѣхъ поръ, пока сила его притяженія не уравновѣсится противодѣйствіемъ пружины. Этотъ амперметръ снабженъ воздушнымъ тормазомъ (успокоителемъ), такъ какъ желѣзный цилиндръ при опусканіи надвигается на деревянный стержень. При растяженіи пружины по вертикальной шкалѣ

движется указатель. Амперметры изготовляются фирмой Гартманъ и Браунъ въ Франкфуртѣ, для измѣренія токовъ силою до 6000 амперъ и рекомендуются по своей простотѣ и компактности.

Самый простой приборъ, при устройствѣ котораго можно обойтись безъ пружины, есть слѣдующій. Представимъ себѣ рычагъ  $h$  (рис. 120) съ маленькимъ грузомъ, закрѣпленный на валикѣ вмѣстѣ съ маленькимъ колесикомъ, черезъ которое перекинуть шнуръ. На послѣднемъ подвѣшенъ желѣзный сердечникъ  $e$ , который опускается въ катушку  $S$ , введенную въ цѣпь. При пропусканіи тока этотъ сердечникъ втягивается въ катушку, причемъ рычагъ  $h$  поднимается. Но противоѣдѣствіе послѣдняго, которое обусловливается грузомъ и положеніемъ рычага, возрастаетъ по мѣрѣ подниманія рычага и наконецъ наступаетъ такое положеніе, когда дѣйствіе катушки и противоѣдѣствіе тяжести сдѣлаются равными. Такъ какъ дѣйствіе катушки зависитъ отъ силы тока, то рычагъ принимаетъ различныя положенія соотвѣтственно различнымъ силамъ тока. Опредѣливъ предварительными измѣреніями положеніе рычага для каждой силы тока, можно пользоваться этимъ приборомъ для измѣренія силы тока.

Для этой цѣли къ рычагу прикрѣпляется маленькая стрѣлка, которая движется по дугѣ съ дѣленіями и указываетъ на ней соотвѣтствующія силы тока. Этотъ простой приборъ не вполне точенъ, его шкала измѣняется съ теченіемъ времени. Гуммель, главный техникъ фирмы Шукерта и К<sup>о</sup>, изобрѣлъ болѣе точный приборъ, принципъ дѣйствія котораго основанъ на второмъ изъ вышеупомянутыхъ физическихъ явленій, т. е. на

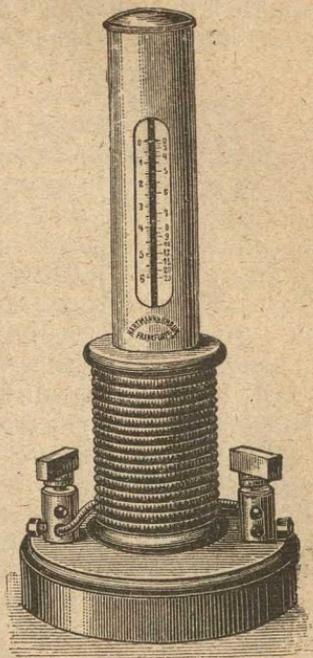


рис. 119.

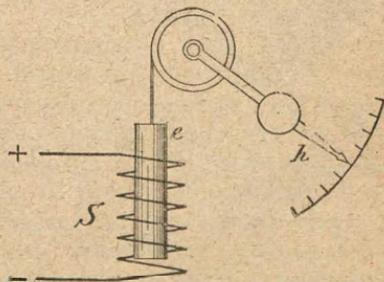


рис. 120.

вращеніи соленоидомъ изогнутой желѣзной пластинки. На рис. 121 изображено схематически устройство амперметра системы Гуммеля.  $L$  — есть соленоидъ, или проводникъ, по которому протекаетъ токъ,  $E$  — есть тонкая изогнутая желѣзная пластинка, которая соединена съ указателемъ  $Z$  и вращается вмѣстѣ съ нимъ около оси въ точкѣ  $O$ .

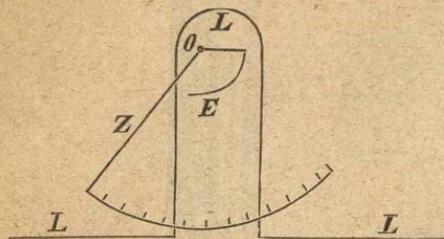


рис. 121.

Центръ тяжести  $E$  и  $Z$ , при нулевомъ положеніи указателя  $Z$ , находится внѣ оси  $O$ . Лишь только токъ проходитъ черезъ петлю  $L$ , сейчасъ же  $E$  притягивается и  $Z$  отклоняется на нѣкоторый уголъ. Состояніе равновѣсія устанавливается тогда, когда моментъ вращенія, вызванный электрическимъ притяженіемъ, будетъ равенъ механическому моменту дѣйствія силы тяжести.

Каждой величинѣ силы тока соотвѣтствуетъ извѣстное определенное положеніе указателя, который передвигается передъ шкалой. На послѣдней отмѣчены силы тока, соотвѣтствующія различнымъ положеніямъ указателя, и градуированнымъ такимъ образомъ приборомъ можно пользоваться для измѣренія силы тока.

Если петля, или соленоидъ  $L$ , состоитъ изъ одного или же немногихъ оборотовъ толстой проволоки, то инструментъ пригоденъ для измѣренія силы тока, т. е. представляетъ собою амперметръ. Для измѣренія же напряженія тока, т. е. для употребленія инструмента, какъ вольтметра, необходимо соленоидъ сдѣлать изъ большого числа оборотовъ очень тонкой проволоки, обладающей большимъ сопротивленіемъ.

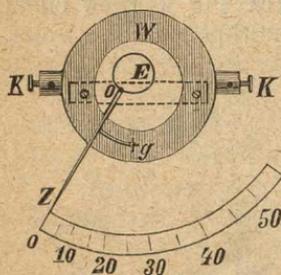
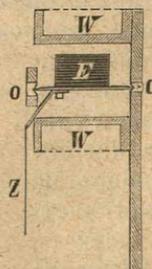


рис. 122.



На рис. 122 изображенъ перспективный видъ подобнаго вольтметра, а также и поперечное его сѣченіе. На остріяхъ оси  $OO$  вращается желѣзная пластинка, или очень тонкостѣнная желѣзная трубочка  $E$ , которой вѣсъ равенъ примѣрно 0,12 гр. Ось  $OO$  параллельна оси соленоида  $WW$ , но расположена экс-

центрично, т. е. ея центръ не совпадаетъ съ центромъ соленоида. Указательная стрѣлка  $Z$  снабжена противовѣсомъ  $g$ , который противо-

дѣйствуетъ вліянію тока и служить (при помощи гайки d) для установки стрѣлки на нуль. Сопротивленіе обмотки соленоида равно по крайней мѣрѣ 600 омамъ, при чемъ на 1 часть обмотки изъ мѣдной проволоки приходится 5 частей обмотки изъ нейзильберовой проволоки. Въ вольтметрахъ на 100 вольтъ сопротивленіе обмотки равно примѣрно 3000  $\Omega$ , изъ которыхъ 500 приходится на долю мѣдной проволоки, а 2500 — на долю нейзильберовой. Въ вольтметрѣ діаметръ мѣдной проволоки равенъ 0,18 мм. и она изолирована шелкомъ, число ея оборотовъ доходитъ до 6000. Назначеніе нейзильберовой проволоки состоитъ въ томъ, чтобы по возможности сгладить разницу въ показаніяхъ инструмента, которая могла бы возникнуть отъ нагрѣванія мѣдной проволоки подъ вліяніемъ дѣйствія тока; подобный вольтметръ можетъ оставаться включеннымъ въ цѣпь въ теченіи продолжительнаго времени. Такъ какъ маленькая масса желѣза E находится среди сильнаго магнитнаго поля, то внѣшнія магнитныя вліянія не оказываютъ на нее почти никакого замѣтнаго дѣйствія. Въ виду того, что притяженіе соленоида и противодѣйствіе ему силы тяжести остаются неизмѣнными для каждаго опредѣннаго отклоненія стрѣлки, то и показанія такого инструмента остаются постоянными.

На рис. 123 изображенъ общій видъ амперметра системы Гуммеля. Необходимо помнить, что амперметръ включается прямо въ цѣпь, т. е. весь токъ проходитъ черезъ него, а вольтметръ включается въ отвѣтвленіе и черезъ него проходитъ лишь очень незначительная доля всего тока.

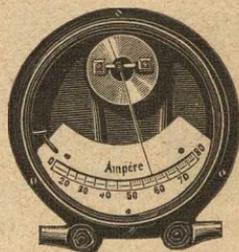


рис. 123.

### Коммутаторы и ихъ назначеніе.

Механически почти невозможно установить, или подвѣсить стрѣлку гальванометра такъ, чтобы ея положеніе вполнѣ совпадало съ направлениемъ сѣверъ-юга и съ плоскостью прохожденія тока. Ошибки отсчета, отъ этого происходящія, можно уничтожить тѣмъ, что измѣняютъ направленіе тока и производятъ два отсчета, одинъ — при отклоненіи стрѣлки въ одну сторону, и другой — при отклоненіи стрѣлки въ другую сторону; изъ этихъ отсчетовъ берутъ среднее. Приборы, служащіе для быстраго измѣненія направленія тока, а также и для его за-и-размыканія, называются коммутаторами. Мы опишемъ устройство нѣсколькихъ такихъ приборовъ.

## Коммутаторъ со ртутью.

Въ цилиндрической деревянной дощечкѣ, діаметромъ въ 8—10 см. и толщиной въ 2 см., высверливаютъ на разстояніи 1 см. отъ краевъ четыре отверстія въ 5—10 мм. діаметромъ и 1,5 см. глубиною. Эти отверстія располагаютъ такъ, чтобы линіи, черезъ нихъ проведенныя, составили квадратъ. Въ полученныя такимъ образомъ отверстія наливаютъ ртуть. Въ центрѣ дощечки (см. рис. 124) укрѣпляютъ деревянный стержень, длиною въ 6 см. и толщиною въ палочку для вставки перьевъ. Этотъ стержень служитъ для передвиженія по немъ деревяннаго кружка, подобнаго первому, но менѣе толстаго, напр. толщиною въ 1 см. Въ этомъ второмъ кружкѣ просверливаютъ тоже четыре отверстія, но сквозныя и діаметромъ всего лишь въ 2—3 мм., чтобы черезъ нихъ можно было пропустить съ треніемъ мѣдную проволоку соответствующей толщины. Эти отверстія должны быть расположены соответственно отверстіямъ нижняго кружка. Черезъ каждыя

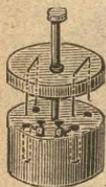


рис. 124.

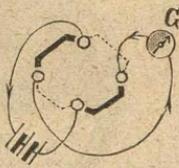


рис. 125.

два отверстія пропускаютъ мѣдную проволоку, изогнутую два раза подъ прямымъ угломъ, т. е. имѣющую видъ  $\Gamma$ . Длина кусковъ проволоки, выдающихся внизъ изъ подъ кружка, пусть будетъ равна 3 см. Эти концы мѣдныхъ проволокъ нужно амальгировать для лучшаго контакта со ртутью. Поворачивая верхній кружокъ и затѣмъ опуская его до погруженія концовъ проволоки въ отверстія со ртутью, устанавливаютъ сообщеніе между батареей и гальванометромъ (см. рис. 125) то въ томъ, то въ другомъ направленіи. Проводники отъ батарей и проводники къ гальванометру должны быть погружены въ діаметрально противоположныя отверстія, или же присоединены къ соответствующимъ зажимамъ, которые находятся въ сообщеніи со ртутью въ отверстіяхъ.

Еще болѣе простой коммутаторъ со ртутью можно изготовить слѣдующимъ образомъ. На полоскѣ изъ стекла укрѣпляютъ при помощи сургуча двѣ пробки одну возлѣ другой. Въ каждой пробкѣ надо предварительно сдѣлать продольное отверстіе (до половины или во всю) при помощи сверла изъ заостренной латунной трубочки, или же посредствомъ круглаго напильника. Въ эти отверстія наливаютъ нѣкоторое количество ртути и затѣмъ погружаютъ туда концы проводниковъ. Для удобнаго и скорого различенія полюсовъ одну изъ пробокъ окрашиваютъ красной краской, а другую черной; тоже дѣлаютъ и съ проводами. Для перемены направленія тока остается

только измѣнить положеніе проводовъ, перемѣщая ихъ изъ одного отверстія въ другое.

### Коммутаторъ съ деревяннымъ валикомъ.

На концы деревяннаго валика, длиною 6—10 см. и 4 см. въ діаметрѣ, насажены кольца изъ мѣди или латуни шириною въ  $1\frac{1}{2}$  см. Къ этимъ кольцамъ *i* и *d* (см. рис. 126) припаяваютъ, по направленію длины валика и на двухъ противоположныхъ діаметрахъ, полоски *f* и *k*. При томъ положеніи валика, которое изображено на рисункѣ, токъ отъ положительнаго полюса батареи вступаетъ въ зажимъ *a*, проходитъ по пружинѣ въ кольцо *i*, по полоскѣ *k* переходитъ въ зажимъ *m*, отъ этого зажима токъ идетъ по проводу *m*, въ который можетъ быть включенъ напр. гальванометръ, изъ зажима *n* токъ по полоскѣ *f* и кольцу *d* переходитъ въ пружину, соединенную съ зажимомъ *b*, откуда токъ и направляется обратно въ батарею. Если повернуть валикъ на  $180^\circ$ , то изъ зажима *a* токъ перейдетъ по пружинѣ въ кольцо *i* и полоску *k*, но эта полоска *k* будетъ теперь въ соединеніи съ пружиной зажима *n*, такъ что токъ пойдетъ отъ *n*—черезъ проводъ, гальванометръ, проводъ—къ зажиму *m*, отъ этого зажима токъ перейдетъ по полоскѣ *f* и кольцу *d* въ пружину зажима *b* и отъ него уже направится обратно въ батарею. Направленіе тока, проходящаго черезъ гальванометръ, будетъ въ этомъ второмъ случаѣ противоположно направленію тока въ первомъ случаѣ. Всѣ винты и зажимы для этого коммутатора, какъ и для всѣхъ другихъ, должны быть изготовлены изъ латуни, такъ какъ желѣзные могли бы оказать вліяніе на стрѣлку гальванометра.

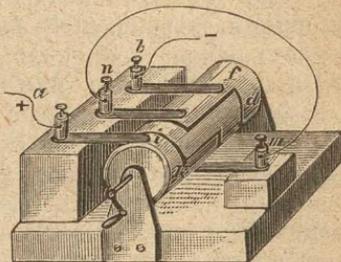


рис. 126.

### Коммутаторъ Дюжардена.

На небольшой дощечкѣ (см. рис. 127) укрѣпленъ кружокъ *a* и полукруглая полоска *b*; и тотъ и другая могутъ быть сдѣланы изъ мѣди или латуни. Кружокъ *a* соединяютъ съ зажимомъ *p'*, а полоску *b*—съ зажимомъ *p*; соединительная проволочка *ap'* не должна прикасаться къ полоскѣ *b*. Къ зажимамъ *G* и *G'* при-

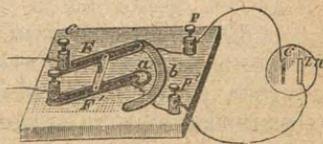


рис. 127.

соединены латунныя пружины  $F$  и  $F'$ , которые могут быть передвигаемы при помощи рукоятки, укрѣпленной на полоскѣ изъ рогавого каучука, (или просто изъ дерева), которая связываетъ обѣ пружины вмѣстѣ. Къ этимъ же зажимамъ  $G$  и  $G'$  присоединяются провода отъ гальванометра, а къ зажимамъ  $p$  и  $p'$  присоединяются проводники отъ батареи. Переминая пружины  $F$  и  $F'$  вправо или влѣво—измѣняютъ направленіе тока, идущаго въ гальванометръ.

### Коммутаторъ, служащій для показанія поляризаціоннаго тока.

Въ серединѣ квадратной деревянной дощечки (см. рис. 128) помещаютъ деревянный же кружокъ толщиною въ  $1\frac{1}{2}$  см., который можетъ вращаться около латунной оси. По окружности кружка укрѣплены двѣ мѣдныя или латунныя полоски, изолированныя другъ отъ друга. Борны  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$ , снабжены латунными пружинами, которые нажимаютъ на полоски кружка.

При положеніи кружка, которое изображено на рис. 128, токъ отъ элемента  $E$  идетъ отъ  $a$  къ  $b$  въ водяной вольтметрѣ  $W$ , затѣмъ въ гальванометръ  $G$  и черезъ  $c$  и  $d$  возвращается къ элементу. На рис. 129 кружокъ изображенъ, повернутымъ на  $90^\circ$ , при чемъ токъ изъ элемента идетъ черезъ  $a$  и  $d$  обратно въ элементъ, а токъ поляризаціонный изъ вольтметра  $W$  черезъ  $b$  и  $c$  поступаетъ въ гальванометръ, гдѣ и производитъ отклоненіе стрѣлки въ противоположную сторону, а затѣмъ идетъ обратно въ вольтметръ.

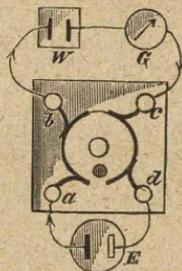


рис. 128.

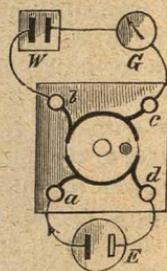


рис. 129.

### Ключи для замыканія и размыканія тока.

Для быстрого замыканія и размыканія тока служатъ такъ называемые ключи. Самый простой ключъ состоитъ изъ баночки со ртутью, въ которую и погружаютъ концы проводниковъ. Замыканіе и размыканіе тока можно также произвести посредствомъ временнаго нажатія другъ на друга двухъ пружинъ. Ключи болѣе сложнаго устройства будутъ описаны ниже.

## ГЛАВА IV.

### Примѣненіе электролиза къ гальванопластикѣ и гальваностегіи.

Когда токъ проходитъ черезъ химически сложную жидкость, то онъ разлагаетъ ее. Уже было указано выше, что вода (подкисленная) разлагается проходящимъ черезъ нее токомъ на ея составныя части: кислородъ и водородъ, при чемъ первый выдѣляется на положительномъ полюсѣ, а второй — на отрицательномъ. Если жидкость состоитъ изъ раствора металлической соли, напримѣръ мѣднаго купороса (сѣрномѣдной соли— $\text{CuSO}_4$ ), то на положительномъ полюсѣ выдѣляется кислота соли и кислородъ, а на отрицательномъ — мѣдь. Послѣдняя отлагается на отрицательномъ электродѣ въ видѣ слоя, толщина котораго возрастаетъ съ продолжительностью дѣйствія тока и съ увеличеніемъ силы тока.

Этимъ процессомъ воспользовался раньше всѣхъ русскій ученый Якоби въ 1838 году для изготовленія снимковъ съ разныхъ предметовъ при помощи отложенія мѣди на слѣпкахъ, предварительно полученныхъ съ этихъ предметовъ. Внутренняя поверхность такого слѣпка (формы, матрицы), приготовленнаго изъ какой либо пластичной массы, дѣлалась проводящей, напримѣръ посредствомъ натиранія графитомъ, и затѣмъ она помѣщалась въ растворъ мѣднаго купороса, гдѣ и соединялась съ отрицательнымъ полюсомъ источника тока. При этомъ на ней отлагался осадокъ мѣди, который въ теченіи продолжительнаго дѣйствія тока пріобрѣталъ достаточную толщину, такъ что затѣмъ могъ быть снятъ съ формы. Такъ какъ мѣдь при своемъ выдѣленіи изъ раствора отлагается даже въ самыя мелкія углубленія, то осадокъ представляетъ точное изображеніе предмета, съ котораго была изготовлена форма. Сначала Якоби пользовался только металлическими формами, такъ какъ онъ иначе не умѣлъ дѣлать ихъ проводящими, но уже годъ спустя Мюррей показалъ, что можно изготовлять формы и изъ непроводящаго ма-

теріала, дѣлая поверхность этихъ формъ проводящей посредствомъ покрыванія графитовымъ порошкомъ. Этотъ практическій приемъ имѣлъ большое значеніе для примѣненія гальванопластики. Во всякомъ случаѣ заслуга открытія самаго процесса покрыванія формъ металлами принадлежитъ Якоби.

Разсматриваемое здѣсь примѣненіе электролиза раздѣляется на двѣ отрасли: на *гальванопластику* и на *гальваностегію*. Гальванопластика служитъ для изготовленія рельефныхъ снимковъ съ разныхъ предметовъ путемъ осажденія на ихъ поверхность слоя металла, преимущественно мѣди. Этотъ слой металла затѣмъ снимается съ предмета, служившаго формой, и является точнымъ отпечаткомъ его поверхности. Такимъ способомъ можно получить копіи съ медалей, типографскихъ клише, монетъ, произведеній природы, и т. д. Гальваностегія имѣетъ цѣлью образованіе осадка изъ одного металла на другомъ, причемъ осадокъ не снимаютъ съ предмета, служащаго какъ бы подкладкой, наоборотъ осадокъ долженъ плотно приставать къ послѣднему. Отложеніе на поверхности одного металла тонкаго, но крѣпкаго, слоя другого металла дѣлается обыкновенно съ цѣлью приданія первому или бѣльшей прочности, или же болѣе красиваго вида. Сюда относятся золоченіе, серебряніе, платинированіе, никелированіе и т. д., разныхъ металлическихъ предметовъ.

### Приборы, необходимые для гальванопластики и гальваностегіи.

А) Источники тока: гальваническіе элементы, аккумуляторы, динамо-машины. В) Ванны, то есть сосуды, содержащіе тѣ растворы, изъ которыхъ получается отложеніе металла. С) Электроды, то есть проводники тока въ жидкость. Положительный электродъ (анодъ) долженъ состоять изъ того металла, который осаждается на отрицательномъ электродѣ (катодѣ). Катодами служатъ тѣ предметы, на которыхъ должно происходить осажденіе металла изъ раствора.

### Выборъ элементовъ.

Элементы, примѣняемые въ гальванопластикѣ и гальваностегіи, должны отличаться возможнымъ постоянствомъ дѣйствія и достаточной электровозбудительной силой. Такимъ условіямъ наиболѣе удовлетворяютъ элементы Даніеля и Бунзена. Сила дѣйствующаго тока (въ амперахъ) должна соответствовать поверхности тѣхъ предметовъ, которые должны быть покрыты осажденнымъ металломъ. Слѣдующая таблица можетъ дать объ этомъ нѣкоторое понятіе:

Граммовъ осаждено въ 1 часть.	Сила тока въ амперахъ на 1 кв. дециметръ.	Качество осажденія мѣди.
0,1	0,085	превосходное.
0,4	0,342	очень хорошее.
3	2,6	очень хорошее.
12	10,2	хорошее.
50	42,7	дурное.
124	106	очень дурное.

Хорошія осажденія мѣди получаютъ при плотностяхъ тока отъ 0,1 до 4 амперъ на 1 кв. дециметръ поверхности формы; обыкновенно держатся въ этихъ границахъ. Для изготовленія клише рекомендуется плотность тока отъ 0,6 до 1,5 ампера. Для другихъ металловъ путемъ опыта найдены слѣдующія величины наиболѣе выгодныхъ плотностей тока:

	ампер. на 1 кв. децим.
Цинкъ . . . . .	0,3 до 0,5
Серебро . . . . .	0,15 » 0,5
Золото . . . . .	0,07 » 0,15
Латунь . . . . .	0,4 » 0,5
Желѣзо . . . . .	0,15 » 0,45
Никкель въ началѣ отложенія . . . . .	1,5 » —
» ослабляютъ затѣмъ до . . . . .	0,15 » 0,3

Эти цифры относятся къ поверхности катода, равной одному квадратному дециметру. При величинѣ поверхности катода въ 6 кв. децим. надо цифры таблицы увеличить въ шесть разъ. Величина поверхности пластинъ не имѣетъ никакого отношенія къ величинѣ нужнаго напряженія, выраженнаго въ вольтахъ; эта послѣдняя величина зависитъ исключительно отъ состава раствора. Въ практикѣ употребляютъ слѣдующія разности напряженій на каждую ванну:

для осажденія мѣди изъ кислаго раствора . . . . .	0,5 до 1,5 V
» » » » цианистаго раствора . . . . .	3 » 5 »
» » серебра . . . . .	0,5 » 1 »
» » золота . . . . .	0,4 » 4 »
» » латуни . . . . .	3 » 4 »
» » желѣза . . . . .	1 » 1,3 »
» — » никкеля на желѣзо, сталь, мѣдь, съ анодомъ изъ никкеля, въ началѣ . . . . .	— » 5 »

для осажденія послѣ отложенія перваго слоя	1,5 до 2	V
» » то же съ анодомъ изъ угля .	2 » 4	»
» » » на цинкъ . . . . .	5 » 6	»

3 элемента Бунзена, соединенныхъ послѣдовательно, достаточны для поверхности покрываемыхъ металломъ предметовъ равной 13 кв. децим.; для поверхности въ 26 кв. децим. надо къ этимъ 3 элементамъ присоединить параллельно еще 3 элемента, соединенные послѣдовательно.

### Проводники; продолжительность процесса отложения.

При длинѣ проводовъ до 25 метровъ достаточно поперечное сѣченіе въ 1 кв. мм. на 3 амп.; если провода длиннѣе, то надо считать отъ 1,5 до 2 амперовъ на 1 кв. мм. поперечнаго сѣченія.

Продолжительность электролитическаго процесса можетъ быть расчислена на основаніи слѣдующей таблицы:

Названіе металла.	$m$ вѣсъ осадка на 1 амперъ-часъ въ грм.	$\delta$ удѣльный вѣсъ.
Аллюминій	0,34	2,60
Серебро	4,03	10,53
Кобальтъ	1,11	8,51
Мѣдь	1,18	8,92
Олово	2,19	7,29
Желѣзо	1,04	7,88
Никкель	1,10	8,90
Золото	2,44	19,32
Платина	3,63	21,50
Свинець	3,86	11,37
Цинкъ	1,21	7,15

Если на поверхности предмета желаютъ получить отложеніе въ  $n$  куб. см. металла удѣльнаго вѣса  $\delta$ , при плотности тока  $d$  амп. на 1 кв. децим., если поверхность равна  $f$  кв. дм., и 1 амперъ-часъ выдѣляетъ  $m$  граммъ рассматриваемаго металла, то время  $t$  въ часахъ будетъ равно:

$$t = \frac{n \delta}{d f m} .$$

Если надо получить слой толщиной в  $D$ , то  $n = D f$  и

$$t = \frac{D \delta}{d m} .$$

*Примѣчаніе.* Если 2,603 есть удѣльный вѣсъ алюминія, то это значить, что 1 куб. см. алюминія въ 2,603 раза тяжелѣе 1 куб. см. воды, а такъ какъ 1 куб. см. воды вѣситъ 1 граммъ, то 1 куб. см. алюминія вѣситъ 2,603 грамма.

### Гальванопластика.

*Простой приборъ* (см. рис. 130). Къ числу старѣйшихъ гальванопластическихъ приборовъ принадлежитъ приборъ, въ которомъ ванна для электролиза составляетъ вмѣстѣ съ тѣмъ и элементъ. Въ стеклянномъ сосудѣ съ растворомъ мѣднаго купороса помѣщается пористый глиняный стаканъ, который наполненъ слабой сѣрной кислотой (1 ч. сѣрной кислоты на 30 ч. воды). Въ глиняномъ стаканѣ стоитъ амальгмированный цинковый цилиндръ (или пластинка), на верху котораго придѣлано кольцо изъ мѣдной проволоки съ крестообразными перекладинами. Къ этому кольцу подвѣшиваются на тонкихъ проволокахъ тѣ предметы, которые желаютъ покрыть мѣдью. Для сохраненія одинаковой концентраціи раствора, къ тому же кольцу подвѣшиваютъ мѣшечки, наполненные кристаллами мѣднаго купороса. Избытокъ кислоты узнается посредствомъ синей лакмусовой бумажки, и отъ времени до времени устраняется прибавленіемъ нѣкотораго количества отмученнаго мѣла. Поверхность цинковаго цилиндра должна быть не меньше поверхности подвѣшенныхъ предметовъ.

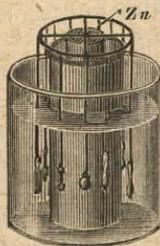


рис. 130.

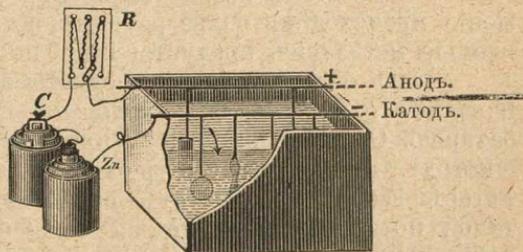


рис. 131.

Болѣе сложному аппарату, изображенному на рис. 131, токъ доставляется извнѣ отъ двухъ элементовъ. Для регулировки силы

тока въ цѣпь включенъ реостатъ R (см. ниже). Самый сосудъ (ванна) для раствора мѣднаго купороса можетъ быть стеклянный, фаянсовый, глиняный—глазурованный, каучуковый, деревянный, покрытый парафиномъ или лакомъ и т. д. Къ аноду подвѣшены пластинки изъ мѣди, а къ катоду—предметы, покрываемые металломъ.

### Гальванопластическая ванна.

Въ гальванопластикѣ ванной, называется не только сосудъ, содержащій растворъ разлагаемой соли, но и сама жидкость, изъ которой получается отложеніе металла. Поэтому и говорятъ о ваннѣ мѣдной, серебряной, никкелевой и т. п., подразумѣвая подъ этими выраженіями самые электролитическіе растворы.

Составъ ванны имѣетъ большое значеніе въ гальванопластикѣ. Слишкомъ слабый (по количеству металла) растворъ выдѣляетъ пористый и хрупкій осадокъ; если же растворъ слишкомъ концентрированъ, то отложеніе дѣлается кристаллическимъ. Во время работы ванны надо по временамъ перемѣшивать растворъ, чтобы сохранить его равномерную плотность. Равнымъ образомъ надо отъ времени до времени приводить въ движеніе и электроды, такъ какъ иначе около нихъ образуется такое теченіе раствора, которое способствуетъ появленію полосъ на отложившемся металлѣ. Вообще гальванопластъ не долженъ упускать случая, проходя мимо ванны, перемѣшать растворъ или же привести въ движеніе анодъ и катодъ. Вышепомянутыя полосы можно лучше всего наблюдать въ цвѣтныхъ растворахъ; въ особенности онѣ появляются тогда, когда электроды расположены слишкомъ близко другъ къ другу. Въ большихъ ваннахъ, гдѣ покрываемые металломъ предметы висятъ далеко другъ отъ друга, отложеніе происходитъ болѣе равномерно, особенно тогда, когда покрываемые металломъ предметы не велики.

Чѣмъ болѣе удалены предметы отъ анода, тѣмъ медленнѣе происходитъ отложеніе; для ускоренія надо употребить болѣе сильную батарею. Обыкновенно аноду придаютъ такую же поверхность, какъ и катоду. При покрываніи въ одной и той же ваннѣ нѣсколькихъ предметовъ всё таки слѣдуетъ подвѣсить только одинъ анодъ, но съ такой поверхностью, которая была бы равна суммѣ поверхностей всѣхъ катодовъ. При слишкомъ маленькомъ анодѣ ванна дѣлается бѣдной по отношенію къ содержанію въ ней металла; при слишкомъ большомъ анодѣ содержаніе металла въ ваннѣ увеличивается, тѣмъ болѣе, что въ большинствѣ случаевъ въ ваннѣ кромѣ того имѣется избытокъ кислоты.

Температура ванны должна быть не ниже 15—16° С.

Плотность тока на 1 кв. децим. слѣдуетъ поддерживать между 0,085 и 2,6 ампера; въ такомъ случаѣ количество мѣди, отлагающейся въ теченіи одного часа на поверхности въ 1 кв. децим. будетъ колебаться между 0,1 и 3 грам. Начальное напряженіе тока должно быть отъ 1 до 2 вольта, а затѣмъ оно можетъ быть понижено до 0,5 вольта.

Если изготовляютъ снимки для клише, то послѣ снятія отложившагося металла съ формы покрываютъ снимокъ съ задней стороны слоемъ слѣдующаго сплава: 91 часть свинца, 5 ч. сурьмы и 4 ч. олова. Обровнявъ края и поверхность этого слоя, можно укрѣпить клише на деревянной дощечкѣ.

### Изготовление матрицъ или формъ для гальванопластики.

Для изготовленія формъ изъ легкоплавкихъ металловъ употребляютъ слѣдующіе сплавы:

Металлъ д'Арсе: Свинца . . . . . 5 частей.

Висмута . . . . . 8 »

Олова . . . . . 3 »

Температура плавленія этого сплава 94° С.

Металлъ Вуда: Свинца . . . . . 2 ч.

Олова . . . . . 4 ч.

Висмута . . . . . отъ 7 до 8 ч.

Кадмія . . . . . отъ 1 до 2 ч.

Температура плавленія между 66 и 71° С.

Металлъ Бѣтхера: Свинца . . . . . 8 ч.

Висмута . . . . . 8 »

Олова . . . . . 3 »

Температура плавленія сплава 108° С.

Если къ 9 частямъ сплава д'Арсе прибавить 1 ч. ртути, то получится сплавъ съ температурой плавленія въ 55° С. Прибавку ртути слѣдуетъ производить лишь тогда, когда прочія составныя части металла д'Арсе уже сплавлены и даже сняты съ огня.

При изготовленіи вышеозначенныхъ сплавовъ поступаютъ такъ. Въ желѣзную ложку или чашку помѣщаютъ сперва наиболѣе тугоплавкій металлъ и затѣмъ уже къ нему прибавляютъ надлежащія количества другихъ составныхъ частей. Расплавленную массу выливаютъ по каплямъ на мраморную доску или блюдечко. Затѣмъ собираютъ остывшія капли сплава и расплавляютъ вторично. Эту опе-

рацію повторяють раза два для полученія совершенно однороднаго сплава.

Формы изъ легкоплавкихъ смѣсей лучше всего готовить путемъ оттискиванія. Расплавленную смѣсь выливаютъ на глиняное или фарфоровое блюдо; если при этомъ на поверхности сплава появится пленка окиси, то ее необходимо быстро удалить кусочкомъ толстой бумаги. Затѣмъ берутъ предварительно нагрѣтую медаль или монету, съ которой желаютъ получить слѣпокъ, и опускаютъ ее плашмя на поверхность сплава съ высоты около 5 сантиметровъ. Черезъ нѣсколько времени металлъ застываетъ, тогда медаль вынимаютъ изъ него, а полученную форму обрѣзаютъ. Заднюю сторону и края формы покрываютъ лакомъ изъ сургуча, раствореннаго въ спиртѣ.

Другой способъ формовки состоитъ въ томъ, что слегка смазанный масломъ предметъ помѣщаютъ на дно плоскаго сосуда и затѣмъ наливаютъ на него совершенно чистый расплавленный металлъ, которому и даютъ потомъ остыть. Въ обоихъ способахъ часто бываетъ трудно избѣжать того, чтобы между предметомъ и формою не осталось нѣсколькихъ воздушныхъ пузырьковъ, которые дѣлаютъ иногда негоднымъ слѣпокъ.

Русскій гальванопластъ г. Симоненко рекомендуетъ производить формовку слѣдующимъ способомъ. Модель помѣщается въ коробочку изъ тонкаго листоваго желѣза или мѣди, въ которую предварительно насыпается на половину гипса. На модель накладывается достаточное количество холоднаго сплава и затѣмъ все вмѣстѣ нагрѣвается до расплавленія металла. Послѣ охлажденія модель и форма очень легко отдѣляются другъ отъ друга.

Формы неметаллическія изготовляются изъ слѣдующихъ непроявляющихъ веществъ: гипса, сѣры, сургуча, стеарина, воска, парафина, каучука, морскаго клея, желатины и т. п.

При изготовленіи формъ изъ гипса необходимо хорошо вычищенный предметъ сперва смазать масломъ или мыльной водой. Можно также вмѣсто этого смазыванія покрыть предметъ графитовымъ порошкомъ. Избытокъ графита долженъ быть конечно удаленъ. Затѣмъ предметъ, съ котораго желаютъ снять форму, окружаютъ краинами изъ бумажной полоски, которой концы склеиваютъ сургучомъ. Такимъ образомъ получается нѣчто вродѣ коробки, которой дно составляетъ тотъ предметъ, съ котораго снимается форма. Эту коробку ставятъ на тарелку, наполненную пескомъ, котораго назначеніе помѣшать протеканію жидкости черезъ щели, могущія остаться между моделью и бумагой, ее окружающей. Послѣ этого наливаютъ въ какой либо сосудъ нѣкоторое количество воды и прибавляютъ къ

ней столько гипсового порошка (хорошо прожженного), чтобы при тщательномъ смѣшеніи получилась жидкость густоты сметаны. Если эту массу сразу вылить на модель, то рискуютъ получить воздушные пузыри между формой и оригиналомъ. Чтобы избѣгнуть появленія этихъ пузырей, берутъ гипсовую смѣсь кистью и смазываютъ ею поверхность модели. Затѣмъ, когда первый слой наложенъ, то наливаютъ на него остальную массу слоемъ въ 1—2 см. толщиною. Черезъ нѣсколько времени (напр. черезъ полчаса), когда гипсъ отвердѣетъ, снимаютъ бумажныя закраины, счищаютъ ножомъ то, что могло протечь между бумагой и моделью, и осторожно отдѣляютъ гипсовую форму отъ оригинала. Послѣ этого готовая форма высушивается—лѣтомъ на солнцѣ, а зимой—на печкѣ.

Формы, изготовленныя изъ гипса, до погруженія ихъ въ гальванопластическую ванну необходимо сдѣлать непроницаемыми для жидкости. Съ этой цѣлью подогрѣтую форму помѣщаютъ на поверхность расплавленнаго парафина или стеарина—изображеніемъ кверху. Лишь только изображеніе начнетъ пріобрѣтать жирный глянецъ, слѣдуетъ снять форму и дать ей остыть по прежнему—изображеніемъ кверху. вмѣсто пропитыванія формы парафиномъ или стеариномъ, можно сдѣлать ее непроницаемой для жидкостей посредствомъ лака. Покрываніе лакомъ надо повторить нѣсколько разъ.

Если гипсовое тѣсто изготовить, смѣшивая гипсъ не просто съ водой, а съ растворомъ квасцовъ, то получается масса болѣе непроницаемая и твердая, чѣмъ гипсъ.

Формы, изготовленныя изъ сѣры, хотя и даютъ возможность получать хорошіе снимки, но онѣ слишкомъ хрупки и легко поэтому крошатся.

Изъ гуттаперчи изготовляютъ очень прочныя и твердыя, но и эластичныя формы, которыя передаютъ хорошо всѣ детали оригинала. Изготовление хорошихъ формъ изъ гуттаперчи требуетъ большаго навыка. Для полученія такой формы копируемый предметъ сначала покрываютъ слоемъ графита или масла, препятствующихъ приставанію размягченной гуттаперчи. Затѣмъ изъ листа гуттаперчи вырѣзываютъ кусокъ потребной величины, погружаютъ его въ горячую воду и мнутъ руками. Послѣ этого накладываютъ размягченный кусокъ гуттаперчи на оригиналъ и плотно къ нему прижимаютъ, надавливая пальцами. По совершенномъ охлажденіи снимаютъ форму съ модели. Для ускоренія охлажденія можно употреблять холодную воду.

Обыкновенный воскъ мягокъ, и формы изъ него сдѣланныя можно употреблять только въ холодныхъ ваннахъ. Кромѣ того воскъ не даетъ отчетливыхъ отпечатковъ. Воску слѣдуетъ предпочесть сургучъ.

Стеаринъ употребляется точно также, какъ и гипсъ, съ той только разницей, что его надо разогрѣть притомъ лишь до точки его плавленія, но не выше. Если стеаринъ не очень жиренъ, то онъ при застываніи кристаллизуется, что вредитъ отчетливости формы. Тогда нужно къ нему прибавить немного деревяннаго масла или сала; напротивъ, если онъ очень жиренъ, то при застываніи дѣлается очень мягкимъ, въ этомъ случаѣ слѣдуетъ прибавить къ нему бѣлаго воска или спермацета.

Если желаютъ отлить стеариновую форму съ гипсового оригинала, то нужно, чтобы этотъ послѣдній былъ пропитанъ водой. Для этого гипсовую модель опускаютъ въ кипятокъ лицезю стороною кверху, вода должна доходить только до половины толщины модели. Гипсъ втягиваетъ въ себя теплую воду и по прошествіи нѣсколькихъ минутъ ею насыщается. Затѣмъ пока модель еще тепла, окружаютъ ее бумажной закраиной и наливаютъ на нее растопленный стеаринъ. Если находятъ неудобнымъ смачивать гипсовый оригиналъ водой, то можно натереть его графитомъ, безъ чего было бы трудно отдѣлать форму отъ оригинала.

Морской клей, котораго составъ и приготовленіе описаны на стр. 5-й, употребляется для изготовленія формъ или путемъ выливанія, т. е. въ расплавленномъ видѣ, или же проще, путемъ прессованія, т. е. послѣ размягченія его въ горячей водѣ до тѣстообразнаго состоянія, надавливаютъ на оригиналъ и даютъ совершенно остыть.

### Металлизированіе формъ.

Чтобы сдѣлать формы, изготовленныя изъ неметаллическихъ веществъ, проводящими электрической токъ, необходимо ихъ металлизировать. Этого можно достигнуть покрывая тѣ части формы, на которыя должно быть произведено гальванопластическое осажденіе металла, такимъ веществомъ, которое проводитъ электричество. При этомъ необходимо, чтобы металлизирующій слой былъ такъ тонокъ и настолько незначителенъ, чтобы онъ не могъ испортить формы и сгладить ея мелкихъ подробностей.

Металлизированіе формъ производится двумя путями: сухимъ и мокрымъ. Раземотримъ сперва металлизированіе сухимъ путемъ. Съ этой цѣлью употребляется самый тонкій и чистый графитовый порошокъ. Хорошо отмученный графитовый порошокъ просѣивается чрезъ тонкое сито на форму, подлежащую металлизированію, и затѣмъ тщательно растирается по формѣ тонкой, но не слишкомъ мягкой щеточкой. Эта операція должна быть выполнена очень тща-

тельно, такъ какъ отъ ея совершенства зависитъ удача всей работы. Растираніе, или лучше сказать—втираніе, графитоваго порошка надо продолжать до тѣхъ поръ, пока вся поверхность формы не пріобрѣтетъ равномернаго глянца. Хорошо награфиченная вещь должна быть совершенно черной и блестящей. Чтобы графитъ лучше приставалъ къ поверхности формы—можно смазать ее очень слегка вазелиномъ. Для металлизированія стекляной формы необходимо ее покрыть предварительно слоемъ раствора воска въ скипидарѣ.

По указанію искуснаго гальванопласта г. Табурэ въ настоящее время изготовляютъ графитъ, несравненно лучше проводящій токъ, чѣмъ обыкновенный, вводя въ него золото или серебро.

Золотой графитъ получается слѣдующимъ образомъ. Въ одномъ литрѣ сѣрнаго эфира растворяютъ 10 граммъ хлористаго золота и къ этому раствору прибавляютъ отъ 500 до 600 граммъ очищеннаго графита. Все это выливаютъ въ большую фарфоровую чашку или блюдо и выставляютъ на солнце. При помѣшиваніи смѣси стекляной палочкой эфиръ довольно быстро улетучивается и подъ конецъ остается почти совсѣмъ сухая масса графита, которую можно пропустить окончательно въ духовой печкѣ.

Для приготовленія серебрянаго графита растворяютъ въ 1 литрѣ дистиллированной воды 50 граммъ кристаллической азотно-кислой соли серебра (ляписа). Къ этому раствору прибавляютъ 500 граммъ очищеннаго мелкаго графитоваго порошка и хорошо смѣшиваютъ до образованія тѣста. Затѣмъ полученное тѣсто кладутъ въ фарфоровую чашку и высушиваютъ. Высушенную массу перекладываютъ въ тигель съ крышкой и нагреваютъ до краснаго каленія. По охлажденіи, вынимаютъ сухую массу изъ тигля, снова толкутъ, просѣиваютъ черезъ частое шелковое сито и сыпаютъ въ банки съ пробками.

Графитъ, такимъ образомъ приготовленный, почти также хорошо проводитъ электрической токъ, какъ и металлъ, и поэтому, хотя онъ и довольно дорогъ, его въ настоящее время обыкновенно употребляютъ хорошіе гальванопласты.

Съ маленькихъ мало выпуклыхъ или мало углубленныхъ предметовъ можно изготовлять формы, нажимая на нихъ кусокъ листаваго олова или свинца (станіоля), который затѣмъ, со стороны противоположной изображенію, утолщаютъ приливкой изъ гипса или воска.

#### Мѣдная ванна для гальванопластики.

Приготовить гальванопластическую мѣдную ванну—это значитъ растворить въ водѣ, болѣе или менѣе подкисленной сѣрной

кислотой, столько сѣрнокислой мѣди, сколько ея можетъ раствориться при обыкновенной температурѣ.

Мѣдная ванна, приготовленная изъ одной воды и мѣднаго купороса, употребляется очень рѣдко, такъ какъ она очень дурно проводитъ электрической токъ, вслѣдствіе чего и осажденіе мѣди въ этой ваннѣ происходитъ неправильно и самая мѣдь часто бываетъ очень хрупка.

Обыкновенно мѣдная ванна содержитъ отъ 15 до 20 процентовъ мѣднаго купороса и отъ 3 до 5 процентовъ чистой концентрированной (66° Боме) сѣрной кислоты.

При этой степени концентраціи ванны хорошее отложеніе мѣди получается при токѣ плотностью отъ 0,6 до 1,5 амп. на 1 кв. дециметръ поверхности формы.

Электротехникъ Сванъ нашелъ возможность получать хорошее плотное отложеніе мѣди даже при употребленіи большихъ плотностей тока. Для достиженія этой цѣли Сванъ употребляетъ вмѣсто сѣрнокислой мѣди—мѣдь азотнокислую. Въ растворъ азотнокислой мѣди Сванъ прибавляетъ небольшое количество нашатыря (хлористаго аммонія) и получаетъ въ ваннѣ такого состава хорошія отложенія мѣди при плотности тока даже въ 10,8 амп. на 1 кв. децим. Употребляя ванну съ сѣрнокислой мѣдью нельзя идти далѣе плотности тока въ 2,6 амп. на 1 кв. децим.

**Гальваностегія или образованіе металлическаго отложенія на другомъ металлѣ.**

Предварительная подготовка (декапированіе) предметовъ для гальваностегіи имѣетъ цѣлью полученіе совершенно чистой матовой или блестящей металлической поверхности, на которой и должно происходить затѣмъ отложеніе другого металла. Подготовка состоитъ: 1) въ удаленіи жировъ съ поверхности предмета, 2) въ удаленіи съ нея окисловъ. Начинаютъ съ удаленія жировъ. Предметы подвергаются сперва механической чисткѣ тряпкой, щеткой, пескомъ и т. п., а затѣмъ нагрѣваются до темно-краснаго каленія въ печи или надъ какимъ-нибудь пламенемъ (газовымъ, древеснаго угля и т. д.). Предметы же спаянные, закаленные и вообще такіе, на которые прокаливаніе можетъ дѣйствовать вредно, кипятятъ въ теченіи четверти часа въ растворѣ 1 части ѣдкаго натра или кали въ 10 частяхъ воды и затѣмъ промываютъ въ большомъ количествѣ воды. На острые инструменты и этотъ способъ можетъ, однако, дѣйствовать вредно, почему ихъ лучше отчищать щеткой, обмакнутой въ известковую воду (1 ч. негашеной извести «кипѣлки» на 8 ч.

воды). Наконецъ, полированные предметы чистятъ тончайшимъ порошкомъ пемзы, затѣмъ промываютъ 4% растворомъ ѣдкаго натра и водою. Убѣдиться, достаточно-ли очищенъ декапируемый предметъ отъ жира, очень легко; для этого надо лишь смочить его водою: если вода расплывается ровнымъ слоемъ по всей его поверхности, то это значитъ, что жиры удалены, если же на немъ остались слѣды жира, то вода мѣстами не пристаётъ къ поверхности предмета. Послѣ очистки предметовъ отъ жира до нихъ уже нельзя дотрогиваться пальцами, а надо брать или при помощи листка чистой бумаги, или при помощи стекляннаго крючка и т. п.

Предметы, сдѣланные изъ олова и его сплавовъ, погружаются послѣ кипяченія въ щелочной ваннѣ на нѣкоторое время въ подкисленную воду (1 ч. сѣрной кислоты на 10 ч. воды); мѣдь и ея сплавы тоже погружаютъ въ подкисленную воду (1 ч. сѣрной кислоты на 5 ч. воды): при этомъ поверхность предметовъ покрывается очень тонкимъ слоемъ окисла. Желѣзо, чугуны и сталь разлагаютъ эти растворы, а на серебро они не дѣйствуютъ.

Окислы удаляются съ декапируемыхъ предметовъ посредствомъ обработки ихъ смѣсями, содержащими кислоты или, такъ называемыми, протравами. Протравы берутся разныя, смотря по металлу, изъ котораго сдѣланъ данный предметъ.

Для удаленія слоя окисла съ предметовъ, сдѣланныхъ изъ мѣди, бронзы и нейзильбера, ихъ погружаютъ на очень короткое время въ смѣсь азотной кислоты и воды (1 ч. азотной кислоты и 10 ч. воды), затѣмъ ихъ слѣдуетъ немедленно обмыть большимъ количествомъ воды. Предметы съ грубой и сильно окисленной поверхностью погружаютъ въ смѣсь изъ 1 ч. азотной кислоты, 2 ч. воды и 1 ч. сѣрной кислоты. Предметы изъ цинка, а также полированные изъ желѣза, чугуна и стали декапируются (протравляются) въ смѣси 1 ч. сѣрной кислоты съ 100 ч. воды.

Желѣзо и его разновидности натираютъ затѣмъ мелкимъ пескомъ или порошкомъ пемзы до тѣхъ поръ, пока они не приобретутъ равномерной сѣрой поверхности.

#### Мѣдныя ванны для гальваностегіи.

Вышеприведенная мѣдная гальванопластическая ванна не годится для гальваностегіи, такъ какъ она содержитъ въ себѣ свободную кислоту, а въ такой жидкости цинкъ, желѣзо, олово и т. д. растворяются и выдѣляются изъ раствора мѣдь въ видѣ порошка. Въ виду этого обстоятельства въ гальваностегіи употребляются мѣдныя

ванны щелочныя, а не кислыя. Вотъ составъ мѣдной ванны, которая по Розелеру годится для покрытія мѣдью всёхъ металловъ:

Уксуснокислой мѣди . . . . .	1 ч. по вѣсу.
Соды (углекислаго натрія) . . . . .	1 ч. » »
Двусѣрнистокислаго натрія . . . . .	1 ч. » »
Синеродистаго калия (95—100%) . . . . .	1 ч. » »
Воды . . . . .	5 ч. » »

Сперва растворяютъ уксуснокислую мѣдь, затѣмъ прибавляютъ соду; по раствореніи остальныхъ двухъ веществъ—фильтруютъ. Наиболѣе подходящая плотность тока для этой ванны: 0,4 амп. на 1 кв. децим.; напряженіе: 3—4 вольта; разстояніе электродовъ: 15 сантиметровъ.

Д-ръ Лангбейнъ рекомендуетъ слѣдующую ванну, какъ самую лучшую:

Воды . . . . .	10 литровъ.
Углекислаго натрія . . . . .	250 грамм.
Двусѣрнистокислаго натрія (крист.) . . . . .	200 »
Уксуснокислой мѣди (нейтр.) . . . . .	200 »
Синеродистаго калия (98—99%) . . . . .	250 »

Объ соли натрія растворяются въ половинномъ количествѣ воды, такъ же, какъ и мѣдная соль; затѣмъ прибавляется растворъ синеродистаго калия, смѣсь фильтруютъ, а иногда предварительно кипятятъ.

Анодами служатъ чистые прокаленные мѣдныя листы, поверхность которыхъ должна быть равна двойной поверхности подвѣшиваемыхъ предметовъ. Отъ времени до времени аноды вынимаютъ и подвергаютъ очисткѣ посредствомъ протравы.

### Никкелированіе.

Для покрытія никкелемъ предметовъ изъ желѣза, стали, латуни, мѣди, составляютъ ванну изъ 1 литра воды и 70 грам. сѣрнистой соли закиси никкеля и амміака; эту ванну надо постоянно поддерживать насыщенною и нейтрализованною воднымъ растворомъ амміака. Допускаемая плотность тока можетъ быть отъ 0,3 до 0,6 амп. на 1 кв. децим., при напряженіи отъ 2,5 до 3,5 вольтъ. Ванна нейтральна въ томъ случаѣ, если ни красная, ни синяя лакмусовыя бумажки не измѣняютъ въ ней своего цвѣта.

Слѣдующія формулы даютъ тоже хорошія никкелевыя ванны:

1 ч. азотнокислаго, сѣрнокислаго или солянокислаго никкеля,  
1 ч. двусѣрнистокислаго натрія,  
20 ч. воды;

или:

1 ч. азотнокислаго, сѣрнокислаго или солянокислаго никкеля,  
1 ч. чистаго кристал. нашатыря,  
20 ч. воды.

Щелочную ванну надо осторожно нейтрализовать кислотой (сѣрной, соляной, лимонной).

Соли должны быть чисты и ихъ слѣдуетъ растворять въ теплой дождевой или дистиллированной водѣ. Никкелируемые предметы погружаются въ ванну уже полированными; послѣ удаленія предметовъ изъ ванны надо промыть ихъ большимъ количествомъ воды и высушить въ древесныхъ опилкахъ. Анодами служатъ пластинки изъ никкеля.

Вся поверхность предметовъ, которые одновременно находятся въ ваннѣ, должна быть приблизительно равна поверхности цинковъ работающей батареи, а также и поверхности подвѣшенныхъ въ ваннѣ анодовъ.

Разстояніе предметовъ отъ анодовъ должно быть примѣрно 10 сантим. Аноды должны быть вполне погружены въ ванну и быть подвѣшены при помощи платиновыхъ проволокъ.

Если желаютъ усилить блескъ никкелированныхъ предметовъ, то ихъ трутъ суконкой, смоченной варенымъ масломъ съ нѣкоторымъ количествомъ полировальнаго порошка, а подъ конецъ протираютъ сухимъ трипеломъ.

Предметы изъ цинка, олова, свинца и британскаго металла, до покрытія ихъ никкелемъ, должны быть не только отшлифованы, полированы, обезжирены, но еще и покрыты гальванопластически сломъ мѣди.

При никкелированіи, какъ и вообще при всѣхъ гальванопластическихъ осажденіяхъ, слѣдуетъ подвѣшенные предметы возможно чаще приводить въ движеніе, чтобы удалять пузырьки газовъ и замѣнять ближайшіе истощенные слои жидкости другими, болѣе свѣжими.

При никкелированіи жести надо регулировать силу тока такимъ образомъ, чтобы отложеніе могло окончиться въ 15—20 минутъ.

### Серебреніе.

Серебренію безъ подогреванія жидкости ванны подвергаются: мѣдь, бронза, нейзильберъ, латунь, никкель; съ подогревомъ—цинкъ, сталь,

жельзо, свинець, олово. Послѣдніе металлы должны быть предварительно покрыты тонкимъ слоемъ мѣди. Кромѣ того, всѣ предметы, подлежащіе серебрєнію, амальгамируются погруженіемъ на очень короткое время въ ванну, состоящую изъ раствора 10 грам. азотнотрутной соли въ 1 литрѣ воды, къ которому прибавляютъ понемногу столько азотной кислоты, чтобы получилась совершенно прозрачная жидкость.

Серебряная ванна готовится изъ слѣдующихъ веществъ:

Азотнокислаго серебра . . . . .	150 граммъ.
Синеродистаго калия . . . . .	250 »
Воды дистиллированной . . . . .	10 литровъ.

Аноды состоятъ изъ пластинъ чистаго серебра, подвѣшенныхъ въ ваннѣ при помощи платиновыхъ проволокъ; аноды должны быть вполне погружены въ ванну. Разстояніе между анодами 15 сантим.; сила тока—0,15 до 0,25 амп. на 1 кв. децим.; напряженіе тока отъ 0,5 до 0,75 вольт.; при такихъ условіяхъ получается хорошее мелкозернистое отложеніе серебра.

Для серебрєнія достаточно одного элемента съ большими поверхностями электродовъ или же нѣскольکو элементовъ, соединенныхъ параллельно.

Во время нахождения предметовъ въ ваннѣ, ихъ слѣдуетъ приводить въ движеніе. Если желаютъ получить отложеніе значительной толщины, то часа черезъ 2—4 предметы вынимаются изъ ванны, чистятся щеткой, вновь амальгамируются и затѣмъ опять погружаются въ ванну.

Предметы, подвергающіеся серебрєнію, должны быть очень тщательно отчищены отъ жира, декапированы и амальгмированы.

Пары синильной кислоты очень опасны и потому съ серебряной ванной надо работать въ хорошо вентилируемыхъ помѣщеніяхъ или же подъ тягой. Если ванна содержитъ мало цѣанистаго калия, то отложеніе происходитъ медленно и аноды чернѣютъ; если же имѣется избытокъ цѣанистаго калия, то аноды остаются бѣлыми, отложеніе происходитъ быстро, но не плотно.

Начинающему можно посовѣтовать продѣлать слѣдующія манипуляціи. Растворите въ азотной кислотѣ монету въ двадцать копѣекъ, прилейте къ этой жидкости раствора поваренной соли въ водѣ; бѣлый хлопковидный осадокъ, при этомъ полученный, есть хлористое серебро. Отфильтруйте этотъ осадокъ и хорошенько промойте водой, приготовьте растворъ синеродистаго калия въ водѣ и затѣмъ растворите въ немъ полученное вами хлористое серебро; по раствореніи прибавьте къ раствору равное ему по объему количество воды. Если

въ эту жидкость погрузить анодомъ небольшую серебряную пластинку \*), соединивши ее съ положительнымъ полюсомъ какого-нибудь элемента, а въ видѣ катода употребить какой-нибудь небольшой полированный и слегка амальгамированный предметъ, соединенный съ отрицательнымъ полюсомъ того же элемента, то, спустя нѣкоторое время, этотъ предметъ покроется тонкимъ сѣжнобѣлымъ слоемъ серебра. Матовую поверхность этого слоя серебра можно отполировать стальной гладилкой или кровавикомъ (минераль, состоящей изъ окиси желѣза).

### Серебрение контактомъ съ цинкомъ.

Небольшіе предметы окружаютъ нѣсколькими оборотами цинковой проволоки или полосками изъ листового цинка, затѣмъ эти предметы погружаютъ на нѣкоторое время въ холодную или лучше въ подогрѣтую серебряную ванну.

### Серебрение погруженіемъ.

Хорошо отчищенные предметы погружаютъ въ серебряную ванну съ избыткомъ синеродистаго калия. Слой серебра, отлагающійся въ моментъ погруженія предметовъ въ ванну, очень тонокъ, и не можетъ быть утолщенъ долгимъ держаніемъ предметовъ въ ваннѣ. Составъ ванны слѣдующій: растворяютъ 15 гр. азотнокислаго серебра въ  $\frac{1}{4}$  литра воды, а 50 гр. синеродистаго калия въ  $\frac{3}{4}$  литра воды и приливаютъ затѣмъ растворъ серебра медленно и при помѣшиваніи въ растворъ синеродистаго калия. Серебрение погруженіемъ производится обыкновенно въ подогрѣтой ваннѣ.

### Серебрение стекла.

Растворяютъ 5 гр. азотнокислаго серебра въ 100 куб. см. воды, а 7,6 гр. сейгнетовой соли (виннокислый натръ-калій) тоже въ 100 куб. см. воды. Смѣшиваютъ по 20 куб. см. каждаго раствора и полученный при этомъ осадокъ виннокислаго серебра отстаиваютъ, промываютъ декантированіемъ и затѣмъ осторожнымъ прибавленіемъ по каплямъ слабаго раствора амміака почти растворяютъ. Раствореніе продолжаютъ до тѣхъ поръ, пока не останется лишь слабая муть,

\*) За непьюніемъ серебряной пластинки ее можно замѣнить пластинкою изъ угля.

послѣ чего дополняютъ жидкость водою до 250 куб. см., наливаютъ на хорошо очищенное стекло, которое желаютъ посеребрить, и оставляютъ жидкость на немъ въ теченіи одного часа. Порошокъ, получающійся при споласкиваніи стекла, содержитъ въ себѣ большую часть употребленнаго въ дѣло серебра и можетъ быть опять переработанъ на серебро. Чтобы не употреблять большихъ количествъ серебряной жидкости, въ стекло, назначенное для серебрения, погружаютъ другое меньшее такимъ образомъ, чтобы оно отстояло отъ перваго на 5—10 миллиметровъ.

### З о л о ч е н і е .

Для золоченія серебряныхъ, мѣдныхъ и богатыхъ мѣдью сплавовъ, употребляютъ ванну, составленную изъ слѣдующихъ веществъ:

Фосфорнокислаго натрія въ кристаллахъ . . . . .	600 грам.
Сѣрнистокислаго натрія . . . . .	100 »
Синеродистаго калия . . . . .	10 »
Хлористаго золота . . . . .	10 »
Воды дистиллированной . . . . .	10 литровъ.

Для золоченія предметовъ изъ желѣза, чугуна и стали употребляется ванна изъ тѣхъ же веществъ, но взятыхъ въ другомъ количествѣ, а именно:

Фосфорнокислаго натрія . . . . .	500 грамм.
Сѣрнистокислаго натрія . . . . .	125 »
Синеродистаго калия . . . . .	5 »
Хлористаго золота . . . . .	10 »
Воды дистиллированной . . . . .	10 литровъ.

Объ ванны употребляются подогрѣтыми до 50° Ц. и приготовляются слѣдующимъ образомъ. Растворяютъ сперва фосфорнокислый натрій въ 8 литрахъ теплой воды, а хлористое золото—въ 1 литрѣ воды, затѣмъ постепенно смѣшиваютъ объ жидкости. Синеродистый калий и сѣрнистокислый натрій растворяютъ въ 1 литрѣ воды и соединяютъ этотъ растворъ съ предыдущимъ. При помощи этой ванны золото осаждается быстро и достаточной толщины. Анодомъ служить золотая или платиновая пластинка. Для полученія позолоты зеленоватаго оттѣнка прибавляютъ въ ванну серебра, а для краснаго оттѣнка—мѣди.

Если отложеніе получается темно-красное или даже черное, то надо прибавить въ ванну раствора синеродистаго калия; если же

отложеніе дѣлается сѣрымъ и происходитъ очень медленно, то слѣдуетъ прибавить хлористаго золота.

Предметы изъ цинка, свинца, олова, сурьмы и изъ ихъ сплавовъ слѣдуетъ до золоченія покрывать слегка мѣдью.

До золоченія хорошо предметы подвергать амальгамированію. Для этой цѣли хорошо очищенные предметы погружаютъ на нѣсколько мгновеній въ амальгирующій растворъ, состоящій изъ одного литра воды, въ которомъ растворены 1 гр. азотнортутной соли и 2 гр. сѣрной кислоты. Послѣ вынутія изъ этой ванны предметы хорошо обмываютъ водой и немедленно погружаютъ въ золотую ванну.

### Покрываніе латуню.

По Розелеру слѣдующая ванна годится для покрыванія латуню всѣхъ металловъ:

Углекислой мѣди . . . . .	100 гр.
Углекислаго цинка . . . . .	100 »
» натрія . . . . .	200 »
Двусѣрнистокислаго натрія . . . . .	200 »
Синеродистаго калия (95—100%) . . . . .	200 »
Мышьяковистой кислоты . . . . .	2 »
Дистиллированной воды . . . . .	10 литр.

Эта ванна употребляется подогрѣтою до 50° Ц. для покрытія латуню желѣзной проволоки и вещей изъ томпака, а для другихъ предметовъ — въ холодномъ состояніи. Анодами служатъ латунныя пластины. Если отложеніе получается слишкомъ темнаго цвѣта, то прибавляютъ къ раствору цинка; если же оно слишкомъ свѣтло, — то прибавляютъ въ ванну мѣди. Слабый токъ производитъ красное, а сильный токъ бѣлое или синеватое отложеніе. Сила тока должна быть отъ 0,5 до 0,55 амп. на 1 кв. децим., а напряженіе отъ 3 до 3,5 вольтъ. Поверхность анодовъ должна быть вдвое больше поверхности покрываемыхъ предметовъ.

Вотъ составъ ванны, которая по Пфангаузеру годится тоже для всѣхъ металловъ:

Двойной соли синеродистаго калия и мѣди . . . . .	40 гр.
» » » цинка и калия . . . . .	40 »
Чистаго синеродистаго калия . . . . .	2 »
Хлористаго аммонія въ кристаллахъ . . . . .	2 »
Амміачной соды . . . . .	10 »

Всѣ эти вещества надо растворить при помѣшиваніи въ 1 литръ теплой воды. Ванна употребляется при температурѣ въ 20—25° Ц.

Напряженіе тока должно быть:

для цинка . . . . .	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	вольты.
» желѣза . . . . .	3	»
» цѣпочекъ . . . . .	3—3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	»
» мелкихъ предметовъ . . . . .	4	»

Плотность тока должна быть примѣрно 0,5 амп. на 1 кв. децим.

### Желѣзная ванна для оттисковъ.

Равныя количества желѣзнаго купороса и сѣрнокислой магнѣзии растворяють въ водѣ до полученія раствора уд. вѣса 1,555. Этотъ растворъ насыщается затѣмъ углекислой магнѣзійей. Анодомъ служить желѣзная пластинка съ такой же поверхностью, какъ и покрываемый предметъ; анодъ подвѣшивается отъ предмета на разстояніи 4 сант. Плотность тока не должна превосходить 1 амп. на 1 кв. децим.

Мы думаемъ, что предъидущихъ указаній достаточно для начинающаго практика; желающему ближе ознакомиться съ гальванопластикой и гальваностегіей слѣдуетъ обратиться къ болѣе специальнымъ сочиненіямъ по этимъ предметамъ.

*Предостереженіе.* Синеродистый калий принадлежитъ къ числу сильнѣйшихъ ядовъ; нѣсколько дециграммовъ этого вещества достаточно для отравленія со смертельнымъ исходомъ. Изъ этого вытекаетъ необходимость обращаться крайне осторожно съ синеродистымъ калиемъ и его растворами. Никогда не слѣдуетъ прикасаться къ нему голыми руками, въ особенности, если на рукахъ имѣются малѣйшіе порѣзы или ссадины. Въ этомъ случаѣ смертельный исходъ отравленія можетъ наступить такъ быстро, что не останется времени для примѣненія противоядія. Лучшимъ противоядіемъ служить слабый растворъ уксуснокислаго желѣза, а также вдыханіе хлорнаго газа, который можетъ быть добытъ весьма быстро изъ чайной ложки бѣлильной извести, взболтанной въ стаканѣ воды, которую подкисляютъ нѣсколькими каплями сѣрной или соляной кислоты. Рекомендуются также обливать голову очень холодной водой.

Необходимо также помнить, что всѣ крѣпкія кислоты, щелочи (ѣдкій натръ, кали, амміакъ), а также соли мѣдныя, свинцовыя, ртутныя и нѣкоторыя другія (напр. двухромокислое кали) принадлежатъ тоже къ числу ядовитыхъ веществъ.

Электролитический законъ Фарадея.

Электрохимическимъ эквивалентомъ какого нибудь простаго тѣла (элемента) называется то число, которое показываетъ сколько вѣсовыхъ единицъ этого элемента выдѣляются электрическимъ токомъ въ 1 секунду при силѣ тока въ 1 амперъ.

Одинъ и тотъ же токъ, дѣйствующій одновременно на нѣсколько растворовъ, выдѣляетъ изъ нихъ эквивалентныя количества элементовъ, или иначе—разлагаетъ эквивалентныя количества электролитовъ.

Если вѣсовое количество водорода, выдѣленное токомъ въ извѣстный промежутокъ времени, принять за единицу, то вѣсовые количества другихъ элементовъ, выдѣленные тѣмъ же токомъ и въ тоже время, будутъ соответствовать химическимъ эквивалентамъ этихъ веществъ. Слѣдующая таблица даетъ величины этихъ эквивалентовъ для наиболѣе часто встрѣчающихся веществъ.

Таблица эквивалентовъ.

НАЗВАНІЯ ПРОСТЫХЪ ТѢЛЪ.	Химическіе знаки.	Атомные вѣса.	Эквиваленты.		Количество ве- щества, выдѣ- ленного 1 ам- перъ — часомъ, въ граммахъ.
			Химиче- скіе.	Электрохи- мическіе въ миллиграм- махъ.	
Алюминій . . . . .	Al	27,04	9,01	0,0936	0,337
Бромъ . . . . .	Br	79,76	79,76	0,8284	2,982
Водородъ . . . . .	H	1	1	0,010386	0,03739
Жельзо . . . . .	Fe	55,88	27,94	0,2909	1,047
Золото . . . . .	Au	196,2	65,4	0,6792	2,445
Іодъ . . . . .	I	126,54	126,54	1,3142	4,731
Кальцій . . . . .	Ca	39,91	19,95	0,2069	0,745
Калій . . . . .	K	39,03	39,03	0,4054	1,459
Кислородъ . . . . .	O	15,96	7,98	0,0831	0,303
Магній . . . . .	Mg	23,94	11,97	0,1245	0,4482
Мѣдь . . . . .	Cu	63,18	31,59	0,3280	1,1808
Натрій . . . . .	Na	22,99	22,99	0,2388	0,8596
Никкель . . . . .	Ni	58,6	29,3	0,304	1,096
Олово . . . . .	Sn	117,35	58,67	0,6094	2,194
Платина . . . . .	Pt	194,43	97,22	1,0097	3,635
Ртуть . . . . .	Hg	199,8	99,9	1,038	3,735
Свинецъ . . . . .	Pb	206,39	103,2	1,0718	3,8584
Серебро . . . . .	Ag	107,66	107,66	1,1183	4,026
Сурьма . . . . .	Sb	119,6	39,9	0,4172	1,502
Сѣра . . . . .	S	31,98	15,99	0,1655	0,596
Углеродъ . . . . .	C	11,97	2,99	0,0308	0,111
Хлоръ . . . . .	Cl	35,37	35,37	0,3674	1,323
Хромъ . . . . .	Cr	52,45	26,22	0,2711	0,976
Цинкъ . . . . .	Zn	64,88	32,44	0,3369	1,213

### Опредѣленіе посредствомъ электролиза направленія тока въ цѣпи, а также полюсовъ батареи или динамо-машины.

При описаніи гальванометровъ и гальваноскоповъ было уже указано, какимъ образомъ можно по отклоненію магнитной стрѣлки судить о направленіи тока. При производствѣ работъ по гальвано-пластикѣ, по гальваностегіи, при зарядженіи аккумуляторовъ, при электрическомъ освѣщеніи съ помощью дуговыхъ лампъ, а также и въ другихъ случаяхъ, необходимо знать направленіе тока. Опредѣленіе направленія тока достигается путемъ электролиза слѣдующимъ образомъ.

1) Въ водяномъ вольтметрѣ токъ (положительный) направляется къ тому электроду, на которомъ выдѣляется водородъ; отсюда, слѣдуетъ, что тотъ электродъ, у котораго выдѣляется въ большомъ количествѣ водородъ, есть *отрицательный* полюсъ; см. разложеніе воды, стр. 8.

2) Въ водѣ растворяютъ небольшое количество іодистаго калия и прибавляютъ къ этому раствору нѣкоторое количество жидкаго крахмального клейстера. При пропусканіи тока черезъ эту жидкость, у *положительнаго* полюса появляется синее окрашиваніе; токъ выдѣляетъ изъ раствора свободный іодъ, который и окрашиваетъ въ синій цвѣтъ крахмаль.

3) Нѣкоторое количество мѣднаго купороса растворяютъ въ водѣ; въ этотъ растворъ погружаютъ въ видѣ электродовъ двѣ хорошо отчищенные свинцовыя полоски; при пропусканіи тока на той пластинкѣ, которая соединена съ *отрицательнымъ* полюсомъ батареи, появляется ярко-красное отложеніе мѣди, см. стр. 147.

4) Концы проводовъ батареи смачиваютъ водою и прикладываютъ близко другъ къ другу къ сырой синей лакмусовой бумажкѣ; въ мѣстѣ прикосновенія къ бумажкѣ *положительнаго* полюса появляется красное окрашиваніе.

5) Отъ стеклянной трубки, діаметромъ въ 1—2 сантим., отрубятъ кусокъ длиною отъ 5 до 8 сантим. Оба конца этой трубки затыкаютъ обыкновенными или каучуковыми пробками, черезъ которыя проходятъ съ треніемъ двѣ платиновыя проволоочки. Эта трубочка наполняется однимъ изъ нижеслѣдующихъ чувствительныхъ растворовъ:

а) Въ 20 куб. см. воды растворяютъ 3 гр. селитры и смѣшиваютъ съ 50 куб. см. глицерина; 0,5 гр. феноль-фталейна растворяютъ въ 10 гр. алкоголя и прибавляютъ къ первому раствору. При пропусканіи тока черезъ эту жидкость у *отрицательнаго* полюса появляется красно-фіолетовое окрашиваніе;

б) Если феноль-фталейнъ замѣнить нейтральнымъ растворомъ розоловой кислоты, то у отрицательнаго полюса получается фіолетовое окрашиваніе, а при употребленіи раствора изъ метиль-анилинъ-фіолета появляется зеленовато-голубое окрашиваніе у положительнаго полюса.

Платиновыя проволочки, служація электродами, сближаютъ или удаляютъ другъ отъ друга въ зависимости отъ величины силы тока. Лишь только токъ начинаетъ проходить черезъ жидкость, какъ тотчасъ же появляется окрашиваніе у одного изъ полюсовъ.

Для узнаванія направленія тока можетъ служить и реактивная бумага приготовленная слѣдующимъ образомъ:

25 гр. селитры растворяютъ въ 100 куб. см. воды. Бѣлая протечная или фильтровальная бумага разрѣзается на полоски. Эти полоски погружаютъ въ растворъ селитры и затѣмъ высушиваютъ. Высохшія полоски бумаги пропитываютъ затѣмъ растворомъ 5—6 гр. феноль-фталейна въ алкогольъ и высушиваютъ вторично. Если такую полоску бумаги смочить слегка водою, и прикоснуться затѣмъ къ ней концами проводовъ отъ батареи или динамо, то въ мѣстѣ прикосновенія съ отрицательнымъ полюсомъ появится красное пятно. Для пропитыванія бумаги могутъ служить и растворы розоловой кислоты и метиль-анилинъ-фіолетъ. Подобныя бумаги, окрашивающіяся отъ дѣйствія электролиза, примѣняются для устройства химическихъ печатающихъ телеграфныхъ приборовъ.

### Изготовление ящиковъ для ваннъ.

Ящики или баки для такихъ ваннъ, которыя не содержатъ въ себѣ кислотъ, изготовляются теперь изъ эмальированнаго чугуна. Для ваннъ съ кислотами употребляются деревянные ящики, обложенные внутри листовымъ свинцомъ. Чтобы предохранить электроды и предметы, подвѣшиваемые въ ванну, отъ прикосновенія съ этой свинцовой обложкой, ее покрываютъ каучуковымъ лакомъ или же обтягиваютъ парафинированной тканью. Можно употреблять для ваннъ ящики изготовленные прямо изъ дерева, но въ этомъ случаѣ они должны быть изнутри хорошо покрыты смѣсью смолы съ канифолью, прокипяченной въ льняномъ маслѣ. Снаружи эти ящики слѣдуетъ хорошо покрыть асфальтовымъ лакомъ. Для растворовъ, содержащихъ синеродистыя соединенія, осмоленные ящики не годятся, такъ какъ смола растворяется въ синеродистыхъ жидкостяхъ; для такихъ ваннъ лучше всего пригодны вышеупомянутые ящики изъ эмальированнаго чугуна, или стеклянные.

Подсчетъ количества нѣкоторыхъ веществъ, выдѣляемыхъ при электролизѣ въ одинъ часъ одной паровой лошадиной силой.

Работа, производимая въ одну секунду паровой лошадиной силой, равна 75 килограммъ-метрамъ, что соответствуетъ 736 вольтъ-амперамъ (ваттамъ).

Для практическихъ расчетовъ въ гальваностегіи и въ электрометаллургіи эта величина не можетъ непосредственно служить основаніемъ въ опредѣленіи расхода силы, которая необходима для производства той или другой работы во внѣшней цѣпи. Въ этомъ случаѣ надо принимать въ соображеніе тѣ потери, которыя сопровождаютъ переходъ одного вида энергіи въ другую.

Смотря по совершенству динамо-машины механическая сила, ей доставляемая, преобразуется ею въ электрическую энергію лишь въ размѣрѣ 82—96%. Изъ полученной такимъ образомъ электрической энергіи во внѣшней цѣпи утилизируется тоже не все количество, а лишь отъ 70 до 92%. Такимъ образомъ получается, что машины величиною отъ 6 до 10 паров. лош. силъ производятъ во внѣшней цѣпи работу равную лишь 8% механической энергіи, доставленной паровой или водяной силой. На этомъ основаніи для

1 паровая лошадиная сила выдѣляетъ при напряженіи въ 1 вольтъ.	Въ 1 часъ кило граммъ.	1 паровая лошадиная сила выдѣляетъ при напряженіи въ 1 вольтъ.	Въ 1 часъ кило- граммъ.
Алюминія . . . . .	0,2016	Марганца . . . . .	0,6190
Брома . . . . .	1,7892	Мышьяка . . . . .	0,5608
Барія . . . . .	1,5366	Никкеля . . . . .	0,6618
Водорода . . . . .	0,02243	Натрія . . . . .	0,5158
Висмута . . . . .	1,5703	Олова . . . . .	1,3163
Жельза . . . . .	0,6281	Платины . . . . .	1,1070
Золота . . . . .	1,4670	Ртути . . . . .	2,2433
Иода . . . . .	2,8385	Свинца . . . . .	2,3150
Кальція . . . . .	0,4486	Серебра . . . . .	2,4155
Кадмія . . . . .	1,2563	Сурьмы . . . . .	0,9100
Калія . . . . .	0,8756	Сѣры . . . . .	0,3589
Кислорода . . . . .	0,1794	Стронція . . . . .	0,9825
Кобальта . . . . .	0,6618	Фтора . . . . .	0,4261
Литія . . . . .	0,1570	Хлора . . . . .	0,7935
Магнія . . . . .	0,2689	Хрома . . . . .	0,5898
Мѣди . . . . .	0,7084	Цинка . . . . .	0,7277

практическихъ расчетовъ лучше считать 1 пар. лош. силу соотвѣтствующей лишь 600 вольтъ-амперамъ.

На основаніи этой величины вычислена слѣдующая таблица. Эта таблица даетъ количества наиболѣе важныхъ для практики элементовъ, которыя выдѣляются въ теченіи одного часа силою въ 1 паров. лошадь, преобразованную въ электрическую энергію, причемъ напряженіе тока принято равнымъ одному вольту. Если для какого нибудь электролитическаго процесса необходима электровозбудительная сила большая одного вольта, то слѣдуетъ число, приведенное въ таблицѣ, раздѣлить на дѣйствительно потребную для даннаго случая электролиза электровозбудительную силу.

---

## ГЛАВА V.

### Примѣненія электричества къ освѣщенію.

Явленія накаиванія; лампочки, накаиванія и зажигательницы. Тепловыя дѣйствія электрическаго тока.

Мы уже знаемъ изъ вышеизложеннаго, что электрической токъ производитъ въ гальванометрахъ дѣйствія механическія, а въ аккумуляторахъ и въ гальванопластическихъ приборахъ онъ вызываетъ дѣйствія химическія. Если же электрической токъ протекаетъ по проволоцѣ, то она нагрѣвается; при большой силѣ тока и тонкой проволоцѣ эта проволока можетъ накалиться и даже расплавиться. Чѣмъ больше сила тока, тѣмъ выше температура проволоки и тѣмъ больше развивается теплоты въ извѣстный промежутокъ времени. Англійскій физикъ Джоуль и одновременно съ нимъ русскій академикъ Ленцъ установили на основаніи произведенныхъ ими опытовъ слѣдующій законъ:

«Количество теплоты, которое развиваетъ электрической токъ въ какомъ либо проводникѣ, пропорціонально произведенію изъ квадрата силы тока, умноженнаго на величину сопротивленія проводника и на то время, въ теченіи котораго токъ проходитъ по проводнику». За единицу теплоты принимаютъ обыкновенно одну *калорію*, т. е. то количество тепла, которое необходимо, чтобы нагрѣть 1 килограммъ воды на  $1^{\circ}$  по Ц. Токъ силою въ 1 амперъ, проходя по проводнику въ 1 омъ, выдѣляетъ въ 1 секунду 0,24 калоріи. Токъ въ 1 амперъ по закону Джоуля-Ленца выдѣлитъ въ томъ же сопротивленіи въ одну секунду въ  $I^2$  разъ больше, т. е.  $0,24 I^2$  калоріи, а въ сопротивленіи въ  $R$  омовъ и въ  $t$  секундъ выдѣлитъ количество теплоты равное  $C=0,24 I^2 \times R \times t$ . Итакъ этотъ законъ можетъ быть выраженъ

слѣдующей формулой:  $C = 0,24 I^2 \times R \times t$ , гдѣ  $C$  — есть количество выдѣленной теплоты въ калоріяхъ,  $I^2$  — величина силы тока въ амперахъ, возвышенная въ квадратъ,  $R$  — сопротивленіе въ омахъ,  $t$  — время прохожденія тока. Сравните стр. 64, а также «Нагрѣваніе проводниковъ отъ дѣйствія тока».

Если желаютъ при помощи батареи развить во внѣшней цѣпи возможно большее количество теплоты, то надо сдѣлать сопротивленіе внѣшней цѣпи равнымъ внутреннему сопротивленію батареи: т. е., чтобы  $R = r$ .

При проводникѣ, имѣющемъ большую поверхность, большая часть произведенной токомъ теплоты теряется путемъ лучеиспусканія, какъ это обыкновенно и случается въ проводникахъ. Если же проводникъ, по которому протекаетъ токъ, имѣетъ очень небольшой объемъ и при томъ обладаетъ большимъ сопротивленіемъ, то путемъ лучеиспусканія теряется лишь немного теплоты и потому сильно повышается температура самого проводника. Угольная нить длиною въ 20 сантиметровъ и 0,2 мм. діаметромъ обладаетъ сопротивленіемъ въ 400 омовъ; мѣдная же проволока такихъ же размѣровъ представляетъ собою сопротивленіе всего лишь въ 0,1 ома.

«Если во внѣшнюю цѣпь какого нибудь источника электрическаго тока вводится проводникъ небольшого объема, но значительнаго сопротивленія, то въ этой части цѣпи развивается большое количество теплоты».

На этомъ принципѣ основано освѣщеніе лампочками накаливанія.

Тѣ вещества, изъ которыхъ могутъ быть изготовлены подобные проводники, должны быть негоряемыми, обладать большимъ сопротивленіемъ и поддаваться вытягиванію въ тонкія нити. Все это нужно потому, что повышеніе температуры какой нибудь проволоки пропорціонально удѣльному сопротивленію вещества, изъ котораго изготовлена проволока, и приблизительно обратно пропорціонально третьей степени діаметра проволоки.

Въ началѣ дѣлали опыты съ проволоками изъ платины, свернутыми въ спираль. Такъ какъ платина не окисляется, обладаетъ значительнымъ сопротивленіемъ и очень высокой точкой плавленія, то съ нею достигали удовлетворительныхъ результатовъ; вообще же освѣщеніе съ помощью накаливанія дало возможность рѣшить задачу о дробленіи свѣта, т. е. раздѣленія его на болѣе мелкіе источники. Употребленіе платиновыхъ проволочекъ имѣло за собою то неудобство, что лишь только переступали максимальную границу предназначенной силы тока, какъ проволочки сплавлялись. Были, правда, придуманы аппараты, которые прерывали токъ, лишь только

онъ становился слишкомъ сильнымъ и угрожалъ гибелью лампочкамъ, но эти аппараты были очень сложны и несовершенны.

### Изготовление простой платиновой лампочки.

Черезъ обыкновенную или каучуковую пробку протыкають дѣтъ мѣдныхъ проволочки толщиною въ 1 мм. (рис. 132). Съ одной стороны загибають эти проволочки въ очень небольшія ушки и къ нимъ припаивають платиновую спираль, свернутую при помощи швейной иглы. Толщина проволоки этой спирали должна находиться въ соотвѣтствіи съ силой тока, которымъ располагають. Пробку со спиралью втыкають въ горлышко небольшого стеклянаго баллона и передвигають мѣдныя проволочки такъ, чтобы спираль приходилась въ центрѣ шара; затѣмъ избытокъ мѣдной проволоки отрѣзають и внѣшніе ея концы загибають въ видѣ ушковъ, къ которымъ и присоединяють проводники отъ батареи.

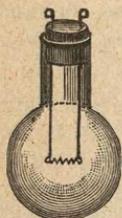


рис. 132.

Платиновыя лампочки потребляютъ большое количество электричества и освѣщеніе ими обходится дорого; для опытовъ же эти лампочки весьма пригодны.

Если постепенно нагрѣвать какой-нибудь предметъ, изготовленный изъ тугоплавкаго металла, то можно замѣтить, что при различныхъ температурахъ этотъ предметъ испускаетъ свѣтовые лучи различнаго состава. При  $525^{\circ}$  Ц. выдѣляется большое количество тепловыхъ лучей и предметъ начинаетъ накаливаться:

при $700^{\circ}$ — $800^{\circ}$ Ц.	тѣло испускаетъ	темно-красные лучи.
» $900^{\circ}$	» » »	кромѣ того вишнево-красные »
» $1000^{\circ}$	» » »	» » ярко-красные »
» $1100^{\circ}$	» » »	» » темно-оранжевые »
» $1200^{\circ}$	» » »	» » свѣтло-оранжевые »
» $1300^{\circ}$	» » »	» » желтые »
» $1500^{\circ}$	» » »	» » свѣтло-голубые »
» $1700^{\circ}$	» » »	» » темно-синіе »
» $2000^{\circ}$	» » »	» » фіолетовые »

Смѣсь всѣхъ этихъ одновременно испускаемыхъ лучей производитъ бѣлый свѣтъ, такъ что каждое раскаленное тѣло при температурѣ въ  $2000^{\circ}$  Ц. и выше испускаетъ изъ себя всѣ лучи, содержащіеся въ солнечномъ свѣтѣ. Только платина и иридій плавятся при  $2000$ — $2500^{\circ}$  Ц., температуры плавленія всѣхъ другихъ чаще встрѣ-

чающихся металловъ ниже \*). Уголь до сихъ поръ не удалось еще расплавить; даже въ пламени электрической дуги уголь только размягчается и затѣмъ улетучивается—не плавясь. Чѣмъ выше температура накаленного тѣла, тѣмъ сравнительно больше и лучеиспусканіе, откуда слѣдуетъ, что полученіе свѣта отъ накаливанія веществъ наиболѣе выгодно производить только при особенно высокихъ температурахъ.

Наисильнѣйшее накаливаніе платиновой спирали происходитъ тогда, когда ея отдѣльные обороты почти соприкасаются другъ съ другомъ.

### Зажигательница.

Существенную часть зажигательницы составляетъ платиновая спираль, которая накаливается отъ тока какого нибудь сильнаго элемента, напр. бутылочнаго элемента съ двуххромокислымъ кали (одна пластинка цинка между двумя угольными). См. стр. 81 и 82, рис. 73 и 74. Платина обладаетъ свойствомъ поглощать и сгущать въ своихъ порахъ нѣкоторые газы; это свойство платины способствуетъ воспламененію газовъ. Теплота накаленной спирали содѣйствуетъ разложенію горючихъ веществъ, развивающіеся при этомъ газы воспламеняются и пламя переходитъ затѣмъ на свѣтильню. Расходъ на подобную зажигательницу, замѣняющую спички, весьма незначителенъ.

Для устройства такой зажигательницы, которую можно было бы удобно переносить съ мѣста на мѣсто, хорошо изготовить элементъ изъ широкогорлой стеклянной банки высотой сантиметровъ въ 20; электродныя пластинки (угольную и цинковую) надо взять шириною въ 5—6 см. и длиною въ 10 см.; отверстие банки затыкается каучуковою или обыкновенной, но проваренной въ параффинѣ, пробкой. Между концами электродовъ, которые должны выступать надъ пробкой, укрѣпляютъ маленькую платиновую спираль. Элементъ наполняютъ жидкостью (растворомъ хромпика съ сѣрной кислотой) лишь до половины, такъ что электроды погружаются въ жидкость только при наклоненіи элемента. Можно также на пробкѣ укрѣпить небольшую спиртовую или бензиновую лампочку, легко подвѣшенную между двумя проволоками такимъ образомъ, чтобы свѣтильня этой лампочки приближалась къ платиновой спирали при наклоненіи элемента.

\*) Существуютъ рѣдкіе металлы, какъ напр. хромъ, молибденъ и др., которыхъ температура плавленія выше температуры плавленія платины.

## Установка нѣсколькихъ зажигаельницъ въ одной цѣпи.

При помощи батареи изъ нѣсколькихъ элементовъ (напр. Лекланше или Мейдингера) можно приводить въ дѣйствіе цѣлый рядъ зажигаельницъ, расположенныхъ въ различныхъ комнатахъ какой нибудь квартиры. Простаго нажатія на кнопку достаточно для зажженія лампочки или же для полученія слабаго свѣта въ теченіи короткаго промежутка времени.

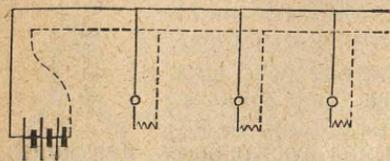


рис. 133.

Черезъ всё помѣщеніа, въ которыхъ желаютъ установить зажигаельницы, проводятъ, начиная отъ батареи, двѣ проволоки (1 до 1,5 мм. діам.), см. рис. 133; къ этимъ проволокамъ присоединяютъ отвѣтвленія (0,5 мм. діам.), въ которыя и включаютъ зажигаельницы и нажимныя кнопки.

## Нажимныя кнопки.

Самымъ распространеннымъ приспособленіемъ для замыканія тока служитъ *нажимная кнопка*, въ которой контактъ производится надавливаніемъ на пуговку. Эти приспособленія въ виду легкости обращенія съ ними и установки ихъ сдѣлались наиболѣе употребительными (см. рис. 134).



рис. 134.

Тѣло кнопки состоитъ обыкновенно изъ деревяннаго, эбонитоваго, фарфороваго или шифернаго кружка, отъ 4 до 5 сантим. діаметромъ и толщиною отъ 1 до 2 см. Крышка кнопки сдѣлана изъ тѣхъ же матеріаловъ и имѣетъ въ серединѣ отверстие, въ которое вставляется костяная, эбонитовая или фарфоровая пуговка.

Если отвинтить крышку съ кнопки, то внутри увидимъ двѣ латунныя или нейзильберовыя пружинки (рис. 135 и 136). Этимъ пружинкамъ придана форма короткихъ спиралей и ихъ концы приходятся въ серединѣ одинъ надъ другимъ, но не соприкасаются, пока не надавятъ на пуговку (кнопку), вставленную въ крышку и лежащую на верхней пружинкѣ. Другіе концы пружинокъ привинчены къ основанію и находятся въ соединеніи съ двумя проволоками проводами. Какъ только надавятъ на кнопку, верхняя пружинка прижимается къ нижней и прерванная здѣсь цѣпь замыкается до тѣхъ поръ, пока не прекратится нажиманіе на кнопку.

Такимъ образомъ это приспособленіе устраивается весьма просто. Каждая изъ контактныхъ пружинокъ прикрѣпляется къ основанію двумя винтиками, изъ которыхъ однимъ пользуются также

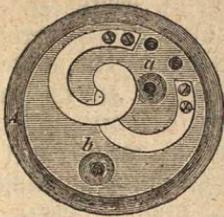


рис. 135.

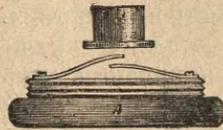


рис. 136.

для закрѣпленія проволоки проводника, загнутой на концѣ въ видѣ ушка. Пружинки, будучи упругими, когда на нихъ надавливаютъ прикасаются другъ къ другу и при этомъ трутся одна о другую. Такое треніе поддерживаетъ чистыми мѣсто ихъ соприкосновенія. Пуговка, свободно вставленная въ отверстіе крышки, прочно поддерживается верхней пружиной; отверстіе въ крышкѣ служитъ для движенія пуговки, а фланецъ, которымъ пуговка снабжена снизу, не позволяетъ ей вывалиться изъ отверстія. Крышка прикрѣпляется къ основанію на рѣзьбѣ, что даетъ возможность легко снимать крышку и ставить на мѣсто.

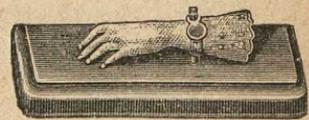


рис. 137.

Нажимнымъ кнопкамъ придаютъ самыя разнообразныя формы. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ не желаютъ закрѣплять контактъ неподвижно, а желаютъ его сдѣлать подвижнымъ. Съ этой цѣлью ему придаютъ другія формы, напр., форму *пресс-панье* (рис. 137), который можно класть на письменный столъ и передвигать куда угодно. Въ другихъ случаяхъ подвѣшиваютъ контактъ сверху или со стѣны и для этого служитъ *грушеобразная форма*, изображенная на рис. 138; ее нерѣдко снабжаютъ нѣсколькими контактами для вызова нѣсколькихъ мѣстъ.



рис. 138.

## Коммутаторъ или ключъ для замыканія и размыканія тока (выключитель).

Если желаютъ имѣть возможность замыкать токъ на продолжительное время и затѣмъ его вновь прерывать, то употребляютъ приборы, называемые коммутаторами, выключателями, ключами и т. п.; эти приборы включаются непосредственно въ цѣпь.

На рис. 139 изображенъ самый простой коммутаторъ; рис. 140 представляетъ тотъ же коммутаторъ въ разрѣзѣ. На дощечкѣ длиною въ 10 сантиметровъ укрѣпляютъ при помощи двухъ зажимовъ два небольшихъ металлическихъ угольника; къ одному изъ этихъ угольниковъ привинчиваютъ шурупомъ узкую и длинную (см. 8) пластинку, снабженную на одномъ ея концѣ кнопкою. Надвигая пластинку на противоположный угольникъ, производятъ контактъ и тѣмъ замыкаютъ токъ. По обѣимъ сторонамъ подвижной пластинки укрѣпляютъ въ дощечкѣ по штифтику, чтобы ограничить движеніе пластинки.

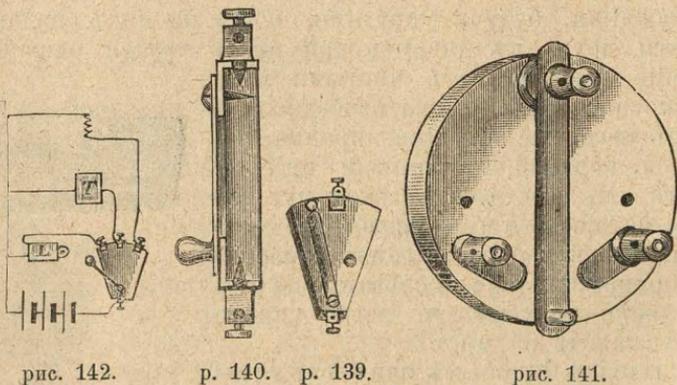


рис. 142.

р. 140.

р. 139.

рис. 141.

На рис. 141 изображенъ коммутаторъ на два направленія. Поворачивая подвижную пластинку вправо замыкаютъ токъ одной цѣпи, а поворачивая влѣво замыкаютъ токъ другой цѣпи. При среднемъ положеніи пластинки токъ вполне разомкнутъ и не идетъ ни въ ту ни въ другую цѣпь.

На рис. 142 изображенъ коммутаторъ на три направленія: L— есть звонковая линія, T—линія телефона, а послѣдняя линія соединяетъ батарею съ зажигательницей.

Въ заключеніе упомянемъ, что зажигательницы могутъ приводиться въ дѣйствіе *автоматически*; такъ напримѣръ можно устроить

замыканіе тока въ опредѣленное время посредствомъ часовъ. Для этого соединяють одинъ проводъ батареи съ механизмомъ часовъ, а другой проводъ снабжаютъ платиновой пластинкой, которая приходитъ въ соприкосновеніе съ часовой стрѣлкой. Можно также произвести замыканіе тока при запираніи двери, такъ что лицо, входящее въ комнату, пользуется хотя и слабымъ, но немедленнымъ освѣщеніемъ.

### Электрическіе запалы.

Для воспламененія минъ, торпедъ, для производства взрывовъ пороха и динамита при разныхъ горнозаводскихъ работахъ, употребляются запалы, состоящіе изъ короткихъ и тонкихъ платиновыхъ проволокъ, которыя соединяють провода отъ батареи и накаливаются при пропусканіи тока. Высокая температура платиновой проволоки влечетъ за собою воспламененіе окружающаго ее пороха, динамита или гремучей смѣси.

*Опытъ.* Изготовьте бумажную трубку длиною отъ 3 до 4 см. и отъ  $\frac{1}{2}$  до 1 см. діаметромъ. Въ эту трубку введите до середины два куска мѣдной проволоки, изолированной гуттаперчей; обнаженные концы проволокъ соедините тонкой платиновой проволочкой такъ, чтобы разстояніе между концами мѣдныхъ проволокъ было равно 2—3 миллиметрамъ. Перевяжите трубочку съ того конца, въ который введены мѣдныя проволоки, а съ другаго конца насыпьте сперва въ трубочку пороха, а затѣмъ перевяжите и этотъ конецъ. Запаль такимъ образомъ готовъ. Для воспламененія динамитныхъ патроновъ употребляютъ подобные же запалы.

### Лампы накаливанія.

Мы не имѣемъ возможности изложить здѣсь весьма интересную исторію изобрѣтенія и усовершенствованія лампочекъ накаливанія \*). Скажемъ лишь, что въ Россіи первыя попытки къ устройству лампочекъ накаливанія были сдѣланы въ 1873 г. Ладыгинымъ, къ которому затѣмъ присоединились Булыгинъ и Коннъ. Работы этихъ изобрѣтателей доказали, что уголь—самое подходящее вещество для

\*) Подробности объ этомъ можно найти въ соч. А. Вильке «Электричество, его источники и примѣненія въ промышленности». Изданіе Ф. В. Щепанскаго.

накаливанія, а употребленіе угля естественно привело къ тому, что накаливаемое тѣло стали помѣщать въ безвоздушномъ пространствѣ для устраненія перегоранія угля. Въ этомъ и заключаются основныя особенности современныхъ лампъ накаливанія, почему и слѣдуетъ работу русскихъ изобрѣтателей признать за имѣющую основное значеніе. Лампочки, придуманныя вышеупомянутыми русскими изобрѣтателями, не вошли въ практическое употребленіе, такъ какъ страдали отъ несовершенства въ изготовленіи угольковъ и въ производствѣ безвоздушнаго пространства.

Въ 1878 американскіе электротехники *Сойеръ и Манъ* выработали практическій способъ изготовленія тонкихъ угольныхъ полосокъ. Они вырѣзывали изъ бумажнаго картона маленькія дуги и обугливали ихъ въ печи въ графитовомъ порошокѣ. Сначала *Сойеръ и Манъ* помѣщали эти дуги въ стекляныя колпачки, не выкачивая изъ нихъ воздуха. Убѣдившись въ недолговѣчности такихъ лампочекъ *Сойеръ и Манъ* тоже стали выкачивать изъ стеклянныхъ колпачковъ воздухъ.

Въ слѣдующемъ 1879 г. выступилъ со своей лампочкой накаливанія извѣстный американскій изобрѣтатель *Томасъ Альва Эдисонъ*. Ломкій бумажный уголекъ Сойера и Мана былъ замѣненъ Эдисономъ угольной нитью, приготовленной изъ обугленныхъ бамбуковыхъ волоконъ. Съ появленіемъ лампочки накаливанія Эдисона начался періодъ практическаго ихъ примѣненія для освѣщенія. Еще въ томъ же году Эдисону удалось устроить первую практическую установку освѣщенія накаливаніемъ (а именно на пароходѣ Колумбія съ 155 лампами накаливанія), а послѣ этого подобныя установки стали быстро распространяться.

#### Составныя части лампы накаливанія.

Лампа накаливанія испускаетъ свѣтъ отъ накаливанія токомъ угольной нити. Чтобы эта послѣдняя не перегорала, угольная нить должна накаливаться въ безвоздушномъ пространствѣ. Этого достигаютъ, заключая ее въ воздухонепроницаемый стеклянный колпачекъ. Черезъ стѣнки стеклянаго колпачка пропущены двѣ проволоки для проведенія тока къ угляю. Такимъ образомъ у лампы накаливанія оказываются три главныя части, а именно—угольная нить, замкнутый стеклянный колпачекъ и проволоки проводовъ. Опишемъ теперь въ общихъ чертахъ устройство этихъ трехъ частей.

Въ дно стеклянаго колпачка (см. рис. 143) впаиваются двѣ параллельныя проволочки изъ платины, которыя остаются изолиро-

ванными одна отъ другой и своими верхними концами входятъ въ колпачекъ, а нижними выходятъ внаружу. Къ внутреннимъ концамъ платиновыхъ проволочекъ прикрѣпляется угольная нить, которая для этой цѣли сгибается соотвѣтственно въ дугу. Съ наружными концами платиновыхъ проволочекъ соединяють провода. Изъ колпачка выкачиваютъ воздухъ послѣ укрѣпленія нити на ея мѣстѣ; для этой цѣли сверху у лампы насаживается стеклянная трубка, чрезъ которую и выкачиваютъ насосомъ воздухъ. По полученіи достаточной пустоты трубка запаивается близко надъ лампой и оттягивается, такъ что отъ нея остается лишь маленькій конусъ, который можно видѣть у каждой лампы накаливанія.

Теперь можно было бы ввести лампочку съ выступающими внаружу платиновыми проволочками въ цѣпь тока, но поступить такъ было бы непрактично, ибо короткіе концы платиновыхъ проволочекъ легко обламываются и тогда лампа дѣлается негодною для употребленія. Для устраненія этого неудобства лампа снабжается снизу еще оправой съ прочными контактами, которые приходятъ въ соединеніе съ платиновыми проволоками и защищаютъ ихъ отъ поломки. Теперь рассмотримъ подробнѣе выдѣлку трехъ указанныхъ выше частей и ихъ соединеніе.

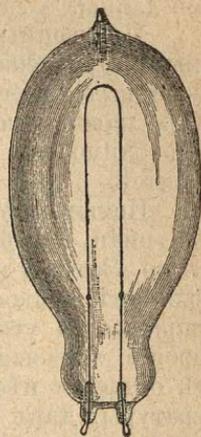


рис. 143.

### Выдѣлка угольныхъ нитей.

Угольные нити лампъ накаливанія выдѣлывались сначала изъ бамбуковыхъ волоконъ, которыя по своему строенію сохраняютъ известную упругость и послѣ обугливанія. Для этой цѣли дерево раскалывалось на палочки надлежащей толщины; когда желали получить круглую нить — палочки закругляли, пропуская черезъ волочильню. Такая обработка сильно удорожала выдѣлку угольныхъ нитей. Поэтому пришлось подыскать другой подходящій матеріалъ для выдѣлки угольныхъ нитей. Съ этой цѣлю было сдѣлано множество опытовъ и изслѣдованій. Въ настоящее время эти нити выдѣлываются часто изъ пластичнаго обугливаемого тѣста. Для послѣдняго берутъ желатиновое или вообще коллоидальное вещество или еще, въ послѣднее время, массу, полученную изъ целлюлозы. Это тѣсто

катается въ тонкія лепешки и затѣмъ изъ нихъ вырѣзываются предназначенныя для обугливанія нити, или же масса, по достиженіи достаточной мягкости, продавливается прессомъ черезъ отверстіе, изъ котораго она выходитъ въ видѣ равномерной нити; послѣднюю остается только разрѣзать на куски приблизительно требуемой длины.

Полученныя такимъ образомъ нити прежде всего изслѣдуются микрометрическимъ приборомъ, чтобы удостовѣриться, что онѣ имѣютъ нужную толщину и равномерны по всей длинѣ. Отсюда можно видѣть, какъ точно приходится выдѣлывать нити, что дѣйствительно необходимо для устраненія и безъ того значительнаго процента брака у нитей.

Испытанныя такимъ образомъ и оказавшіяся хорошими угольные нити изгибаются на раскаленномъ станкѣ въ подкову или въ петлю. Затѣмъ нити поступаютъ въ печь для обугливанія. Для этой цѣли онѣ упаковываются рядами въ муфель, причемъ каждый рядъ покрывается угольнымъ или графитовымъ порошкомъ. Пазы муфеля хорошо замазываются и онъ ставится въ печь особаго устройства, гдѣ остается нѣсколько часовъ подъ дѣйствіемъ очень высокой температуры. Давъ муфелю остынуть, его открываютъ и осторожно вынимаютъ нити.

Обугленные нити разрѣзаютъ на куски нормальной длины, которая опредѣляется произведеннымъ предварительно изслѣдованіемъ. Затѣмъ прежде всего утолщаютъ концы нити на длинѣ 8—10 миллиметровъ, что нужно для послѣдующаго соединенія нити съ платиновыми проволочками. Утолщеніе ножекъ достигается тѣмъ, что концы нити опускаютъ въ жидкій углеводородъ (нефть) и накалываютъ ихъ токомъ. Жаръ нити разлагаетъ прилегающій слой жидкости, и ея углеродъ осаждается на поверхности нагрѣтыхъ концовъ нити, утолщая ихъ этимъ.

Въ такомъ видѣ нить еще не готова для употребленія; необходимо еще предварительно привести всѣ нити къ одному и тому же сопротивленію, отчего зависитъ нормальная сила свѣта и нормальная долговѣчность лампы,—двѣ тѣсно связанныя между собой величины. У необдѣланной нити, какою она выходитъ изъ печи, надлежащаго сопротивленія не бываетъ, а потому она и должна подвергнуться такой операціи, которая придаетъ ей надлежащее сопротивленіе и достаточную однородность. Для этой цѣли нить вставляется въ поддержку, чрезъ которую можно пропускать въ нее токъ; затѣмъ ее располагаютъ подъ колоколомъ, въ которомъ сначала замѣняютъ воздухъ вводимымъ углеводороднымъ газомъ, а затѣмъ послѣдній разрѣжаютъ посредствомъ воздушнаго насоса. Если теперѣ

пропустить черезъ нить токъ, то вслѣдствіе разложенія углеводороднаго газа на ней отлагается углеродъ и притомъ это осажденіе больше всего происходитъ на такихъ мѣстахъ, которые сильнѣе всего накаливаются. Но такими мѣстами являются тѣ, гдѣ нить тоньше, и сопротивленіе наибольшее; такимъ образомъ нить утолщается всего больше какъ разъ тамъ, гдѣ это слѣдуетъ. Такимъ способомъ всѣ части нити получаютъ постепенно одинаковое сопротивленіе и нить дѣлается поэтому электрически совершенно однородной. Если не сдѣлать нить однородной, то части съ сравнительно высокимъ сопротивленіемъ накаливались бы сильнѣе, и здѣсь нить скоро перегорала бы. Когда достигнуто надлежащее сопротивленіе и однородность нити, тогда прерываютъ токъ и получаютъ такимъ образомъ равномерную нить точно опредѣленнаго сопротивленія. Все таки нить подвергаютъ еще провѣркѣ относительно ея равномерности и только послѣ этого ее признаютъ годною для постановки въ лампочку.

### Закрѣпленіе нити.

Угольная нить устанавливается въ лампѣ на стекляной ножкѣ, которая впаивается въ дно лампы. Для устройства такой ножки обѣ платиновыя проволоки вплавляются въ стекло и тогда получается одно тѣло, какъ показано на рис. 144. Но почему берутъ именно платиновыя проволоки? Примѣнять этотъ металлъ безусловно необходимо, потому что платина представляетъ ту особенность, что при нагрѣваніи она расширяется приблизительно одинаково со стекломъ, тогда какъ другіе металлы представляютъ большія отклоненія въ этомъ отношеніи. При различномъ же расширеніи проводовъ и стекла произошло бы быстрое разрушеніе внутренняго соединенія между стекломъ и проводами, началъ бы проникать въ колпачекъ воздухъ, и нить скоро бы перегорѣла. Вслѣдствіе этого приходится употреблять этотъ дорогой матеріалъ.



рис. 144.

Концы платиновыхъ проволокъ, выступающіе съ одного конца стекляной ножки, расплющиваются и свертываются въ трубочки. Въ нихъ вставляются утолщенные концы угольной нити и для закрѣпленія обкладываются около этого мѣста мастикой изъ угольнаго порошка. Нить съ концами, обмазанными мастикой, хорошо просушиваютъ въ сушильнѣ и затѣмъ впаиваютъ ножку съ нитью въ стекляный колпачекъ.

## Стеклянные колпачки.

Прежде каждый ламповый завод самъ выдѣлывалъ для себя стеклянные колпачки. Теперь выдѣлкой колпачковъ занимаются стеклянные заводы, гдѣ эти колпачки изготовляются въ огромномъ количествѣ при помощи небольшого механическаго приспособленія или станка. Сначала выдувается колпачекъ въ видѣ груши съ приставленной къ ней пустотѣлой ножкой. Въ такой формѣ получаетъ его выдувальщикъ ламповаго завода, который приставляетъ сначала кусокъ стеклянной трубки сверху колпачка, а затѣмъ отламываетъ хвостъ колпачка, нагревая шейку и обводя по ней влажнымъ деревомъ. Видъ колпачка при этомъ показанъ на рис. 145. Послѣ этого вставляютъ въ дно колпачка стеклянную ножку съ угольной нитью, спаивая шейку колпачка съ ножкой. Теперь лампа готова для выкачиванія воздуха (см. рис. 146). Чтобы привести ее въ сообщеніе съ воздушнымъ насосомъ, соединяютъ приставленную трубку для выкачиванія съ другой трубкой, пришлифованный конецъ которой входитъ въ пріемное отверстіе трубы насоса. Предварительно еще въ шейкѣ каждой лампы выдавливаются два углубленія, обезпечивающія необходимое сцѣпленіе для гипса насадки, и кромѣ того къ платиновымъ проволокамъ припаиваются для дальнѣйшаго соединенія мѣдные про-



рис. 145.



рис. 146.

волоки. Послѣ этого лампа поступаетъ вмѣстѣ съ другими къ воздушному насосу.

## Выкачиваніе воздуха изъ лампъ.

Пустота въ лампѣ должна быть доведена до очень высокой степени; въ ней безъ вреда можетъ оставаться только не болѣе  $\frac{1}{10}$  миллионной доли того количества воздуха, какое содержится въ колпачкѣ при обыкновенномъ атмосферномъ давленіи. Прежде такой пустоты не могли достигать механическими воздушными насосами. Обыкновенно механическій насосъ отказывается дѣйствовать, когда пустота перейдетъ за нѣкоторый предѣлъ. Вслѣдствіе этого пришлось

примѣнять насосы другого рода — *насосы ртутные*; механическими насосами пользуется для начальнаго разрѣженія, а болѣе высокая пустота достигается ртутными воздушными насосами. Здѣсь мы не можемъ подробно описывать устройство этихъ насосовъ, а ограничимся указаніемъ принципа и описаніемъ одного изъ наиболѣе простыхъ устройствъ.

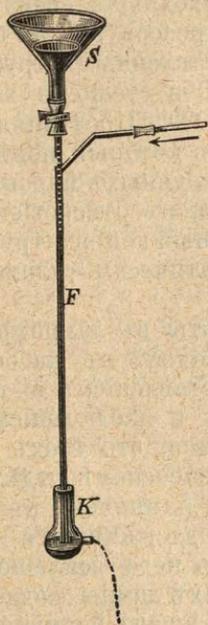


рис. 147.

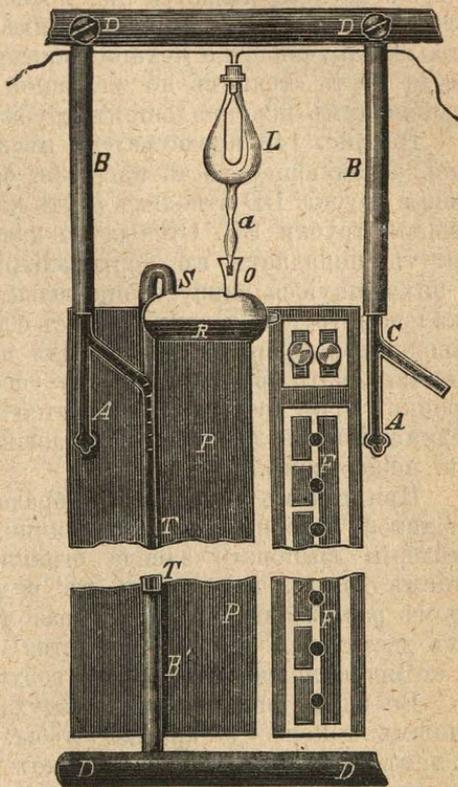


рис. 148.

Въ ртутныхъ воздушныхъ насосахъ опускающаяся струя ртути увлекаетъ за собой воздухъ изъ того сосуда, въ которомъ надлежитъ произвести разрѣженіе. Такого рода насосы состоятъ изъ вертикальной трубки (рис. 147), по которой ртуть течетъ сверху изъ воронки въ видѣ струи, захватывая между своими отдѣльными капельками воздухъ изъ приставленной сбоку другой трубки, съ которой соединена лампочка. Вертикальная трубка опускается внизъ въ сосудъ, наполненный ртутью, такъ что ея конецъ остается всегда закрытымъ

ртутью. Ртуть, стекающая изъ сосуда, поднимается насосомъ въ верхній резервуаръ, изъ котораго она снова поступаетъ въ воздушный насосъ.

На ламповыхъ заводахъ, гдѣ примѣняются такіе воздушные ртутные насосы, имѣются приспособленія для снабженія ртутью большаго числа такихъ высасывающихъ трубокъ. Для этой цѣли жидкій металлъ накачивается механическимъ насосомъ въ верхній резервуаръ, откуда ртуть стекаетъ по желѣзной распредѣлительной трубкѣ къ высасывающимъ вертикальнымъ трубкамъ.

На рис. 148 представлено въ простой формѣ такое приспособленіе, образующее часть насосной батареи. Проходящая сверху желѣзная трубка DD отводитъ ртуть изъ верхняго резервуара въ вертикальныя трубки BB. Отсюда по наклонно приставленнымъ трубкамъ C ртуть попадаетъ въ вертикальныя трубки Г и стекаетъ затѣмъ въ находящуюся снизу собирательную трубку D'D'. Послѣдняя вертикальная трубка соединяется съ сосудомъ K, въ который помѣщена безводная фосфорная кислота для поглощенія водяныхъ паровъ изъ выкачиваемаго воздуха. Этотъ сосудъ K снабженъ отверстіемъ съ воронкой O, въ которую вставляется отшлифованный конецъ трубки a, соединенной съ лампой, и замазывается герметически саломъ или т. п. веществомъ.

При такомъ устройствѣ образованіе пустоты въ лампахъ производится совершенно автоматически. Трудъ рабочихъ въ насосномъ отдѣленіи ламповаго завода ограничивается вставленіемъ и выниманіемъ лампъ, пусканіемъ въ ходъ насосовъ и наблюденіемъ за ходомъ разрѣженія. Такимъ образомъ оказывается, что трехъ рабочихъ достаточно для производства работъ въ насосномъ отдѣленіи, въ которомъ можно выкачивать воздухъ изъ 3000 лампочекъ въ день.

Во время выкачиванія воздуха уголекъ поддерживается накаленнымъ токомъ до красна, чтобы выгнать изъ него заключенные въ немъ газы. Кромѣ того на нѣкоторыхъ заводахъ лампы поддерживаются нагрѣтыми и снаружи посредствомъ газоваго пламени; это дѣлается съ цѣлью ускоренія разрѣженія и для удаленія воздуха, приставшаго къ внутренней стѣнкѣ стекла.

Когда послѣ двухъ или трехъ часовъ работы воздушныхъ насосовъ въ лампочкахъ образуется требуемая пустота, тогда ихъ отдѣляютъ отъ насосовъ, расплавляя тонкія шейки, соединяющія лампы съ вытяжными трубками.

Надъ приготовленной такимъ образомъ лампой надо произвести испытаніе относительно ея пустоты. Какъ можно это сдѣлать не разбивая лампы? Для этого имѣется весьма простой и надежный способъ. Въ темной комнатѣ помѣщаютъ лампу на одинъ изъ поло-

совъ румкорфовой катушки средней силы. Если «пустота» въ лампѣ достаточна, то сильно разрѣженный въ ней воздухъ испускаетъ зеленоватый цвѣтъ. Если появляется красноватый свѣтъ или не бываетъ никакого, то лампа не годна для употребленія. Такимъ способомъ можно испытать въ короткое время сотни лампъ.

Можно спросить, отчего единственно для предохраненія уголька отъ перегоранія надо выкачивать воздухъ изъ лампъ, когда этого перегоранія можно избѣжать не выкачиваніемъ воздуха, а наполненіемъ лампы неокисляющимъ газомъ, напримѣръ чистымъ водородомъ. Это дѣйствительно пробовали дѣлать, но безъ успѣха, потому что такія лампы расходуютъ гораздо больше тока, чѣмъ лампы съ пустотой. Причину этого нѣтъ надобности искать далеко; газъ, окружающій угольную нить, отнимаетъ отъ послѣдней теплоту и проводитъ ее внаружу, а потому для поддержанія уголька при нормальномъ каленіи требуется болѣе сильный токъ и тѣмъ повышается стоимость дѣйствія лампы. Кромѣ того стекло лампы сильно нагревается и вслѣдствіе этого лампы часто лопаются, что при лампахъ съ пустотой бываетъ рѣдко. Послѣднія нагреваются въ сравнительно незначительной степени,—онѣ никогда не бываютъ настолько горячими, что ихъ нельзя взять рукой (за исключеніе лампъ большой силы свѣта), а если оказывается обратное, то можно предполагать, что пустота въ лампахъ недостаточная.

Теперь остается еще снабдить лампу ея прикрытіемъ, оправой на ножкѣ, съ помощью которой она вставляется въ патронъ. Подробности объ этихъ надѣлкахъ мы приведемъ ниже, когда будемъ говорить о патронахъ, а здѣсь укажемъ только въ кратцѣ, какъ устраиваются эти оправы. Для этого ставятъ лампу низомъ вверхъ и располагаютъ около шейки форму, въ которой находится оправа и ея принадлежности. Съ ней соединяютъ проволочки лампы и затѣмъ наливаютъ въ форму гипсъ. Когда послѣдній затвердѣетъ, форму снимаютъ, очищаютъ лампу и тогда она вполне готова. Готовыя лампы испытываются относительно силы ихъ свѣта, послѣ чего лампы клеймятся резиновой печатью, смоченной плавиковой кислотой.

### Патроны ламп накаливанія.

Для дѣйствія лампа накаливанія должна соединяться съ проводами электрическаго тока. Само собой разумѣется, что такое соединеніе должно производиться просто, чтобы соединить и снять лампу могъ каждый слуга и рабочій. Поэтому устраиваются такія приспособ-

собленія, въ которыя лампы вставляются весьма простымъ способомъ; эти то приспособленія и называются патронами. Къ патронамъ присоединяются затѣмъ проводники электрическаго тока.

Самое простое соединеніе получается, если на концѣ проводовъ сдѣлать по крючку и подвѣсить на нихъ лампу за ея платиновыя ушки (рис. 149 и 150).



рис. 149.

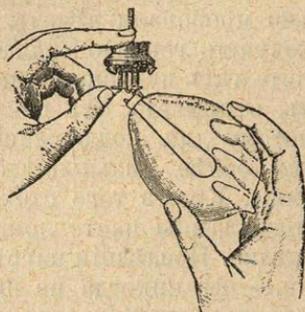


рис. 150.

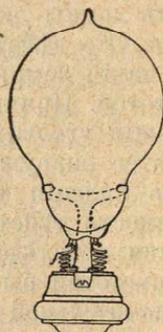


рис. 151.

Но это былъ бы ненадежный контактъ. Лучше, если между крючками и ушками расположить маленькія металлическія пружинки и снабдить лампу упоркой, чтобы пружинки были натянуты (рис. 151). Но и этотъ способъ давно оставленъ. Поэтому оставалось только устраивать контакты у лампы и у концовъ проводовъ такимъ образомъ,

чтобы они прямо приходили въ механическое соприкосновеніе. Для этого на концѣ провода располагаютъ *патронъ*, а на шейкѣ лампы—*оправу* съ контактами. Эту необходимость скоро призналъ извѣстный американскій изобрѣтатель Эдисонъ. Онъ устроилъ оправу въ видѣ винта съ крупнымъ ходомъ, выдавленнаго изъ мѣднаго или латуннаго листа (рис. 152) и вставилъ въ пустое пространство внутри надѣлки центральную контактную планку, заливаемую гипсомъ, но выступающую изъ него на 1—2 миллиметра. Оправа соединяется съ однимъ проводникомъ отъ угольной нити, а центральный контактъ — съ другимъ. Устроенный Эдисономъ патронъ заключаетъ въ себѣ выдавленную изъ латуннаго листа гайку, въ которую можно ввинчивать лампу съ оправой

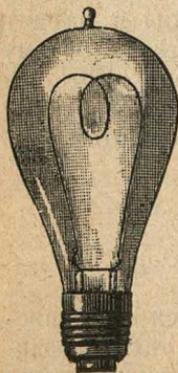


рис. 152.

(рис. 153). На днѣ патрона находится упругая пластинка, съ которой при ввинчиваніи лампы въ патронъ приходитъ въ соприкасаніе центральный контактъ. Затѣмъ соединяють нарѣзку гайки съ однимъ проводомъ отъ источника тока, а упругую пластинку—съ другимъ, и проводка тока къ лампѣ готова. Патронъ Эдисона еще и теперь считается однимъ изъ лучшихъ.

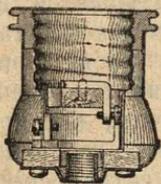


рис. 153.

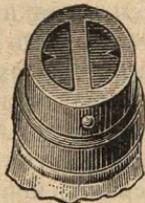


рис. 154.

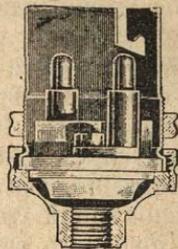


рис. 155.

Вмѣсто винтоваго закрѣпленія другіе конструкторы ввели въ употребленіе штыковой запоръ. Къ числу этихъ послѣднихъ относится *патронъ Свана*, который также получилъ большое распространеніе. Въ гипсѣ оправы закрѣплены два полукруглыхъ контакта, соединенные съ угольною нитью (рис. 154). Съ боковъ оправы снабжена двумя діаметрально противоположно вставленными штифтиками, которыми вставляется она въ патронъ съ двумя штыковыми вырѣзками. (рис. 155). При поворачиваніи штифтики переходятъ въ нижнюю винтовую часть и подъ давленіемъ пружинокъ отжимаются въ маленькіе загибы на концѣ вырѣзочъ. Этимъ устройствомъ достигается то, что для выниманія лампы приходится прилагать нѣкоторое усиленіе, этимъ устранена возможность ихъ вываливанія и поворачиванія. Провода находятся въ соединеніи съ двумя пружинными контактами, которые вставлены въ дно патрона и форму которыхъ можно видѣть на рисункѣ 155 справа.

Нѣкоторые особенности устройства лампъ Эдисона, Свана, Максима и др.

Кромѣ различія въ устройствѣ оправъ и патроновъ лампы накаиванія разныхъ изобрѣтателей отличаются между собою способами изготовленія угольныхъ нитей и ихъ прикрѣпленія къ про-

водамъ. Къ описанію этихъ особенностей мы теперь и перейдемъ.

*Лампа Эдисона.* Угольная нить изготовляется изъ бамбуковыхъ волоконъ. Эти волокна, для приданія имъ надлежащей толщины, протягиваются черезъ отверстія волочильни. Послѣ этого волокна, изогнутыя подковообразно, подвергаются прокаливанію безъ доступа воздуха; при сортировкѣ послѣ прокали число брака доходитъ до 75%. Къ платиновымъ проводамъ угольная нить прикрѣпляется путемъ осажденія электролитически мѣди. Оправа и патронъ лампы Эдисона описаны уже выше.

*Лампа Свана.* Хлопчатобумажная нить обрабатывается извѣстнымъ образомъ сѣрной кислотой, черезъ что получается перегаментообразная масса. Нити, такимъ образомъ обработанной, придается форма дуги съ однимъ или нѣсколькими завитками посрединѣ. Затѣмъ нить подвергается прокаливанію, послѣ чего ее, для приданія ей равномерной толщины и плотности, помѣщаютъ въ атмосферу углеводороднаго газа и пропускаютъ черезъ нее электрическій токъ. При этомъ нить накаливается и на болѣе тонкихъ мѣстахъ происходитъ отложеніе угля. Концы угольной нити вставляются въ платиновые провода, которыхъ концы для этой цѣли расплющиваются и затѣмъ свертываются въ трубочку. Хорошій контактъ между угольной нитью и платиновыми проводами достигается тѣмъ, что эти мѣста погружаются въ ванну изъ жидкаго углеводорода и пропускаютъ токъ. Такимъ путемъ получается на мѣстахъ контакта электролитическое отложеніе углерода.

*Лампа Максима.* Нить для этой лампы изготовляется изъ узкихъ полосокъ картона подковообразной формы. Эти полоски сперва обугливаются, но не вполне, а затѣмъ вводятся въ атмосферу газообразнаго углеводорода, причемъ пропускается черезъ нить токъ, происходитъ заполненіе поръ нити отложеніемъ углерода и нить дѣлается плотной и хорошо проводящей.

*Лампа Крото.* Тонкая платиновая проволока покрывается электролитически толстымъ отложеніемъ серебра и затѣмъ протягивается черезъ отверстія волочильни (циэйзена) пока не достигнетъ діаметра въ 1 миллиметръ. Послѣ этого наружный слой серебра растворяется въ азотной кислотѣ, причемъ остается платиновая проволока толщиной въ 0,01 мм. Кускамъ этой проволоки, соотвѣтствующей длины, придается подковообразная форма; эти проволоочки помѣщаются въ стеклянные колпачки и черезъ нихъ пропускается токъ. Стеклянные колпачки заполнены газообразнымъ углеводородомъ, такъ что платиновая проволоочка, которая накаливается токомъ, покрывается черезъ нѣсколько часовъ плотнымъ слоемъ выдѣлившагося углерода. Когда это достигнуто, тогда выкачиваютъ изъ ламповыхъ

колпачковъ газы до образованія пустоты, затѣмъ запаиваютъ отверстия у колпачковъ и пропускаютъ на столько сильный токъ, чтобы улетучить платину; остается тонкій трубчатый уголекъ. На рис. 156 изображена лампочка Круто съ ея патрономъ.

*Лампа Сименса и Гальске.* На горизонтально установленную и совершенно гладкую стеклянную поверхность наливаютъ возможно ровнымъ слоемъ коллодіумъ. Пленка, которая получается послѣ высыханія коллодіума, разрѣзается при помощи специально устроеннаго инструмента на узкія палочки, которыя затѣмъ соотвѣтствующимъ образомъ изгибаются и подвергаются обугливанію. Утолщеніе и уравниваніе этихъ нитей производится также, какъ и у Круто. Полученныя такимъ образомъ нити отличаются большою крѣпостью.

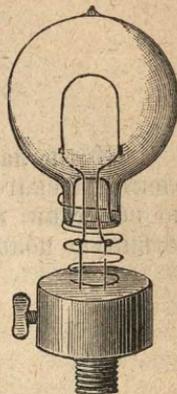


рис. 156.

#### Лампа накаливанія для изготовленія самимъ любителемъ.

Изъ всего того, что было выше изложено относительно фабрикаціи лампочекъ накаливанія, вытекаетъ ясно невозможность для любителя заниматься самому изготовленіемъ лампочекъ. Тѣмъ не менѣе есть возможность устроить нѣкоторое подобіе лампочки накаливанія, хотя и не отличающееся долговѣчностью. Берутъ толстостѣнную стеклянную трубку, длиною въ 1 метръ и отъ 5 до 10 мм. діаметромъ (рис. 157). Въ одномъ изъ концовъ этой трубки укрѣпляется посредствомъ парафинированной пробки и двухъ мѣдныхъ проволочекъ зажигательница, состоящая въ этомъ случаѣ не изъ платиновой спирали, а изъ кусочка угольной нити. Обломокъ угольной нити можно взять изъ разбитой лампочки накаливанія. Затѣмъ трубка наполняется черезъ другое отверстие ртутью и опрокидывается, подобно барометрической трубкѣ, въ сосудъ со ртутью, черезъ что въ верхней части получается пустота.



рис. 157.

Нѣсколько выше описанная платиновая лампочка можетъ быть видоизмѣнена въ угольную, если платиновую проволочку замѣнить угольной нитью и кромѣ того замѣстить воздухъ

водороднымъ газомъ. Если воздухъ не вполне вытѣсненъ, то при зажиганіи такой лампочки можетъ произойти взрывъ.

### Переносная лампа накаливанія.

Хотя лампы накаливанія, снабженныя своимъ источникомъ электрическаго тока, не отличаются ни удобствомъ ни дешевизной, но все таки въ нѣкоторыхъ случаяхъ онѣ могутъ принести несомнѣнную пользу.

Опишемъ подобный аппаратъ, который возможно устроить любителю. Берутъ цилиндрической сосудъ отъ масляной лампы (рис. 158) и въ него помѣщаютъ сосудъ для элементовъ, изготовленный изъ гуттаперчи или же, что дешевле, изъ парафинированнаго картона. Этотъ сосудъ устраиваютъ съ восемью отдѣленіями, расположенными радіально. Къ деревянному кружку, соответствующихъ размѣровъ, прикрѣпляютъ 8 системъ электродовъ, причемъ каждая система состоитъ изъ одной цинковой пластинки и двухъ пластинокъ угольныхъ. Эти системы электродовъ соединяются между собой послѣдовательно, одинъ угольный и одинъ цинковый полюсъ должны конечно остаться свободными. Въ срединѣ деревяннаго кружка укрѣпляется бичевка, при помощи которой можно кружокъ съ электродами подымать и опускать, наматывая или разматывая бичевку на валькъ. Проводники отъ полюсовъ пропущены вверхъ черезъ отверстіе сосуда и присоединяются къ ушкамъ лампы, которая снабжена пружинками у патрона. Сосудъ для электродовъ надо вставлять въ ламповый снизу, чѣмъ облегчается перемѣна жидкости, состоящей изъ раствора двухромокислаго кали и сѣрной кислоты.

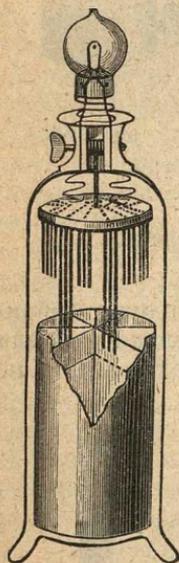


рис. 158.

Такое устройство даетъ возможность поддерживать горѣніе небольшой лампочки накаливанія силою въ 4 свѣчи въ теченіи 6—8 часовъ.

Питаніе лампочки токомъ отъ аккумуляторовъ слѣдуетъ конечно предпочесть. При употребленіи аккумуляторовъ нѣтъ надобности устраивать подъемъ и опусканіе электродовъ, но за то надо устроить замыкатель и размыкатель тока. Сила тока въ амперахъ и напряженіе тока въ вольтахъ опредѣляютъ число отдѣленій для аккумуля-

ляторовъ и величину ихъ пластинокъ. Восьми-вольтовые лампочки, потребляющія токъ въ 1 амперъ, даютъ силу свѣта отъ 2 до 3 свѣчей.

### Экономичность и долговѣчность лампъ накаливанія.

Чѣмъ выше поднимается температура накаливаемой нити, тѣмъ выгоднѣе становится отношеніе между количествомъ испускаемаго свѣта и расходуемой работой тока, т. е. *экономичность* лампы накаливанія. Хотя расходуемая въ угольной нити работа тока употребляется повидимому всегда одинаково, но слѣдуетъ замѣтить, что часть работы теряется въ видѣ теплоты. Желательно конечно сдѣлать расходуемую въ лампѣ на свѣтъ часть энергіи возможно большей, а такъ какъ отношеніе свѣтящихся лучей къ темнымъ тепловымъ дѣлается выгоднѣе для первыхъ съ повышеніемъ температуры, то и слѣдуетъ накаливаніе поднимать возможно выше, по возможности до блага каленія. Но здѣсь встрѣчается препятствіе въ другомъ обстоятельстве: чѣмъ выше поднимается экономичность лампы, тѣмъ короче становится ея долговѣчность, а это обстоятельство представляеть большое значеніе. Отсюда вытекаетъ такое заключеніе, что въ хорошей лампѣ должны быть надлежащимъ образомъ образомъ уравновѣшены двѣ величины: *расходъ на дѣйствіе* и *расходъ на возобновленіе*.

Средняя долговѣчность лампы накаливанія составляетъ 800 — 1000 часовъ горѣнія. Не каждая лампа служитъ такъ долго. Очень многое зависитъ отъ обращенія съ лампой. Если она подвергается слишкомъ высокимъ напряжениямъ, то это отзывается уменьшеніемъ ея долговѣчности.

Для полученія данныхъ относительно средней долговѣчности того или другаго сорта лампъ на заводахъ выбираютъ пробные образцы, которые и подвергаются испытанію. Испытывать эти лампы относительно полного времени горѣнія было бы очень долго и обходилось бы слишкомъ дорого, поэтому испытываютъ только небольшую часть лампъ при нормальныхъ условіяхъ, а для большей части примѣняютъ сокращенный способъ проведенія лампы черезъ всѣ стадіи ея жизни. Для этого ее зажигаютъ при опредѣленномъ избыткѣ напряженія, отъ котораго она погибнетъ въ короткое время. 16—свѣчную лампу, предназначенную для нормальнаго напряженія въ 100 вольтъ, зажигаютъ при напряженіи въ 125 вольтъ и больше, вслѣдствіе этого ея долговѣчность укорачивается до 15—20 часовъ. Эта точно измѣренная уменьшенная долговѣчность при извѣстномъ из-

быткѣ напряженія доставляетъ указанія относительно того, сколько часовъ лампа можетъ служить при нормальномъ напряженіи.

Для вопроса о долговѣчности важно еще то обстоятельство, что лампа «стартеетъ». Послѣ нѣсколькихъ сотенъ часовъ горѣнія начинается дѣлаться замѣтнымъ уменьшеніе силы свѣта; экономичность лампы понижается отчасти уже и вслѣдствіе того, что выдѣляющійся углеродъ осаждается на внутренней сторонѣ стеклянаго колпачка и уменьшаетъ прозрачность стекла; въ результатѣ получается ослабленіе свѣта.

Техника приготовленія лампъ накаливанія въ послѣднее десятилѣтіе сдѣлала не маловажныя успѣхи. Сначала электрическая лошадиная сила <sup>1)</sup> могла питать около 6—8 лампъ накаливанія въ 16 нормальныхъ свѣчей. Теперь же это число дошло до 12—14, не понизивъ существенно экономичности; другими словами, прежде 16 свѣчная лампа требовала силы тока до 1 ампера, тогда какъ въ настоящее время для нея достаточно половины этого. Это обстоятельство очень важно и сохраняетъ свое значеніе даже тогда, когда понижается до извѣстной степени долговѣчность лампы. Такъ какъ самой дорогой частью большихъ электрическихъ установокъ бываютъ уличные провода, а послѣдніе должны быть тѣмъ толще, а слѣд. и дороже, чѣмъ сильнѣе токъ приходится имъ проводить, то отсюда ясно вытекаетъ, что чѣмъ для ббльшаго числа лампъ можетъ доставить токъ данный проводъ, тѣмъ выгоднѣе становятся условія относительно расходовъ на устройство установки.

### Цѣны лампъ накаливанія.

Въ послѣднее время цѣна лампъ накаливанія значительно понизилась вслѣдствіе конкуренціи, а также и все увеличивающейся ихъ фабрикаціи. Лампочки въ 1—2 свѣчи продаются по 1 р.—1 р. 20 к., эти лампочки служатъ сравнительно не долгое время и потребляютъ довольно значительное количество тока. Лампочки средней величины отъ 6—10 свѣчей стоятъ 1 р. 35—1 р. 50 к.—а отъ 10—16 св. стоятъ отъ 50 до 60 к. за штуку. Иногда употребляются лампы накаливанія ббльшей силы свѣта, наприм., въ 50, 100, 200 и 3 10 свѣчей; стоимость ихъ доходитъ отъ 3 р. 50 к. до 5 р. и выше, а по величинѣ онѣ достигаютъ до 25—30 см. въ діаметрѣ.

<sup>1)</sup> т. е. столько доставляемой паровой машиной работы, сколько при своемъ обращеніи въ электричество составляло дѣйствительно одну лошадинную силу, напримѣръ при 100 вольтахъ токъ нѣсколько меньше  $7\frac{1}{2}$  амперовъ.

## Расходъ электрической энергіи разными сортами лампъ накаливанія.

Практика освѣщенія побудила фабрикантовъ лампъ накаливанія производить разные сорта лампъ, которыя требуютъ для своего дѣйствія различныхъ напряженій и количествъ тока. Наибольше употребительныя 16 свѣчныя лампочки потребляютъ отъ 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> до 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> уаттовъ на каждую свѣчу, т. е. при напряженіи въ 100 вольтъ требуютъ силу тока отъ 0,45 до 0,6 ампера. Въ слѣдующихъ таблицахъ сопоставлены характеристики лампочекъ накаливанія разныхъ сортовъ и фабрикъ.

## Лампы завода Сименса и Гальске.

Сила свѣта въ нормальн. свѣчахъ.	При напряженіи въ 50 вольтъ.		При напряженіи въ 65 вольтъ.		При напряженіи въ 100 вольтъ.		При напряженіи въ 120 вольтъ.	
	Сила тока въ ампер.	Уатты на 1 свѣчу.	Сила тока въ ампер.	Уатты на 1 свѣчу.	Сила тока въ ампер.	Уатты на 1 свѣчу.	Сила тока въ ампер.	Уатты на 1 свѣчу.
8	0,56	3,5	—	—	—	—	—	—
10	—	—	0,54	3,51	0,39	3,9	—	—
16	1,04	3,25	0,8	3,25	0,57	3,56	0,48	3,6
25	1,50	3,0	1,25	3,25	0,87	3,48	0,73	3,5
50	3,0	3,0	2,3	2,99	1,14	3,26	—	—
100	—	—	3,84	2,5	2,50	2,5	—	—
200	—	—	7,7	2,5	5,0	2,5	—	—
300	—	—	11,54	2,5	7,5	2,5	—	—

## Лампы завода Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft въ Берлинѣ.

Средній расходъ энергіи въ уаттахъ на 1 нормальную свѣчу.	Сила свѣта въ норм. свѣч.	10	16	20	25	32	50	100	
	При напряж. въ 60—70 вольтъ.	3,1						2,8	
	При напряж. въ 95—115 вольтъ.	3,6							

Для домашняго освѣщенія отъ аккумуляторовъ употребляютъ обыкновенно лампочки, требующія тока меньшаго напряженія и съ меньшей силой свѣта. Фирма Allgemeine Electricitats Gesellschaft выдѣлываетъ:

### Лампы накаливанія для дѣйствія отъ аккумуляторовъ.

Сила свѣта въ норм. свѣч. . . .	$1/2$	1	2	3	6	10	16
Средн. расходъ энергїи въ ваттахъ на 1 нормальную свѣчу. . .	3,1	3,1	3,1	3,1	2,5	2,5	2,0
Напряженіе въ вольтахъ . . . .	3,5—4	7—8	7—8	12—16	12—16 24—32		

### Распреденіе тока и расчетъ устройства освѣщенія лампами накаливанія.

Во всякой установкѣ освѣщенія токъ отъ динамомашины (или отъ аккумуляторовъ) долженъ быть распределенъ по лампамъ. Существуютъ два способа распреденія тока по лампамъ:—последовательный и параллельный.

На рис. 159 изображена схема *последовательнаго* включенія лампъ; всѣ они расположены въ одной и той же цѣпи—одна за другой. Во всей цѣпи господствуетъ одна и таже сила тока, но напряженіе тока, необходимое для горѣнія, увеличивается съ каждой лампой. При этомъ способѣ распреденія требуется сравнительно мало проводовъ, но онъ имѣетъ и свои неудобства, состоящія въ большомъ напряженіи тока; кромѣ того при последовательномъ соединеніи при перерывѣ цѣпи въ одномъ мѣстѣ (напр. отъ перегаранія уголька въ лампѣ) гаснутъ всѣ лампы.

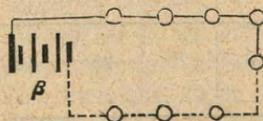


рис. 159.

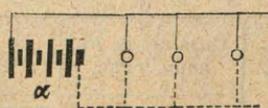


рис. 160.

На рис. 160. изображена схема *параллельнаго соединенія*. Положительный и отрицательный проводы проходятъ по всей установкѣ

и отъ нихъ берутся отвѣтвенія въ соответственныхъ мѣстахъ. Всѣ лампы горятъ при одномъ и томъ же напряженіи, но сила тока въ нихъ можетъ быть различна. На практикѣ болѣе употребительно параллельное соединеніе, а также комбинація послѣдовательнаго съ параллельнымъ.

Преждѣ чѣмъ перейти къ расчетамъ устройства проводовъ для освѣщенія, припомнимъ нѣкоторыя основныя положенія. По закону

Ома  $J = \frac{E}{R}$ , то есть сила тока равна электровозбудительной силѣ,

раздѣленной на сопротивленіе; также имѣемъ, что 1 амперъ  $= \frac{1 \text{ вольту}}{1 \text{ омъ}}$ ;

омъ есть сопротивленіе столба ртути длиною въ 106 сантиметровъ при 1 кв. миллиметрѣ поверхности сѣченія; омъ также приблизительно равенъ сопротивленію мѣдной проволоки длиною въ 48 метровъ и діаметромъ въ 1 миллиметръ. Изъ основной формулы закона Ома слѣдуетъ также, что  $E = J \times R$ , или 1 вольтъ  $= 1 \text{ амперу} \times 1 \text{ омъ}$ .

Относительно проводовъ необходимо помнить, что сопротивленіе проводника прямо пропорціонально его длинѣ и обратно пропорціонально его сѣченію; если длину проводника въ метрахъ обозначимъ черезъ  $l$ , а сѣченіе въ квадрат. миллиметрахъ—черезъ  $q$ , то сопротивленіе, обозначенное —  $r$ , будетъ пропорціонально  $\frac{l}{q}$ .

*Расчеты.* Допустимъ, что мы имѣемъ 10 лампъ съ сопротивленіемъ каждая въ 12 омовъ, сопротивленіе цѣпи (провода и выключатель) пусть будетъ равно 1 ому, а сила тока, необходимая для каждой лампочки, равна 1,5 амп.

При *параллельномъ* соединеніи сопротивленіе всей установки будетъ равно 2,2 ома, такъ какъ, хотя на каждую лампу и приходится 12 омовъ, но при параллельномъ включеніи ихъ сопротивленіе всей цѣпи лампъ уменьшается въ 10 разъ, т. е. равно 1,2 ома; къ этому надо еще прибавить сопротивленіе внѣшней цѣпи равное 1 ому, что и составитъ вмѣстѣ 2,2 ома. Токъ для всей установки потребуетъ напряженіемъ въ

$$2,2 \times 1,5 \times 10 = 33 \text{ вольты}$$

$$\text{и силою въ } 10 \times 1,5 = 15 \text{ амперовъ.}$$

При *послѣдовательномъ* соединеніи сопротивленіе всей установки будетъ равно  $(12 \times 10) + 1 = 121$  ому; напряженіе тока должно быть равно  $121 \times 1,5 = 181,5$  вольту, а сила тока равна 1,5 амперъ.

Если расположить лампы такъ, какъ это указано на рис. 161, то есть по двѣ послѣдовательно, а пять группъ въ двѣ лампы сое-

динить параллельно, то общее сопротивление окажется равнымъ  $\frac{12 \times 2}{5} + 1 = 4,8 + 1 = 5,8$  ома; напряжение тока равно  $5,8 \times 5 \times 1,5 = 43,5$  вольт., а сила тока равна  $1,5 \times 5 = 7,5$  ампера.

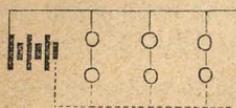


рис. 161.

Въ предыдущемъ мы предположили, что всѣ лампы горятъ одновременно, но это не всегда такъ бываетъ. Иногда нужна лишь одна лампа. Въ такомъ случаѣ сопротивление провода суммируется съ сопротивленіемъ лампы, и получаемъ величину въ 13 омовъ ( $12 + 1$ ), откуда опредѣляется напряжение равнымъ  $13 \times 1,5 =$

$19,5$  вольт.; сила же тока для одной лампы равна по заданію 1,5 ампера.

*Реостаты или сопротивленія.* Если для освѣщенія какого нибудь помѣщенія употребляются то всѣ, то лишь нѣкоторыя лампы, и не хотятъ при этомъ мѣнять силы тока, доставляемаго источникомъ электричества, то въ такомъ случаѣ по проводу пропускаютъ токъ, достаточный для горѣнія всѣхъ лампъ, а къ каждой лампѣ включаютъ параллельно реостатъ. Постановка такого реостата съ коммутаторомъ на два направленія даетъ возможность послать токъ либо черезъ лампу, либо черезъ сопротивление. На рис. 162 изображено включеніе реостатовъ при параллельномъ соединеніи лампъ, а на рис. 163— при послѣдовательномъ ихъ соединеніи.

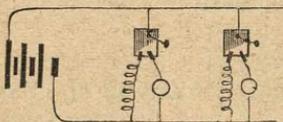


рис. 162.

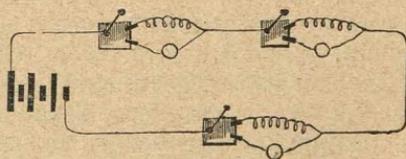


рис. 163.

Эти реостаты изготовляются изъ спиралей желѣзной или нейзильберовой проволоки и ихъ сопротивление дѣлается равнымъ сопротивленію соответствующей лампы. Проволока должна быть достаточно толста, чтобы не перегорѣть отъ дѣйствія тока, и въ тоже время достаточно тонка, чтобы ея спирали не были бы слишкомъ длинны.

Хотя эти аппараты и поглощаютъ токъ непроизводительнымъ образомъ, но въ иныхъ случаяхъ они полезны тѣмъ, что безъ нихъ лампы страдали бы отъ измѣняющейся силы тока, не говоря уже про неправильность самого освѣщенія.

*Распределение въ зависимости отъ напряженія и силы тока.*

Если подъ рукою имѣется источникъ электрическаго тока высокаго напряженія, но большого сопротивленія, напр. если имѣется большое число элементовъ съ небольшою поверхностью электродовъ, то въ такомъ случаѣ располагаютъ лампы послѣдовательно въ одной цѣпи (см. рис. 159 и 163). Этотъ способъ включенія лампъ имѣеть, какъ было сказано выше, тотъ недостатокъ, что при потуханіи одной лампы токъ прерывается во всей цѣпи, и всѣ лампы потухаютъ. Если сломается угольная нить въ *одной* лампѣ, то это влечетъ за собою потуханіе всѣхъ остальныхъ.

Если располагаютъ источникомъ тока малаго напряженія, но способнаго давать большую силу тока, то располагаютъ лампы параллельно. Съ этой цѣлью проводятъ два провода изъ толстой проволоки до мѣста нахождения послѣдней лампы и затѣмъ отвѣтвляютъ отъ этой главной цѣпи тонкіе проводники, ведущіе къ другимъ лампамъ. Одни зажимы лампъ соединяются съ положительнымъ проводомъ главной цѣпи, а другіе съ ея же отрицательнымъ проводомъ. При этомъ расположеніи можно потушить каждую изъ лампъ независимо отъ другихъ и не нарушая ихъ горѣнія (см. рис. 161 и 162).

Если сѣтъ проводовъ какой нибудь установки весьма обширна и сопротивленіе проводовъ составляетъ при этомъ значительную долю всего сопротивленія внѣшней цѣпи, то въ такомъ случаѣ лампочки, находящіяся ближе къ источнику тока, получаютъ больше электрической энергіи, чѣмъ лампочки болѣе отъ него удаленныя, такъ какъ напряженіе ослабѣваетъ на концѣ развѣтвленныхъ проводовъ. Чтобы уравнять для всѣхъ лампочекъ сопротивленіе провода, а слѣд. и напряженіе, одинъ изъ главныхъ проводовъ загибаютъ и ведутъ сѣратно (см. рис. 164). Лампочки при этомъ включаютъ параллельно между загибомъ перваго провода и вторымъ проводомъ. Эта петля или загибъ провода удорожаетъ установку, и также цѣль достигается лучше посредствомъ увеличенія сѣченія проводовъ.

Иногда приходится въ одной и той же сѣтѣ проводовъ помѣщать лампочки, требующія различныхъ разностей потенціаловъ. Въ такомъ случаѣ включаютъ маленькія лампочки послѣдовательно по двѣ или по три такъ, чтобы сумма напряженій, потребныхъ для нихъ, была бы равна разности потенціаловъ между двумя проводами. Если этого почему либо сдѣлать нельзя, то къ каждой маленькой лампочкѣ присоединяютъ такое сопротивленіе, чтобы напряженіе у зажимовъ лампы было то, которое необходимо.

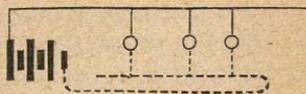


рис. 164.

## Устройство освѣщенія въ квартирахъ.

1) *Лампы.* Для комнатнаго освѣщенія въ большинствѣ случаевъ достаточны лампочки въ 6 свѣчей, а лампы въ 10 свѣчей даютъ уже весьма много свѣта. Для лампочки въ 6 свѣчей нуженъ токъ напряженіемъ въ 10 V и силою въ 2 A, т. е. нужна батарея средней величины изъ 6 элементовъ съ двуххромокислымъ кали, или же 5 небольшихъ аккумуляторовъ. Для 10 свѣчной лампы нуженъ токъ въ 15 V и 2 A, что соотвѣтствуетъ употребленію 10 вышепомянутыхъ элементовъ, или же 8 аккумуляторовъ. Съ увеличеніемъ числа лампъ расходы на каждую изъ нихъ дѣлаются относительно меньше. При параллельномъ включеніи лампъ достаточно тоже число элементовъ, что и для одной, только поверхность электродовъ должна быть соотвѣтственно больше.

2) *Провода, прерыватели тока, сопротивленія.* Чтобы ни служило источникомъ тока, батарея или аккумуляторы, необходимо поставить источникъ тока въ сухомъ мѣстѣ, обладающемъ болѣе или менѣе равномерной и не низкой температурой. Отъ полюсовъ источника тока ведутъ два провода черезъ всѣ комнаты, которыя желаютъ освѣтить. Эти провода должны быть изолированы другъ отъ друга и такого свѣченія, чтобы не представлять току значительнаго сопротивленія; ихъ сопротивленіе не должно превышать 5% общаго сопротивленія внѣшней цѣпи. Толщина проводовъ должна соотвѣтствовать силѣ тока; для отдѣльной лампы достаточны провода діаметромъ въ 1 мм. при длинѣ въ 20 метровъ; при болѣе длинѣ надо взять провода діаметромъ въ 1½ мм. Для тока силою отъ 8 до 10 амперъ необходимо брать провода діаметромъ никакъ не менѣе 2 миллиметровъ.

Провода прокладываютъ вдоль стѣнъ, прикрывая ихъ, если это возможно, обоями. Къ каждой лампѣ проводятъ отвлѣтленія тонкими проволоками (0,8—1 мм. въ діаметрѣ) и включаютъ прерыватель тока для тушенія и зажиганія лампочки, если она сама не снабжена патрономъ съ выключателемъ.

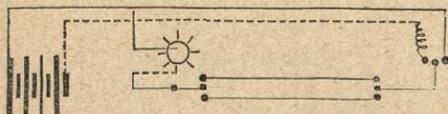


рис. 165.



рис. 166.

Въ большомъ залѣ съ двумя входами лучше помѣстить два выключателя, чтобы можно было зажигать и тушить лампочки съ каждой стороны зала (см. рис. 165).

Для укрѣпленія проводовъ къ стѣнамъ употребляютъ различнаго рода желѣзные крючки, которые изображены на рис. 166. Чтобы не образовался контактъ между этими крючками и проводами, обвертываютъ провода въ мѣстахъ ихъ прикосновенія съ крючками бумагою или же кусочками разрѣзанной каучуковой трубки.

### Стоимость освѣщенія лампочками накаливанія при помощи элементовъ или аккумуляторовъ.

Мы здѣсь касаемся вопроса стоимости только небольшихъ домашнихъ установокъ съ небольшимъ числомъ лампочекъ, которыя возможно осуществить, употребляя источникомъ тока элементы или же аккумуляторы. При употребленіи этихъ источниковъ тока освѣщеніе лампочками накаливанія обходится конечно дороже освѣщенія газоваго и еще дороже освѣщенія посредствомъ керосина. Часъ горѣнія 6—7 свѣчевой лампочки накаливанія, питаемой токомъ отъ батареи съ двухромокислымъ кали съ двумя жидкостями, обойдется въ 5 коп.; газовый рожокъ одинаковой силы свѣта будетъ стоить въ часъ  $\frac{3}{4}$  коп., а керосиновая лампа  $\frac{1}{5}$  коп. Стоимость часа горѣнія такой же 6—7 свѣчевой лампочки, питаемой токомъ отъ аккумуляторовъ, находится въ зависимости отъ стоимости заряженія аккумуляторовъ токомъ отъ какой нибудь центральной станціи. Къ стоимости самого тока надо еще прибавить расходъ на возобновленіе лампочекъ, которыя необходимо отъ времени до времени замѣнять новыми.

Если однако принять въ соображеніе, что попутно съ устройствомъ освѣщенія можно устроить различные звонковые приборы, зажигательницы, двигатели, телефоны и всевозможные предохранительные (отъ огня или отъ воровъ) аппараты, и что при освѣщеніи лампочками накаливанія нечего бояться пострадать отъ взрыва газа, то сравнительная дороговизна освѣщенія—даже при помощи батареи—теряетъ свое угрожающее значеніе и дѣлаетъ подобныя установки возможными и желательными. При этомъ надо еще имѣть въ виду гигиеничность освѣщенія посредствомъ лампочекъ накаливанія. Стоимость электрическаго освѣщенія сейчасъ же значительно понижается, лишь только имѣютъ подъ руками дешевую силу для приведенія въ дѣйствіе динамомалыны. Объ этомъ мы впрочемъ теперь распространяться не будемъ, такъ какъ этотъ вопросъ будетъ рассмотрѣнъ нами ниже.

## ГЛАВА VI.

### Примѣненія электричества къ освѣщенію. Освѣщеніе вольтовой дугой.

#### Вольтова дуга.

Если взять двѣ проволоки, сообщить ихъ съ достаточно сильнымъ источникомъ тока и соединить ихъ концы вмѣстѣ, а затѣмъ немного раздвинуть ихъ такъ, чтобы разстояніе между ними сдѣлалось равнымъ нѣсколькимъ (2—3) миллиметрамъ, то мы замѣтимъ, что это не прекратитъ прохожденія тока, который будетъ продолжать течь между концами проволокъ. При этомъ въ пространствѣ между концами проволокъ получится нѣчто вродѣ маленькаго пламени съ яркимъ свѣтомъ. Этотъ случай прохожденія электрическаго тока не слѣдуетъ смѣшивать съ электрическими искрами, которыя тоже можно разсматривать, какъ прохожденіе тока черезъ воздухъ; но искры требуютъ для своего появленія напряженія гораздо выше того, какое необходимо для вышеописаннаго появленія вольтовой дуги. Здѣсь прохожденіе тока совершается не черезъ воздухъ, а черезъ проводящія пары, которые появляются вслѣдствіе испаренія металла проволокъ на концахъ проводовъ и образуютъ собою проводникъ между остріями концовъ. Когда мы раздвигаемъ концы проволокъ, то передъ самымъ моментомъ ихъ окончательнаго разъединенія существуетъ еще нѣсколько точекъ соприкосновенія, чрезъ которыя и продолжаетъ проходить токъ. Конечно въ этомъ мѣстѣ сопротивление имѣетъ весьма большую величину, такъ какъ путь тока въ моментъ размыканія дѣлается очень узкимъ. Вслѣдствіе этого происходитъ сильное нагрѣваніе металла, который даже испаряется; эти то пары и позволяютъ току проходить даже въ то время, когда концы проволокъ разъединены. Металлическіе пары проводятъ токъ гораздо

хуже твердаго металла, поэтому онъ и встрѣчаетъ въ ихъ средѣ значительное сопротивленіе, причемъ въ промежуткѣ между концами проволокъ развивается большое количество теплоты, которое и повышаетъ настолько ихъ температуру, что испареніе металла продолжается непрерывно. Къ этому присоединяется еще то обстоятельство, что металлическій паръ съ того конца проволоки, который соединенъ съ положительнымъ полюсомъ, увлекается токомъ къ противоположному концу, а это способствуетъ прохожденію тока.

Явленіе свѣтовой дуги получается красивѣе и ярче, если вмѣсто металлическихъ проволокъ взять два заостренныхъ *угольныхъ стержня*, привести ихъ острія въ соприкосновеніе, а затѣмъ раздвинуть на небольшое разстояніе. Тогда получается какъ бы потокъ пламени, который возникаетъ у одного угля, расширяется къ серединѣ своего пути и затѣмъ, снова сѣзвившись, оканчивается на острій другого угольнаго стержня. Не смотря на незначительную длину накаленной

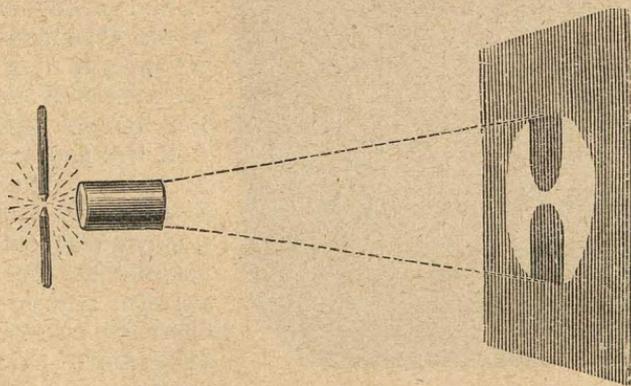


рис. 167.

части — пламя свѣчи въ сравненіи съ нимъ весьма велико — она испускаетъ ослѣпительный свѣтъ. Такая сильная яркость свѣта объясняется очень просто. Воздухъ и пары, находящіеся между углями, нагрѣваются очень сильно и накаливаются; хотя они въ накаленномъ состояніи испускаютъ сравнительно очень мало свѣта, гораздо меньше накаленного твердаго тѣла, но въ описываемомъ явленіи накаливаются не только воздухъ и пары, но и концы углей, и накаленный до-бѣла уголь собственно и испускаетъ тотъ сильный свѣтъ, который наблюдается при этомъ. Въ пространствѣ свѣтовой дуги развивается чрезвычайно высокая температура; она представляетъ

наивысшую температуру, какую мы умѣемъ получать, такъ какъ при ней плавятся и испаряются почти всѣ тѣла.

Свѣтящееся пламя между концами углей называютъ обыкновенно *вольтовой дугой* въ честь итальянскаго физика Вольты; дугою же его назвали потому, что оно имѣетъ обыкновенно изогнутую дугообразную форму.

Ослѣпительный свѣтъ, испускаемый вольтовой дугой и концами углей, не даетъ возможности разсматривать ее и угли невооруженнымъ глазомъ, не употребляя темноокрашенныхъ стеколъ, умѣряющихъ силу свѣта. Еще лучше прибѣгнуть къ проектированію увеличеннаго изображенія дуги и концовъ углей на экранѣ при помощи собирательной чечевицы съ небольшою фокусной длиною. Это проектированіе надо производить въ темномъ помѣщеніи. Рис. 167 даетъ понятіе о способѣ проектированія вольтовой дуги на экранѣ, а на рис. 168 изображены въ нѣсколько увеличенномъ размѣрѣ накаленные угольные стержни и вольтова дуга.



рис. 168.

Самый ослѣпительный свѣтъ испускается до бѣла накаленными концами углей. Остріе угля, соединеннаго съ положительнымъ полюсомъ, притупляется и образуетъ кратерообразное углубленіе. Это происходитъ отъ того, что при прохожденіи тока съ поверхности угольнаго электрода отрываются частички угля, а можетъ быть даже происходитъ и испареніе углерода. Отрицательный электродъ принимаетъ форму заостренной сахарной головы. Если угли не вполне чисты, то на ихъ поверхности видны передвигающіеся съ мѣста на мѣсто маленькіе раскаленные шарики; эти шарики состоятъ обыкновенно изъ расплавленнаго кремнезема. Положительный уголь бываетъ накаленъ болѣе отрицательнаго, причѣмъ испускаетъ и гораздо

большее количество свѣта. Изъ общей суммы свѣтовыхъ лучей, испускаемыхъ вольтовой дугой, на долю положительнаго угла приходится 85<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, на долю отрицательнаго угла — 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, а на долю самой дуги — всего лишь 5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, такъ что львиная доля принадлежитъ положительному углу. При горѣннн углей въ воздухѣ ихъ концы расходятся довольно быстро, и поэтому разстоянн между ними все увеличивается. При этомъ можетъ наступить моментъ, когда это разстоянн будетъ на столько велико, что увеличившееся сопротивленн не дастъ болѣе возможности проходить току и тогда дуга исчезаетъ.

Честь открытн вольтовой дуги принадлежитъ несомнѣнно *Петрову*, профессору физики въ Медико-Хирургической Академн въ С.-Петербургѣ, какъ это видно изъ его книги «О гальвани-вольтовыхъ опытахъ» (С.-Петербургъ 1803 г.). Петровъ получилъ вольтову дугу, какъ и англійскнй физикъ *Дэви* (въ 1810 году), при помощи устроеннаго имъ большаго вольтова столба между концами двухъ стерженьковъ изъ древеснаго угля. Не смотря на то, что первенство въ открытн вольтовой дуги несомнѣнно принадлежитъ Петрову, его обыкновенно приписываютъ Дэви. Это объясняется тѣмъ, что Петровъ не позаботился во время сдѣлать свое открытн извѣстнымъ миру.

Такой уголь, какимъ пользовались Петровъ и Дэви, сгораетъ очень быстро, а потому мало пригоденъ для полученн вольтовой дуги. Только нѣсколько десятковъ лѣтъ спустя стали примѣнять для этой цѣли уголь, осаждающнйся на стѣнкахъ газовыхъ ретортъ. У накаленныхъ стѣнокъ этихъ ретортъ разлагается выдѣляющнйся свѣтнльный газъ и углеродъ, входящн въ его составъ, осаждается на стѣнкахъ, образуя прочный плотный слой. Этотъ слой часто достигаетъ значительной толщины, такъ что изъ него легко выпиливаютъ угольные стержни для элементовъ. Такой уголь пригоденъ также и для полученн вольтовой дуги, такъ какъ онъ хорошо проводитъ токъ и очень медленно горитъ. Все же безъ соотвѣтственной обработки ретортный уголь не даетъ равнаго блага свѣта и кромѣ того изъ отбитыхъ отъ стѣнокъ кусковъ трудно выпилить длинные угольные стержни. Ихъ недостатокъ заключается еще въ томъ, что они дороги. Нѣмецкнй ученый *Бунзенъ* предложилъ вмѣсто ретортнаго угля готовить для элементовъ искусственный плотный уголь; тѣмъ-же способомъ изготовляютъ теперь и угольные стержни для полученн вольтовой дуги. О тѣхъ пріемахъ, которыми пользуются при производствѣ такого угля, мы скажемъ ниже.

Выше было упомянуто, что въ вольтовой дугѣ угли сгораютъ, а потому уменьшаются въ длинѣ. Вслѣдствн этого разстоянн между концами увеличивается и наконецъ токъ теряетъ возможность проходить между концами углей. Уже при незначительномъ увеличенн раз-

стоянія дуга дѣлается неспокойной, свѣтъ, первоначально бѣлый, получаетъ голубоватый оттѣнокъ и начинаетъ мигать. Такимъ образомъ ясно, что для поддержанія правильнаго горѣнія вольтовой дуги необходимо имѣть возможность сохранять неизмѣннымъ разстояніе между концами углей. Это достигается обыкновенно разными механическими способами, къ разсмотрѣнію которыхъ мы теперь и перейдемъ.

### Ручные регуляторы.

Простѣйшее приспособленіе, служащее для удерживанія концовъ углей на неизмѣнномъ разстояніи, состоитъ изъ механизма, который позволяетъ сближать и раздвигать угли прямо отъ руки. Такое примитивное приспособленіе изображено на р. 169. Оно состоитъ изъ двухъ горизонтальныхъ металлическихъ стержней, которые могутъ скользить въ отверстіяхъ вертикальныхъ стоекъ. Ко вѣншимъ концамъ стержней присоединяютъ проволоку, идущія отъ какого либо источника тока, а внутренніе концы снабжены угольными палочками. Сдвигая и раздвигая понемногу угли, можно регулировать дугу.

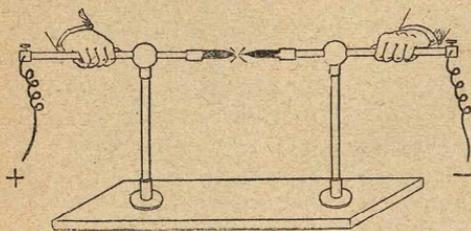


рис. 169.

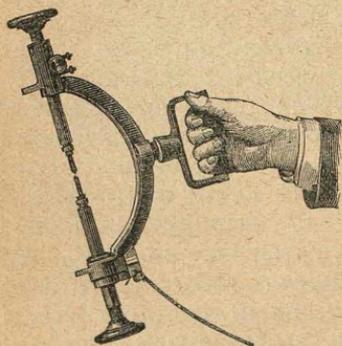


рис. 170.

Ручными регуляторами пользуются обыкновенно лишь въ тѣхъ случаяхъ, когда нужно получить свѣтъ на короткое время, какъ напр. при опытахъ въ физическихъ кабинетахъ, на театральныя сцены и т. п. Для театральныя цѣлей весьма пригоденъ ручной регуляторъ, построенный Фейномъ въ Штутгартѣ. Этотъ регуляторъ изображенъ на рис. 170, изъ котораго видно, что для регулировки разстоянія между углями служитъ кремальерка,двигающая оправу верхняго угля.

При опытахъ, продолжающихся короткое время, можно употребить для сближенія отъ руки слѣдующее приспособленіе. На деревянной доскѣ, длиною и шириною сантим. въ 20, служащей основа-

ниемъ, укрѣпляется стойка изъ дерева или металла высотой сантим. въ 30 (см. рис. 171). Верхній конецъ этой стойки снабжается подь прямымъ къ ней угломъ поперечиной. Черезъ отверстие во внѣшнемъ концѣ поперечины скользить съ легкимъ треніемъ полая металлическая трубка. Въ нижній конецъ этой трубки вставляется угольный стержень, а въ верхній укрѣпляется деревянная ручка (или же—при помощи сургуча—кусокъ стеклянной трубки). Непосредственно на продолженіи вертикальной линіи, проходящей черезъ ось полой трубки, на доскѣ основанія укрѣпляютъ короткую металлическую втулку, въ которую вставляютъ другой (нижній) угольный стержень. Верхнюю полую трубку и нижнюю втулку соединяють проводами съ соответствующими зажимами, къ которымъ прикрѣпляютъ провода отъ полюсовъ батареи.

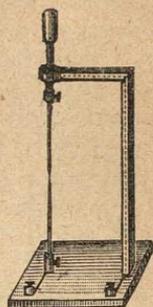


рис. 171.

Сперва сближаютъ угли до ихъ взаимнаго прикосновенія, а затѣмъ удаляютъ ихъ концы нѣсколько другъ отъ друга, причемъ и появляется вольтова дуга. Для достиженія хорошей вольтовой дуги нуженъ токъ съ извѣстнымъ напряженіемъ, не меньшимъ 30—40 вольтъ, т. е. нужна батарея отъ 20 до 25 элементовъ Бунзена, соединенныхъ послѣдовательно. Чѣмъ больше поверхность электродовъ этой батареи, т. е. чѣмъ больше сила тока батареи въ амперахъ, тѣмъ блестяще будетъ дуга, но во всякомъ случаѣ необходимо имѣть токъ вышеуказаннаго напряженія, такъ какъ при меньшемъ напряженіи свѣтовая дуга не устанавливается между концами углей. Обыкновенно для полученія вольтовой дуги употребляютъ не батарею а диңамомашину, или-же аккумуляторы. Батарея въ 50 элементовъ Даниеля (что соответствуетъ примѣрно 30 элементамъ Бунзена) даетъ вольтову дугу длиною въ 2 миллиметра съ силою свѣта въ 1000 свѣчей.

Угольные стержни устанавливаются обыкновенно вертикально другъ надъ другомъ. Если же желаютъ направить лучи свѣта болѣе въ одну сторону, то въ таксмъ случаѣ помѣщаютъ нижній уголь не на непосредственномъ продолженіи вертикальной линіи, проходящей черезъ верхній уголь, но отодвигаютъ его нѣсколько въ сторону. При этомъ дуга принимаетъ наклонное положеніе, а кратеръ въ положительномъ (верхнемъ) углѣ образуется съ боку и лучи отбрасываются имъ преимущественно въ одну сторону (см. рис. 172).

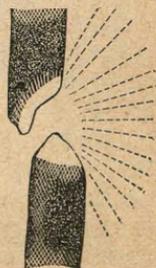


рис. 172.

## Автоматическіе регуляторы.

Разстояніе между концами углей должно соотвѣтствовать напряженію тока. Если напряженіе тока представляет величину постоянную, какъ это обыкновенно имѣетъ мѣсто при полученіи тока отъ динамомашинъ, то и разстояніе между углями, дающими вольтову дугу, должно тоже оставаться неизмѣннымъ. Мы знаемъ, что сгораніе углей постоянно стремится измѣнить это разстояніе, почему и необходимо прибѣгать къ регуляторамъ. Вышеописанные ручные регуляторы даютъ возможность производить эту регулировку далеко не совершенно и кромѣ того регулировка не *автоматична*, она требуетъ непременно содѣйствія человѣка, что въ большинствѣ случаевъ неудобно. Чтобы избѣжать этого неудобства придумали *самодѣйствующіе* (автоматическіе) *регуляторы*.

Для яснаго пониманія приспособленій, служащихъ для такой цѣли, надо разсмотрѣть, какую роль играютъ въ вольтовой дугѣ величины напряженія, сопротивленія и силы тока.

Извѣстно, что напряженіе въ вольтовой дугѣ, т. е. между остриями углей, зависитъ отъ *разстоянія* концовъ угольныхъ стержней. Въ вольтовой дугѣ при неизмѣнномъ разстояніи напряженіе не измѣняется при измѣненіи силы тока, какъ это происходитъ въ твердыхъ проводникахъ и какъ, казалось бы, должно происходить и въ вольтовой дугѣ; оно сохраняется постоянною величиною при всякой силѣ тока. Это не согласуется съ закономъ Ома, если не принять (какъ оно въ дѣйствительности и происходитъ), что *сопротивленіе* дуги уменьшается при возрастаніи силы тока, и что это обстоятельство поддерживаетъ то соотношеніе между напряженіемъ, сопротивленіемъ и силой тока, какое выражается этимъ закономъ. Мы можемъ поэтому поддерживать неизмѣннымъ разстояніе между углями, удерживая постояннымъ напряженіе, т. е. можемъ устроить такъ, что какъ только разстояніе между углями увеличится и повысится напряженіе, регулирующий механизмъ начнетъ бы дѣйствовать и приводить бы угли снова къ надлежащему разстоянію. Эту работу можно заставить совершать тотъ же токъ, который служитъ для полученія дуги, т. е. заставить его пускать въ ходъ или останавливать регулирующий механизмъ.

Вмѣсто того, чтобы регулировать разстояніе и напряженіе, можно поддерживать въ вольтовой дугѣ постоянную *силу тока*. Если регулирующий аппаратъ соединенъ съ источникомъ, доставляющимъ токъ опредѣленнаго напряженія, то каждая данная сила тока должна соотвѣтствовать опредѣленному сопротивленію лампы. Въ послѣдней сопротивленіе не мѣняется, а потому, если черезъ нее проходитъ токъ

неизмѣнной силы, то не можетъ измѣниться также и дуга; вмѣстѣ съ тѣмъ будетъ оставаться постоянной и третья величина — напряженіе въ вольтовой дугѣ, а слѣдовательно и разстояніе между концами углей.

Самодѣйствующіе приборы, придуманные съ цѣлью регулировки вольтовой дуги, очень многочисленны и разнообразны. Мы не имѣемъ возможности входить здѣсь въ подробное ихъ разсмотрѣніе и ограничимся лишь краткимъ описаніемъ немногихъ изъ нихъ \*).

Простѣйшій примѣръ представляетъ аппаратъ, регулирующий силу тока. Вообразимъ себѣ, что токъ, идущій къ вольтовой дугѣ, проходитъ по обмоткѣ электромагнита, который снабженъ якоремъ; съ противоположной стороны якоря находится пружина, стремящаяся оторвать его отъ электромагнита. Когда токъ силенъ, притягательная сила электромагнита преодолеваетъ упругость пружины, и якорь остается притянутымъ. Но какъ только токъ ослабѣетъ при расхожденіи углей и уменьшится далѣе извѣстнаго предѣла, пружина отрываетъ якорь отъ электромагнита. Этими движеніями якоря легко воспользоваться для пусканія въ ходъ и останавливанія часового механизма, сближающаго углей.

Регуляторъ такого рода изображенъ на рис. 173. Это — регуляторъ Фуко-Дюбоска, служившій для полученія электрическаго свѣта еще до изобрѣтенія динамомашинъ и теперь еще употребляющійся для проекторовъ, т. е. такихъ оптическихъ инструментовъ, которые отбрасываютъ снопы лучей электрическаго свѣта на большія разстоянія. Въ этомъ приборѣ заключенный

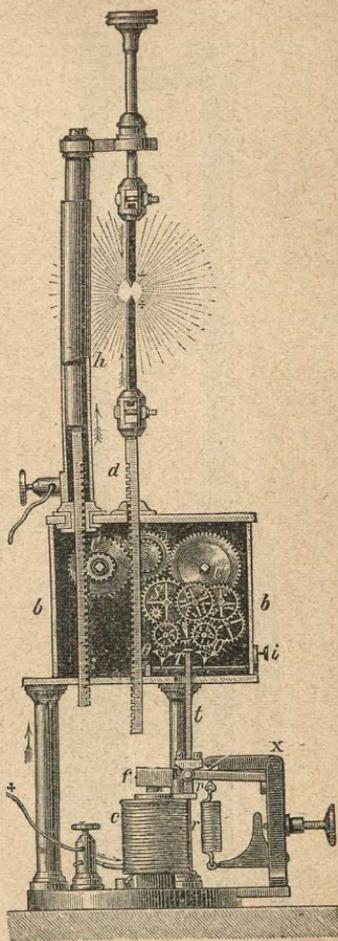


рис. 173.

\* ) Желающіе ближе ознакомиться съ устройствомъ регуляторовъ найдутъ болѣе подробное описаніе въ соч. А. Вильке «Электричество, его источники и примѣненія въ промышленности». Изд. Ф. В. Щенанскаго.

въ ящикѣ часовой механизмъ приводитъ въ движеніе оба угля; нижній уголь движется медленнѣ верхняго, такъ какъ послѣдній соединенъ съ положительнымъ полюсомъ и горитъ быстрѣ нижняго; если бы угли сдвигались съ одинаковою скоростью, то дуга пере-

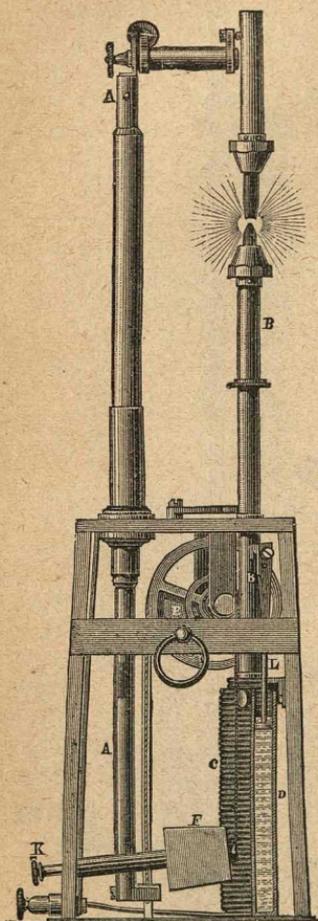


рис. 174.

мѣщалась бы постепенно вверхъ. Если бы этотъ регуляторъ служилъ только для освѣщенія, то перемѣщеніе дуги не было бы недостаткомъ, но такъ какъ онъ употребляется теперь преимущественно для прожекторовъ, то неподвижность дуги дѣлается обязательной. Эта неподвижность дуги нужна для того, чтобы дуга постоянно оставалась въ фокусѣ оптической системы прожектора. Какъ видно изъ рисунка, это достигается тѣмъ, что зубчатая рейка, соединенная съ углями, приводится въ движеніе двумя зубчатыми колесами неодинаковыхъ діаметровъ, насаженными на общую ось. Подъ часовымъ механизмомъ находятся электромагнитъ (*e*) съ якоремъ (*f*) и пружина (*r*), натяженіе которой можно регулировать винтомъ. Понятно, что натяженіе пружины находится въ связи съ наименьшей силой тока, при которой происходитъ отрываніе якоря, и если натянуть ее сильнѣе, то и лампа будетъ урегулирована для большаго силы тока. Уменьшеніе натяженія пружины поведетъ, конечно, къ тому, что отрываніе будетъ происходить при болѣе слабыхъ токахъ. Такое регулированіе лампы для различной силы тока очень удобно, и подобное приспособленіе встрѣчается и въ другихъ дуговыхъ лампахъ. Для первоначальнаго раздвиганія углей съ цѣлью образованія вольтовой дуги устраиваютъ въ регуляторѣ второй часовой механизмъ, дѣйствующій противъ того, который сдвигаетъ угли.

Лампа Фуко-Дюбоска была измѣнена *Серраномъ*, который выкинулъ механизмъ, сближающій угли. Въ его лампѣ сближеніе углей достигается тѣмъ, что стержень, держащій верхній уголь, обладаетъ значительной тяжестью, такъ что, когда его освободить якорь электро-

магнита, онъ самъ падаетъ и въ тоже время своимъ паденіемъ поднимаетъ нижній уголь.

При дальнѣйшемъ развитіи дуговыхъ лампъ выкинули и второй часовой механизмъ и вмѣсто него воспользовались движущей силой тока. Простѣйшій примѣръ регуляторовъ такого рода представляется лампа *Жаспара*, изображенная на рис. 174. Къ нижней части стержня, держащаго верхній уголь, привязанъ шнурокъ, который перекинутъ черезъ колесо и закрѣпленъ на его ободѣ, такъ что при движеніи внизъ этого стержня колесо начинаетъ вращаться. На оси послѣдняго насажено второе колесико, на ободѣ котораго находится такой же шнурокъ, прикрѣпленный къ нижней части стержня, держащаго нижній уголь. Вслѣдствіе такого устройства, при надлежащемъ положеніи шнурковъ на колесахъ, движенія обоихъ стержней могутъ быть связаны такъ, что, когда верхній стержень движется вверхъ, нижній движется внизъ и наоборотъ. Нижняя часть стержня, держащаго нижній уголь, сдѣлана изъ желѣза и погружена въ катушку, по которой приходитъ токъ. Эта катушка стремится втянуть въ себя желѣзо; этимъ и воспользовался изобрѣтатель при устройствѣ своей лампы. Когда токъ не проходитъ, верхній уголь вслѣдствіе тяжести стержня опускается до соприкосновенія съ нижнимъ углемъ. Если теперь пустить токъ, то его сила при соприкасающихся угляхъ будетъ наибольшая, и катушка втянетъ въ себя съ наибольшей силой желѣзный конецъ нижняго стержня. При этомъ нижній уголь подвинется внизъ, а его движеніе при помощи шнурковъ передастся верхнему углю, который поднимется, и концы углей разойдутся. При этомъ появится вольтова дуга. При расхожденіи углей сопротивление въ дугѣ увеличивается, а вмѣстѣ съ тѣмъ уменьшается сила тока и втягивающее дѣйствіе катушки; это можетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока вѣсъ верхняго стержня не уравновѣситъ втягивающаго дѣйствія катушки; тогда расхожденіе углей остановится. Послѣ этого лампа горитъ устойчиво до тѣхъ поръ, пока не обгорятъ угли и сила тока не уменьшится настолько, что верхній стержень преодолѣетъ своей тяжестью втягивающее дѣйствіе катушки, и опустится вслѣдствіе этого. Тогда угли сблизятся, сила тока повысится и снова наступитъ равновѣсіе между втягивающей силой катушки и вѣсомъ стержня, т. е. разстояніе между углями снова достигнетъ нормальной величины.

### Регуляторъ д'Аршеро.

Къ числу регуляторовъ настолько простаго устройства, что они могутъ быть изготовлены любителемъ, относится регуляторъ д'Аршеро.

Этот регулятор хорошъ для производства опытовъ и для кратковременнаго освѣщенія, но онъ не годится для постояннаго дѣйствія и потому не имѣетъ промышленнаго значенія. На основаніи, состоя-

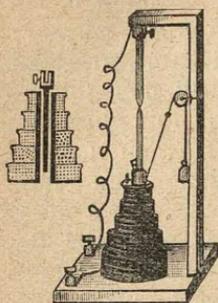


рис. 175.

щемъ изъ деревянной доски (см. рис. 175), установлена вертикальная стойка глаголемъ. На горизонтальномъ плечѣ этой стойки укрѣпляется при помощи металлической оправы одинъ изъ угольных стержней. Другая мѣдная оправа, для укрѣпленія нижняго угля, надѣта на желѣзный круглый пруть, длиною въ 15 сант. и діаметромъ въ 1 см. На картонной трубкѣ, длиною въ 15 см. и такого діаметра, чтобы желѣзный пруть входилъ въ нее съ легкимъ треніемъ, сдѣлана обмотка изъ изолированной мѣдной проволоки длиною въ 20 метровъ и отъ 1,5 до 2 мм. въ діаметрѣ. Обмотка

эта сдѣлана уступами широкимъ концомъ внизъ, и одинъ изъ ея концовъ присоединенъ къ зажиму на основной доскѣ, а другой конецъ соединенъ съ нижнимъ углемъ, посредствомъ мѣдной пружины, которая *прилепаетъ* къ углю. Другой зажимъ соединенъ проводомъ съ верхнимъ углемъ. Отъ оправы нижняго угля идетъ шнурокъ, перекинутый черезъ небольшой блокъ; къ концу этого шнура привязанъ грузъ, уравновѣшивающій угольный стержень и поднимающій его въ то время, когда токъ не проходитъ черезъ обмотку ступеньчатой катушки. Лишь только токъ проходитъ черезъ катушку, она стремится втянуть въ себя желѣзный пруть и такимъ образомъ удалить нижній уголь отъ верхняго. Чтобы регуляторъ могъ правильно производить это дѣйствіе при данномъ проходящемъ черезъ него токѣ, необходимо опредѣлить величину противовѣса посредствомъ непосредственнаго опыта.

Мы ограничимся рассмотрѣніемъ вышеописанныхъ лампъ и замѣтимъ только, что главнымъ ихъ недостаткомъ служить то обстоя-

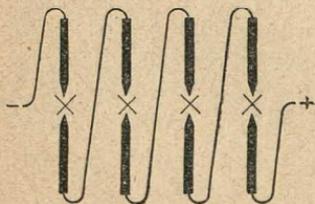


рис. 176

тельство, что онѣ не могутъ горѣть по нѣскольку въ общей цѣпи и потому не пригодны для всѣхъ случаевъ электрическаго освѣщенія. Во многихъ случаяхъ при установкахъ электрическаго освѣщенія бываетъ желательно, чтобы нѣсколько лампъ горѣло, получая токъ отъ одной общей машины. Въ этихъ случаяхъ лампы могутъ быть введены въ цѣпь, какъ мы знаемъ, двоя-

кимъ образомъ: ихъ можно соединить либо *последовательно*, либо *параллельно*. На рис. 176 изображены схематически четыре лампы, вклю-

ченныя послѣдовательно; на рисункѣ изображены четыре пары углей, а между концами углей вольтовы дуги обозначены посредствомъ крестиковъ. Рис. 177 изображаетъ тѣ же четыре лампы, включенныя параллельно. Современная техника нашла удобнымъ устраивать лампы съ вольтовой дугой двухъ типовъ, изъ которыхъ одинъ пригоденъ для послѣдовательнаго включенія лампъ въ одну общую цѣпь, а лампы другого типа могутъ быть включаемы въ общую цѣпь параллельно. Достигнута также возможность включенія въ одну общую цѣпь вмѣстѣ съ лампочками накаливанія также и лампъ съ вольтовыми дугами. Этимъ путемъ разрѣшена была задача *раздробленія электрическаго свѣта*, такъ какъ теперь можно включать въ цѣпь лампы разной силы свѣта, какъ дуговые, такъ и лампочки накаливанія. Это положеніе дѣла было достигнуто не сразу, а лишь постепенно, при чемъ переходными ступенями оказались *свѣчи Яблочкова* и *лампы съ полунакаливаніемъ*. Къ разсмотрѣнію этихъ приборовъ мы теперь и обратимся.

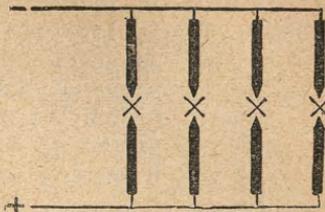


рис. 177.

### Свѣчи Яблочкова.

*Свѣчи Яблочкова* относятся къ типу лампъ, включаемыхъ въ одну общую цѣпь послѣдовательно. Однимъ изъ средствъ, дающихъ возможность регулировать послѣдовательно включенныя лампы, является сохраненіе неизмѣннаго *разстоянія* между концами углей. *Яблочковъ* достигъ этого въ своихъ свѣчахъ, не прибѣгая ни къ какимъ механизмамъ, *устранивъ при этомъ всякое движеніе угольныхъ стержней*. Эти изобрѣтеніе дало первое рѣшеніе задачи раздѣленія электрическаго свѣта.

Если поставить два угля не другъ противъ друга, какъ въ регуляторахъ, а параллельно и устроить такъ, чтобы дуга могла образоваться только между ихъ свободными концами, то мы получимъ приспособленіе, въ которомъ сохраняется разстояніе между концами углей и вмѣстѣ съ тѣмъ устранено ихъ движеніе. Какъ ни простою кажется идея такого приспособленія, но тѣмъ не менѣе его выполненіе въ рациональной формѣ стоило большого труда. Изобрѣтеніе такой *электрической свѣчи* принадлежитъ извѣстному русскому электротехнику *П. Н. Яблочкову* \*), который такимъ образомъ первый

\*) Павелъ Николаевичъ Яблочковъ родился въ 1847 г. Первоначальное образованіе получалъ въ Саратовской гимназій, затѣмъ воспитывался въ Николаевскомъ

далъ возможность включать источники свѣта послѣдовательно въ одну общую цѣпь.

Свѣча Яблочкова состоитъ изъ двухъ угольныхъ стержней діаметромъ въ 4 мм. (см. рис. 178), расположенныхъ параллельно и разведенныхъ узкой пластинкой изъ бѣлаго изолирующаго вещества, которое носило названіе *коломбина* (colombin). Главное назначеніе этого вещества состоитъ въ томъ, чтобы не дозволить вольтовой дугѣ образовываться между углями нигдѣ, кромѣ верхнихъ ихъ концовъ. Для нахождения надлежащаго состава изолятора пришлось сдѣлать много изысканій, такъ какъ эта изолировка должна была удовлетворять многимъ условіямъ. Необходимо, чтобы въ холодномъ состояніи изоляторъ представлялъ собою хорошее изолирующее вещество, а при температурѣ вольтовой дуги проводилъ токъ настолько хорошо, чтобы обезпечивать образованіе дуги именно вверху у концовъ углей. Кромѣ

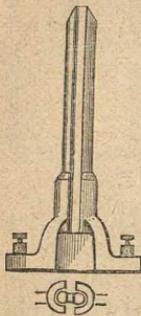


рис. 178.

того изоляторъ долженъ былъ сгорать одновременно съ угольными стержнями. Изъ опытовъ было найдено, что лучше всего изготовлять изоляторъ изъ смѣси сѣрнокислой извести и сѣрнокислаго барита; этой смѣси легко придавать соотвѣтствующую форму, а при температурѣ вольтовой дуги она плавится и обращается въ пары. Такимъ образомъ было достигнуто, что по мѣрѣ того, какъ обгорали сверху угли, изолирующій слой плавился и испарялся, такъ что на концѣ свѣчи концы углей всегда выступали на нѣсколько миллиметровъ поверхъ изолировки.

Инженерномъ Училищѣ, откуда и былъ выпущенъ подпоручикомъ въ саперный батальонъ Кіевской бригады. Вскорѣ онъ вышелъ въ отставку и поступилъ на телеграфную службу въ Общество Московско-Курской желѣзной дороги.

Будучи на службѣ желѣзной дороги, П. Н. заинтересовался электротехникой и занялся разработкой вопроса о распредѣленіи электрической энергіи, стараясь найти способъ, который далъ бы возможность приводить въ дѣйствіе нѣсколько дуговыхъ лампъ, находящихся въ одной цѣпи, помощью одной лишь машины. Результатомъ его трудовъ и была извѣстная электрическая свѣча, разрѣшавшая вопросъ о дробленіи свѣта, и простота конструкции которой, казалось, не оставляла желать ничего лучшаго.

Отправившись со своимъ изобрѣтеніемъ въ Москву и Петербургъ, Яблочковъ не нашелъ поддержки среди русскихъ капиталистовъ. Гостепріимной страной для него оказалась Франція, гдѣ быстро сообразили гениальную простоту его изобрѣтенія и гдѣ безъ замедленія образовалось Общество для эксплуатаціи электрической свѣчи. Дальнѣйшее распространеніе свѣча нашла сперва въ Англіи, а затѣмъ уже и въ Россіи.

Почти всю остальную часть своей жизни П. Н. прожилъ въ Парижѣ, постоянно занимаясь разработкой электротехническихъ вопросовъ. Скончался П. Н. все-же на родинѣ, именно въ Саратовѣ, 19 Марта 1894 г. отъ болѣзни сердца.

Такъ какъ оба угля изолированы другъ отъ друга, то для зажженія свѣчи, т. е. появленія между концами углей вольтовой дуги, угольные острія соединялись *запаломъ*. Запаль этотъ получался путемъ обмакиванія конца свѣчи въ тѣсто, составленное изъ угольнаго порошка съ какимъ-либо клейкимъ веществомъ. При пропусканіи тока, запаль быстро сторалъ и на его мѣстѣ устанавливалась вольтова дуга.

Изобрѣтеніе Яблочкова обратило на себя общее вниманіе въ 1877 году, когда была устроена первая установка для уличнаго освѣщенія на Avenue de l'Oréga въ Парижѣ. Всемирная выставка, открывшаяся въ слѣдующемъ за тѣмъ году, дала возможность многимъ электротехникамъ и предпринимателямъ познакомиться съ этимъ способомъ освѣщенія. Можно сказать, что только съ этого времени дѣйствительно наступилъ періодъ техническихъ примѣненій сильныхъ токовъ для освѣщенія.

Въ настоящее время свѣчи Яблочкова уже устарѣли и почти вышли изъ употребленія. Причина этому заключается въ нѣсколькихъ свойственныхъ имъ недостаткахъ. Прежде всего слѣдуетъ замѣтить, что онѣ требуютъ исключительно переменнаго тока, такъ какъ скорость горѣнія положительнаго и отрицательнаго углей при постоянномъ токѣ неодинакова и необходимо было-бы положительный уголь дѣлать толще, чтобы скорости укорачиванія углей при горѣніи были одинаковы. Достигнуть одинаковой скорости горѣнія при помощи угольныхъ стержней неодинаковой толщины очень трудно, такъ какъ и при правильномъ расчетѣ ихъ размѣровъ невозможно предвидѣть всѣхъ обстоятельствъ, ускоряющихъ или замедляющихъ горѣніе. Яблочковъ поэтому пользовался для своихъ свѣчей переменнымъ токомъ, при которомъ полюсы углей быстро мѣняются, и этимъ достигалась одинаковая скорость горѣнія. Необходимости имѣть переменный токъ удовлетворило появленіе машины переменнаго тока *Грамма* \*). Въ тѣ времена машины переменнаго тока считались менѣе совершенными сравнительно съ машинами постояннаго тока, такъ какъ онѣ требовали особой машины для возбужденія электромагнитовъ, а потому, хотя и несправедливо, ставили въ вину свѣчамъ то, что онѣ требуютъ переменный токъ. Гораздо существеннѣе тотъ ихъ недостатокъ, что онѣ горятъ очень быстро, такъ что свѣча средней величины (діам. угольковъ 4 мм., длина ихъ 20 см.) сгораетъ почти въ два часа. Поэтому, напр., для восьмичасоваго освѣщенія, приходилось помѣщать въ лампу по четыре свѣчи (см.

\*) Описаніе машины Грамма будетъ помѣщено ниже въ главѣ XIII.

рис. 179) и устраивать самодѣйствующій коммутаторъ для того, чтобы зажигать новую свѣчу взамѣвъ сгорѣвшей. Къ числу существенныхъ недостатковъ надо причислить еще и то обстоятельство,

что въ случаѣ, если погаснетъ внезапно одна изъ свѣчей, токъ прервется вполне и погаснутъ всѣ остальные свѣчи, находящіяся въ той-же цѣпи. Кроме того, можно еще упомянуть о колебаніяхъ въ силѣ и въ окраскѣ свѣта.

Свѣча Яблочкова съ углями въ 4 мм. затрачивала при горѣніи 1 лощ. силу и давала силу свѣта отъ 45 до 50 карселей, т. е. отъ 350 до 400 нормальныхъ свѣчей.

Послѣ появленія свѣчи Яблочкова явились болѣе или менѣе удачныя ей подражанія, которыя тоже представляютъ теперь лишь историческій интересъ, такъ какъ на практикѣ эти приборы не удержались. Къ нимъ относятся свѣчи—регуляторы Вильде и Жамена и т. д., изъ которыхъ остановимся на интересной по своей идеѣ свѣчѣ Жамена.

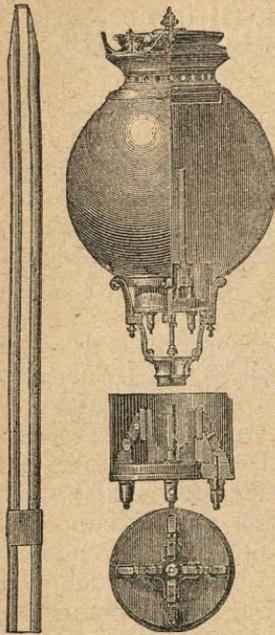


рис. 179.

прижимаются другъ къ другу посредствомъ слабой пружины. Уда-

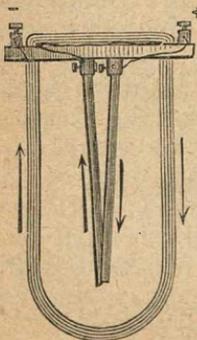


рис. 180.

Въ свѣчѣ-регуляторѣ Жамена угли, не отдѣленные другъ отъ друга изолировкой, удаляются же концовъ углей въ приборѣ Жамена происходитъ на основаніи слѣдующаго электродинамическаго закона: «Токи одного направленія, если они параллельны или направлены оба къ вершинѣ образуемаго ими угла, или же отъ вершины его, взаимно притягиваются. Токи, направленные противоположно, взаимно отталкиваются».

На рис. 180 изображенъ приборъ, устроенный Жаменомъ. Къ деревянной доскѣ укрѣплены снизу два угольныхъ стержня; изъ нихъ одинъ неподвиженъ, а другой можетъ быть поворачиваемъ вокругъ шарнира и нажимается на неподвижный уголь слабою пружиной. Одинъ изъ зажимовъ (правый) соединенъ съ оправой угля,

### Свѣча-регуляторъ Жамена.

другой же (лѣвый) соединенъ съ концомъ мѣдной изолированной проволоки, длиною въ 30 метровъ и отъ 0,3 до 0,4 мм. въ діаметрѣ. Эта проволока, согнутая въ нѣсколько оборотовъ, составляетъ родъ рамки около углей и находится съ ними въ одной и той же вертикальной плоскости. Для приданія этой проволочной рамкѣ устойчивости она обмотана бумагой и затѣмъ хорошо лакирована. Другой конецъ мѣдной проволоки присоединенъ къ оправѣ неподвижнаго угля. Токъ, входящій въ правый зажимъ, проходитъ по правому (подвижному) углю въ лѣвый (неподвижный), затѣмъ идетъ по оборотамъ рамки къ лѣвому зажиму и оттуда возвращается къ динамо-машинѣ. Стрѣлки указываютъ на то, что токъ протекаетъ по углямъ въ различномъ направленіи и потому они взаимно отталкиваются. Это отталкиваніе усиливается тѣмъ притяженіемъ, которое оказываютъ вертикальныя части рамки на соотвѣтствующіе угли. Напротивъ того дугообразная вершина рамки стремится сблизить угли и въ тоже время содѣйствуетъ сохраненію положенія вольтовой дуги на нижнихъ концахъ углей.

Такъ какъ въ приборѣ Жамена вольтова дуга находится внизу, то сила свѣта, направленнаго внизъ, гораздо больше, чѣмъ у свѣчей Яблочкова и Вильде, освѣщающихъ больше вверхъ, чѣмъ внизъ. Кроме того при угляхъ, обращенныхъ внизъ, пламя вольтовой дуги, обладающее очень высокой температурой, содѣйствуетъ нагрѣванію концовъ углей, черезъ что увеличивается сила испускаемаго ими свѣта.

Приборъ Жамена требуетъ тоже примѣненія переменнаго тока, что для любителей неудобно, такъ какъ вызываетъ необходимость въ динамо-машинѣ.

Въ заключеніе упомянемъ еще о лампѣ-солнце.

### Л а м п а - с о л н ц е .

Устройство лампы-солнце, придуманной русскимъ электротехникомъ Рѣпьевымъ, крайне просто. Свѣтъ, испускаемый этой лампой, очень постояненъ и обладаетъ красноватымъ оттѣнкомъ, который для глазъ пріятнѣе синеватаго оттѣнка свѣта одной вольтовой дуги. Свѣтъ лампы-солнце можно сравнить съ Друмондовымъ свѣтомъ, тѣмъ болѣе, что и въ ней лучи направлены лишь въ одну сторону.

Куску мрамора придаютъ форму усѣченного конуса (см. рис. 181), сперва обколовъ его, а затѣмъ обтачивая на токарномъ станкѣ. Размѣры этому конусу придаютъ слѣдующіе: высота 10 см., діаметръ основаній—5 и 3 см. По двумъ направляющимъ конуса,

находящимся въ одной и той же плоскости, просверливаютъ два отверстия такъ, чтобы они отстояли другъ отъ друга внизу на 2—3 мм.

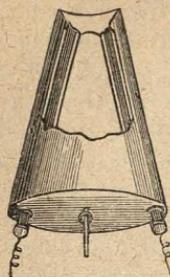


рис. 181.

Въ нижнемъ (меньшемъ) основаніи конуса дѣлаютъ небольшое углубленіе съ закраинами, чтобы угли могли бы на нихъ опираться. Въ просверленные отверстия вставляются угольные стержни, которые благодаря своему собственному вѣсу и спускаются внизъ по мѣрѣ сторанія. Для первоначальнаго установленія дуги нужно къ нижнимъ концамъ углей придѣлать запаль, подобный запалу свѣчей Яблочкова.

### Лампы съ полунакаливаніемъ.

На ряду со стремленіемъ найти способы включать дуговые лампы послѣдовательно, явилось стремленіе найти средство уменьшать силу свѣта лампъ по произволу. Результатомъ этого появились такъ называемыя лампы съ полунакаливаніемъ, которыя занимаютъ переходное положеніе между дуговыми лампами и лампами накаливанія.

Если уменьшать площадь поперечнаго сѣченія положительнаго угля, увеличивая въ то же время площадь поперечнаго сѣченія угля отрицательнаго, то послѣдній накаливается все менѣе и менѣе, между тѣмъ какъ нагрѣваніе положительнаго угля все усиливается. Если при этомъ сблизать угли, то размѣры вольтовой дуги становятся все меньше и меньше и наконецъ при соприкосновеніи углей свѣтъ будетъ получаться только отъ накаливанія болѣе тонкаго положительнаго угля. На этомъ принципѣ было построено нѣсколько лампъ, которыя нашли себѣ нѣкоторое, хотя и ограниченное примѣненіе. Появленіе лампъ накаливанія быстро вывело изъ употребленія такого рода приспособленія и теперь они встрѣчаются только въ физическихъ кабинетахъ, какъ приборы для лекцій.

Чтобы дать понятіе объ устройствѣ лампъ съ полунакаливаніемъ, мы опишемъ лампу Вердермана и ея видоизмѣненія.

### Лампа Вердермана.

На рис. 182 А есть отрицательный уголь, состоящій изъ круглой угольной пластинки, толщиною въ 2 см. и діаметромъ въ 4 см. Въ эту пластинку А упирается снизу въ вертикальномъ направленіи положительный угольный стержень В, діаметромъ отъ 1—3 мм. Угольная пластинка А заключена въ мѣдную или латунную оправу

D, которая укрѣпляется на хорошо изолированной отъ корпуса лампы стойкѣ E. Направляющій колпачекъ C снабженъ справа пружинкой, которая постоянно нажимаетъ на уголекъ B. Положительный угольный стержень V помѣщается въ трубкѣ, и при посредствѣ двухъ шнуровъ, перекинутыхъ черезъ неподвижные ролики, и груза, поднимается вверхъ, такъ что верхній конецъ угля B слегка нажимаетъ на пластинку A.

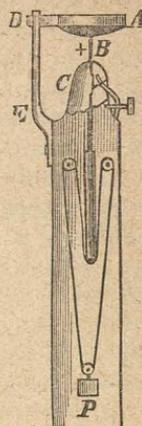


рис. 182.

Дѣйствіе груза P можетъ быть замѣнено подъемной силой воды. Цилиндрической сосудъ изъ латуни или никелированного цинка, высотой сантим. въ 40 и діаметромъ отъ 6—8 см., наполняютъ до известной высоты водой (см. рис. 183). Въ этотъ цилиндръ помѣщаютъ пробку съ діаметромъ нѣсколько меньшимъ, сравнительно съ діаметромъ самого цилиндра. Въ пробкѣ укрѣпляютъ латунную оправу, съ входящимъ въ нее тонкимъ угольнымъ стержнемъ B, поставленнымъ вертикально. Этотъ уголекъ проходитъ съ легкимъ треніемъ черезъ другую латунную оправу C, укрѣпленную въ металлической крышкѣ цилиндра. Эта оправка служитъ для уголька направляющей и въ то же время для передачи ему тока, входящаго черезъ зажимъ p+, соединенный съ положительнымъ полюсомъ источника тока. На крышкѣ сосуда діаметрально противоположно зажиму p+ ввинчивается стойка D, изъ дерева или рогового каучука, длиною въ 3—4 см. Въ эту стойку ввинчиваютъ сверху мѣдную или латунную проволоку, служащую для поддержки отрицательнаго зажима p— и соответствующей ему угольной пластинки A. Для регулировки подъемной силы воды пробка, находящаяся внутри сосуда на поверхности воды, нагружается соответствующимъ грузомъ. Подобная лампа можетъ служить для опытовъ и ее безъ особеннаго труда можетъ изготовить и любитель.

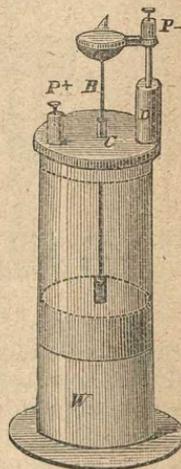


рис. 183.

### Дифференціальныя лампы съ вольтовой дугой.

Ознакомивъ читателя вкратцѣ съ приборами переходной эпохи, перейдемъ къ описанію лампъ, употребляемыхъ въ современной техникѣ.

Вскорѣ послѣ появленія свѣчи Яблочкова другимъ изобрѣтателямъ удалось построить такой регуляторъ, въ которомъ угольные стержни приближаются другъ къ другу по мѣрѣ сгорания, причѣмъ каждая лампа независима отъ другихъ. Достигли этого тѣмъ, что дали лампѣ возможность регулироваться всегда на одинаковое сопротивленіе вольтовой дуги. Если при такихъ лампахъ напряженіе у динамо-машины поддерживается постояннымъ, то у каждой лампы будетъ также постоянное напряженіе у вольтовой дуги и постоянное разстояніе между концами углей. Для этой цѣли лампа устраивается такимъ образомъ, что при *увеличеніи напряженія* угли стремятся *сблизиться*, а при *увеличеніи силы тока*—*разойтись*.

Мы не имѣемъ здѣсь въ виду описать всѣ разнообразныя виды дифференціальныя лампы, но дадимъ лишь понятіе о самомъ принципѣ, на основаніи котораго эти лампы устроены.

На схематическомъ рис. 184 видно, что нижній (отрицательный)

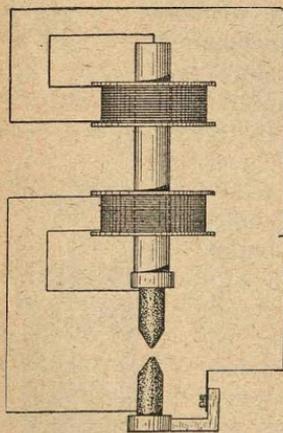


рис. 184.

уголь закрѣпленъ неподвижно, а другой (положительный) вставленъ въ желѣзный стержень. Около этого стержня расположены двѣ катушки, изъ которыхъ верхняя обмотана толстой проволокой. По этой катушкѣ проходитъ главный токъ, т. е. тотъ, который производитъ вольтову дугу. Для этой цѣли одинъ конецъ катушки соединенъ съ положительнымъ полюсомъ динамо-машины, а другой съ желѣзнымъ стержнемъ. Такимъ образомъ токъ идетъ черезъ катушку къ подвижному углю, оттуда черезъ вольтову дугу въ неподвижный уголь и изъ послѣдняго опять въ динамо-машину. Нижняя катушка обмотана большимъ числомъ оборотовъ тонкой проволоки; одинъ конецъ ея обмотки соединенъ съ подвижнымъ углемъ, а другой—съ неподвижнымъ. При такомъ устройствѣ, чѣмъ больше будетъ напряженіе у вольтовой дуги, т. е. между концами углей или, что одно и то же, на концахъ обмотки второй катушки, тѣмъ сильнѣе будетъ и токъ, проходящій по этой катушкѣ. Выше было уже указано, что катушка, по которой проходитъ токъ, стремится втянуть въ себя вставленный въ нее подвижной желѣзный стержень. Такимъ образомъ верхняя катушка, введенная въ главную цѣпь, будетъ стремиться двигать стержень вверхъ, а нижняя катушка, введенная въ ствѣтвленіе,—внизъ.

Теперь представимъ себѣ, что угли соприкасаются, и пропустимъ

черезъ нихъ токъ. Такъ какъ между концами углей имѣется въ этотъ моментъ только ничтожное сопротивленіе и слѣдовательно нѣтъ почти никакой разности напряженій, то токъ въ катушкѣ отвѣтвленія почти равенъ нулю, поэтому она не дѣйствуетъ на желѣзный сердечникъ, а катушка въ главной цѣпи тянетъ уголь вверхъ. Вслѣдствіе этого угли расходятся, появляется вольтова дуга и напряженіе у послѣдней начинаетъ возрастать съ увеличеніемъ разстоянія между концами углей. При этомъ усиливается дѣйствіе катушки въ отвѣтвленіи и наконецъ наступаетъ такой моментъ, когда дѣйствія обѣихъ катушекъ сдѣлаются равными. Тогда верхняя катушка не можетъ больше оттягивать стержня вверхъ и онъ остается неподвижнымъ. Но скоро разстояніе между углями увеличивается отъ обгорания и напряженіе у вольтовой дуги возрастаетъ; вмѣстѣ съ тѣмъ усиливается дѣйствіе катушки въ отвѣтвленіи, которое теперь пересиливаетъ дѣйствіе катушки въ главной цѣпи и потому оттягиваетъ желѣзный стержень внизъ до тѣхъ поръ, пока напряженіе не упадетъ до равенства дѣйствій обѣихъ катушекъ.

Это примѣненіе двухъ катушекъ, въ главной цѣпи и въ отвѣтвленіи, дѣйствія которыхъ противоположны, дало поводъ назвать лампу *дифференціальною*. Въ первый разъ принципъ дифференціального регулированія дуговыхъ лампъ былъ примѣненъ русскимъ электротехникомъ *В. Н. Чиковымъ*, а одновременно и нѣмецкимъ—*Геснеръ-Алтенеконъ*.

### Дуговые лампы для параллельнаго соединенія.

Описанныя до сихъ поръ дифференціальныя и другія лампы предназначены главнымъ образомъ для послѣдовательнаго соединенія. Вскорѣ послѣ появленія дифференціальныхъ лампъ нѣмецкій электротехникъ *Гюльгеръ* изобрѣлъ такую дуговую лампу, при которой нѣсколько лампъ могутъ дѣйствовать отъ одной машины, но не при послѣдовательномъ, а при параллельномъ соединеніи. Кромѣ того отъ одной и той же машины оказалось возможнымъ дѣйствовать одновременно дуговымъ лампамъ и лампамъ накаливанія, что тогда было замѣчательной новостью. Лампа Гюльхера регулируется на постоянную силу тока, а потому, когда нѣсколько такихъ лампъ должны горѣть въ одной цѣпи, то ихъ можно вводить въ послѣднюю параллельно. Въ этомъ случаѣ каждая лампа беретъ отъ имѣющагося тока лишь такую часть, какая ей требуется для горѣнія, а потому регулированіе другихъ лампъ не нарушается.

Чтобы выяснитъ основаніе устройства лампы Гюльхера приво-

димъ на рис. 185 схематическое изображеніе этой лампы. Оба угледержателя *o* и *v* соединены между собою колесомъ со шнурами и, освобождаясь, двигаются вслѣдствіе перевѣшивания стержня *o*, при чемъ ихъ угли сближаются.

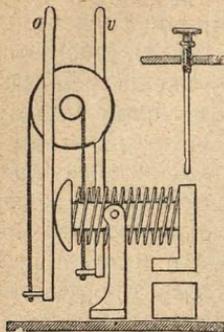


рис. 185.

Железный стержень *o* прилегаетъ къ полюсу электромагнита, который сдѣланъ поворотнымъ около своей середины. Главный токъ, проходя по этому магниту, задерживаетъ стержень *o*, но одновременно другой полюсъ электромагнита притягивается кускомъ желѣза, расположеннымъ подъ этимъ полюсомъ, и опускается книзу. Другой полюсъ, а вмѣстѣ съ нимъ и стержень *v*, перебѣщается кверху и концы углей расходятся. Вслѣдствіе этого достигается такое положеніе, при которомъ избытокъ вѣса стержня *o* уравновѣшивается притяженіемъ якоря. Когда угли обгорятъ, притяженіе между электромагнитомъ и кускомъ желѣза ослабѣваетъ и стержень *o* опускается. Когда лѣвый полюсъ достигнетъ своего самаго низкаго положенія, то при дальнѣйшемъ ослабленіи тока происходитъ разобщеніе и стержень *o* свободно опускается.

ослабѣваетъ и стержень *o* опускается. Когда лѣвый полюсъ достигнетъ своего самаго низкаго положенія, то при дальнѣйшемъ ослабленіи тока происходитъ разобщеніе и стержень *o* свободно опускается.

### Выдѣлка углей для дуговыхъ лампъ.

Въ то время, когда электрическій свѣтъ былъ рѣдкостью и служилъ только для случайныхъ демонстрацій, угольные палочки, какія употребляются въ дуговыхъ лампахъ, вырѣзались изъ ретортнаго угля. Но этотъ матеріалъ можетъ доставлять только короткія палочки, такъ какъ онъ получается въ видѣ тонкихъ неправильныхъ пластинокъ. Кромѣ того ретортный уголь трудно поддается обработкѣ и содержитъ нечистоты, которыя дѣлаютъ свѣтъ неровнымъ. Этого матеріала теперь могло бы даже и не хватить, такъ какъ ежедневно горитъ можетъ быть около милліона дуговыхъ лампъ, а между тѣмъ правильныхъ кусковъ, изъ которыхъ можно было бы прямо выпиливать угли для дуговыхъ лампъ, встрѣчается сравнительно очень мало. Поэтому явилась необходимость приготовить массу для углей искусственно и формовать угли изъ нея. Вслѣдствіе этого начали готовить угли искусственно по способу, указанному Бузеномъ. При этомъ тонко измолотый ретортный уголь, составляющій основное вещество для полученія искусственныхъ углей, обращается при помощи надлежащихъ примѣсей въ пластичную массу, изъ которой механически формуется круглыя палочки. При помощи прокаливанія придаютъ мягкимъ палочкамъ твердость и крѣпость.

Ретортный уголь представляетъ изъ себя матеріаль совѣмъ не однородный и потому его приходится тщательно сортировать для выдѣлки изъ него углей. Сначала ретортный уголь очищается въ ручную, а затѣмъ механически обрабаютъ его въ грубый порошокъ; далѣе на мельницѣ особаго устройства мелютъ его въ тончайшій порошокъ, который послѣ прибавки сажи и газовой смолы, перерабатываютъ на особой машинѣ въ нѣсколько пластичную массу. Затѣмъ это вещество обрабатывается мѣсильной машиной и она образуетъ тогда однородную, мало связную при обыкновенномъ давленіи массу, которая получаетъ пластичность только при высокомъ давленіи.

Изъ такимъ образомъ подготовленнаго матеріала и отпрессовываются угольные палочки. Первоначально этотъ процессъ производится при сравнительно небольшомъ давленіи, а теперь для формованія углей требуется прессованіе при давленіи въ нѣсколько сотенъ атмосферъ съ помощью гидравлическаго пресса.

Поршень, двигающійся взадъ и впередъ въ цилиндрѣ наполненномъ массой, выжимаетъ на другомъ концѣ изъ мундштука угольную массу въ видѣ длиннаго круглаго стержня. Какъ только послѣдній достигнетъ надлежащей длины, около одного метра, его отламываютъ и откатываютъ по наклонной доскѣ стола, находящагося возлѣ пресса, къ другимъ уже готовымъ палочкамъ.

Собранныя палочки разрѣзаются тонкимъ длиннымъ ножомъ на куски желаемаго размѣра, связываются въ пучки въ опредѣленномъ числѣ и кладутся въ угольномъ порошокѣ въ печь для обжиганія. Последнее имѣетъ цѣлью придать углямъ необходимую твердость, при чемъ газовая смола массы разлагается при калильномъ жарѣ, а именно ея углеводороды распадаются на водородъ и углеродъ, изъ которыхъ первый уходитъ вонъ, а второй осаждается въ видѣ графито-образной массы и связываетъ между собой мелкія частицы ретортнаго угля.

Обжиганіе производится въ кольцеобразной печи со множествомъ камеръ, которыя бываютъ въ дѣйствиі попеременно, одна за другой. Нагрѣваніе производится газомъ и обжигъ происходитъ безъ доступа воздуха.

По окончаніи обжиганія углей ихъ вынимаютъ, распаковываютъ и сперва испытываютъ, не изогнулись ли они; для этого даютъ имъ катиться по наклонной желѣзной плитѣ. Если какая либо палочка оказывается очень сильно погнутой, то она не катится и тѣмъ сразу обнаруживаетъ свой недостатокъ. При незначительномъ искривленіи палочка не теряетъ способности катиться, но на концѣ плиты ей приходится проходить еще чрезъ пробное отверстіе, которое образуетъ желѣзная линейка, расположенная параллельно плитѣ. Щель между

плитой и нижней кромкой линейки дѣлается какъ разъ такой ширины, какой долженъ быть діаметръ у угольныхъ палочекъ; изогнутый уголь очевидно не можетъ прокатиться черезъ отверстіе и задержится линейкой; его отбрасываютъ и подвергаютъ снова перемалыванію.

Палочки, выдержавшія испытаніе, опиливаются на шлифовальномъ камнѣ для заостренія концовъ и затѣмъ онѣ готовы къ употребленію.

Намъ остается теперь описать еще, какъ выдѣлываются *угли съ сердечникомъ*. Они представляютъ собою угольные палочки съ болѣе мягкимъ центральнымъ сердечникомъ или *свѣтильней*, какъ иногда выражаются. Употребленіемъ сердечника имѣютъ въ виду достигнуть равномернаго во все стороны обгоранія углей и устранить переходеніе вольтовой дуги съ одной стороны на другую, какое бываетъ часто при неравнобѣрномъ обгораніи. Выдѣлка углей вообще такая же, какую мы уже описали, но только палочки при выдавливаніи снабжаются центральными отверстіями, которые получаютъ при помощи центрального шпенька, вставленнаго въ отверстіе пресса.

«Свѣтильня» вставляется послѣ производства обжиганія. Для этого служитъ небольшой ручной прессъ, изображенный на рис 186. Въ его выпускное отверстіе сбоку вставляется трубкообразный уголь и вращеніемъ маховика производится давленіе на массу въ цилиндрѣ. Эта масса выдавливается изъ цилиндра въ отверстіе угля и наполняетъ весь каналъ. Затѣмъ уголь поступаетъ въ сушильню, гдѣ нагреваніемъ удаляютъ изъ свѣтильни влажныя составныя части; по выходѣ изъ сушильни угли готовы для употребленія.

Способы производства углей для дуговыхъ лампъ подобны на всѣхъ заводахъ тѣмъ, которые описаны здѣсь. Различія заключаются не столько въ способъ выдѣлки, сколько въ выборѣ и приготовленіи матеріала, въ его обработкѣ при прессованіи и при обжиганіи. Эти особенности выработаны самими заводами и, конечно, удерживаются ими въ секретѣ.

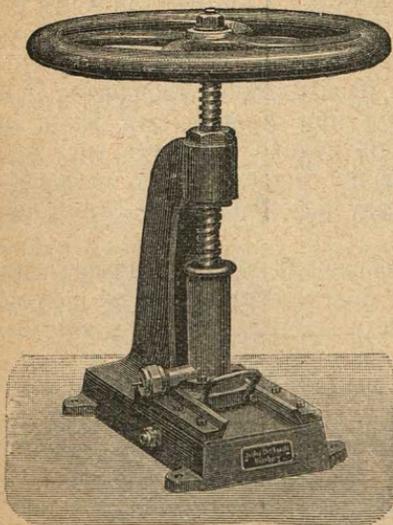


рис. 186.

## Обція замѣчанія относительно углей.

Тонкіе угли даютъ болѣе свѣта сравнительно съ болѣе толстыми, но за то скорѣе и стораютъ. Вслѣдствіе этого необходимо придерживаться извѣстныхъ среднихъ размѣровъ и согласовать толщину углей съ силою тока. Расходу энергіи въ 100 уаттъ соотвѣтствуетъ сгораніе въ часъ 2 граммовъ угольныхъ палочекъ.

На угли осаждаютъ иногда электролитическимъ путемъ металлическую мѣдь; прочность и продолжительность горѣнія такихъ углей съ облицовкой больше, чѣмъ обыкновенныхъ.

Въ дуговыхъ лампахъ, дѣйствующихъ *постояннымъ токомъ*, за верхній положительный уголь берутъ уголь съ облицовкой, а за нижній — однородный уголь. Примѣненіе углей съ облицовкой (и съ сердечникомъ) дѣлаетъ свѣтъ болѣе ровнымъ и безшумнымъ. Для повышенія силы свѣта выгодно брать нижній уголь тоньше верхняго, послѣдній выбираютъ по имѣемой въ виду продолжительности горѣнія (расходуется около  $\frac{3}{4}$  гр. верхняго угля на 1 амперъ-часъ), а первый — по силѣ тока. Отрицательнаго угля стораеть приблизительно вдвое меньше, чѣмъ положительнаго.

Для дуговыхъ лампъ *переменнаго тока* верхній и нижній угли берутъ одинаковые.

Слѣдующія двѣ таблицы даютъ толщину и длину углей, какъ онѣ выработаны практикой для различныхъ силъ тока.

## Угли для постоянного тока.

Сила тока въ амперахъ.	1	1,5	2	3	4,5	6	9	12	15	20	35
Верхній уголь съ облицовкой, діаметръ въ миллиметрахъ . . . . .	6	8	9	11	13	16	18	20	20	22	25
Нижній однородный уголь, діаметръ въ миллиметрахъ . . . . .	4	5	6	7	8	10	12	13	13	14	18
Продолжительность горѣнія въ часахъ, когда длина каждаго угля въ мил лиметрахъ равняется.	200	6	7,5	7,5	8,5	10	10	10	10	10	10
	150	—	—	—	11	13	13	13	13	13	13
	325	—	—	—	15	18	18	18	18	18	18

## Угли для переменнаго тока.

Сила тока въ амперахъ.	2	3	4,5	6	9	12	15	20	35
Напряженіе въ вольтахъ.	—	26	26	26	26	26	27	28	30
Угли для переменнаго тока — оба одинаковые, діам. въ миллیم.	—	7	8	9	10	12	14	16	20
Продолжительность горѣнія въ часахъ, когда длина каждаго угля въ миллیمетрахъ равняется.	200	—	7	7	7	7	9	9	9
	250	—	9	9	9	9	12	12	12
	335	—	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	16	16

## Изготовление углей любителемъ.

Изъ вышеизложеннаго видно, что приготовленіе угольныхъ палочекъ требуетъ заводскихъ механизмовъ и печей. Кромѣ того цѣна углей для дуговыхъ лампъ теперь, — при массовомъ производствѣ, — на столько низка, что исключаетъ возможность выгоднаго домашняго производства углей. Тѣмъ не менѣе мы считаемъ полезнымъ указать любителю способъ самому изготовлять угли, такъ какъ въ провинціи иногда бываетъ очень затруднительно достать угли, даже по дорогой цѣнѣ. Угли, изготовленные самимъ любителемъ, будутъ конечно далеки отъ совершенства, но все-таки дадутъ возможность любителю произвести желательные ему опыты.

Для изготовленія углей надо брать куски кокса хорошо прокаленные (звонкіе), въ которыхъ уже не осталось летучихъ веществъ. Куски кокса тщательно измельчаются въ чугунной ступкѣ и затѣмъ просѣиваются черезъ мельчайшее сито. Чѣмъ тоньше будетъ коксовый порошокъ, тѣмъ лучше выйдутъ угли. Коксовый порошокъ смѣшивается затѣмъ съ  $\frac{1}{8}$  до  $\frac{1}{6}$  части по объему пшеничной муки; порошокъ и мука должны быть при этомъ совершенно сухи. Полученная смѣсь смачивается небольшимъ количествомъ воды (или же водою съ небольшою прибавкой патоки); смачиваніе имѣетъ цѣлю сдѣлать массу не мокрою, а только сырою. Послѣ этого массу помѣщаютъ въ закрытый сосудъ, въ которомъ и оставляютъ ее стоять въ теченіи 2—3 часовъ. Сосудъ этотъ долженъ быть такъ закрытъ, чтобы предупредить испареніе воды. По истеченіи вышеупомянутаго времени масса готова для формованія.

Формы для изготовленія цилиндрическихъ углей могутъ быть деревянныя и металлическія. Деревянныя формы дѣлаются обыкно-

венно разъемными изъ двухъ частей. Для металлической же формы годится всякая, подходящая по величинѣ, латунная или мѣдная трубка. Чтобы удобнѣе наполнять форму массой, слѣдуетъ верхній ея конецъ снабдить раструбомъ. Массу помѣщаютъ въ форму не сразу, а по частямъ, при чемъ ее утрамбовываютъ цилиндрической палочкой. Изъ формы выдавливаютъ массу на желѣзный листъ, на которомъ и оставляютъ сформованные палочки до тѣхъ поръ, пока онѣ не высохнутъ. Высушивание должно производиться сперва медленно, при умѣренной температурѣ, а затѣмъ можетъ быть закончено въ подходящей печи — при высокой температурѣ. Палочки, такимъ образомъ высушенныя, помѣщаются затѣмъ въ желѣзную коробку. Въ этой коробкѣ палочки должны лежать въ коксовомъ порошокѣ и быть вполне имъ покрыты, чтобы предохранить ихъ отъ сгоранія при прокаливаніи. Желѣзную коробку накрываютъ такой же крышкой и обмазываютъ пазы глиной. Приготовленная такимъ образомъ коробка съ углями помѣщается затѣмъ въ такую печь, въ которой можно было бы повышать температуру постепенно. Для окончательной прокалки необходимо довести коробку съ содержимымъ въ ней до краснаго каленія. Эта температура должна быть поддержана въ теченіи часа, а затѣмъ температура должна постепенно понижаться, чтобы охлажденіе происходило медленно. Когда коробка вполне остынетъ, тогда ее можно открыть и вынуть угли. Обыкновенно угли не выходятъ сразу достаточно плотными и потому для заполнения ихъ поръ угли подвергаются слѣдующей операціи. Угли кипятятъ въ теченіи получаса въ сахарномъ сиропѣ или въ патоку, слегка разбавленной водой. Затѣмъ угли опять высушиваются и прокаливаются какъ было уже описано выше. Эти операціи повторяютъ до тѣхъ поръ, пока не получаютъ углей желаемого качества.

Желѣзный листъ, на которомъ сушатъ угли, слѣдуетъ смазывать масломъ, чтобы предупредить приставаніе сырыхъ углей къ желѣзу.

#### Примѣрная стоимость освѣщенія лампочками накаливанія и лампами дугowymi.

Хотя освѣщеніе вольтовой дугой можетъ быть для любителя лишь предметомъ развлеченія и опыта, но все-таки и для него представитъ нѣкоторый интересъ возможность сравнить стоимость освѣщенія дугой съ освѣщеніемъ посредствомъ лампочекъ накаливанія. Расходъ на угли составляетъ при освѣщеніи вольтовой дугой значительную долю стоимости. Угли быстро сгораютъ и кромѣ того они

подвержены ломкѣ. Дуговая лампа въ 700 свѣчей потребляетъ въ часъ отъ 9 до 10 см. угольныхъ палочекъ діаметромъ въ 10 мм. Стоимость этого количества угля равна примѣрно 2 коп. Свѣчи Яблочкова съ угольками въ 4 мм. діаметромъ и длиною въ 23 см. даютъ силу свѣта въ 250—300 свѣчей. Каждая свѣча стоитъ около 10 коп. и сгораетъ меньше, чѣмъ въ 2 часа (примѣрно — въ 1 ч. 40 м.). Регуляторъ съ силою свѣта въ 700 свѣчей потребляетъ 500 вольтъ-амперовъ электрической энергіи или около 50 килограмметровъ; дуговая свѣча въ 260 свѣчей потребляетъ 350 вольтъ-амперовъ или около 35 килограмметровъ. Изъ этихъ чиселъ видно, что по мѣрѣ усиленія источника свѣта стоимость освѣщенія уменьшается.

Лампочка накаливанія потребляетъ на каждую свѣчу отъ  $2\frac{1}{2}$ — $3\frac{1}{2}$  ваттовъ. Для полученія одного и того же извѣстнаго количества свѣтовой энергіи, необходимо затратить электрической энергіи въ регуляторѣ — 5 ват., въ свѣчѣ Яблочкова — 10 ват., а въ лампочкѣ накаливанія — 20 ваттовъ.

Динамомашина, которой механическая полезная работа равна 80%, даетъ на каждую доставленную ей лошадиную силу при помощи дуговой лампы свѣтовую энергію, равную 1300—1400 нормальныхъ свѣчей, а при помощи лампочекъ накаливанія, всего лишь отъ 200 до 220 норм. свѣчей.

Если требуется освѣтить большія помѣщенія, улицы, площади, а также и маяки, гдѣ пригодны немногіе, но сильные источники свѣта, тамъ слѣдуетъ установить освѣщеніе при помощи дуговыхъ лампъ. Напротивъ того, освѣщеніе лампочками накаливанія даетъ возможность дробить свѣтъ почти до безконечности. Поэтому, если требуется освѣтить равномѣрно закрытое помѣщеніе, гдѣ нужно большое число источниковъ свѣта умѣренной силы, то въ такомъ случаѣ слѣдуетъ примѣнить лампочки накаливанія.

Подобно тому, какъ механическая работа водопада опредѣляется произведеніемъ изъ количества воды, умноженнаго на высоту паденія, такъ и механическая работа электрическаго тока можетъ быть выражена произведеніемъ изъ силы тока на величину напряженія, или иначе изъ произведенія амперовъ на вольты. Было уже сказано выше, что произведеніе изъ 1 ампера на 1 вольтъ называется ваттомъ. 1 паровая лошадиная сила, равная 75 килограмметрамъ, соотвѣтствуетъ 736 ваттамъ; отсюда слѣдуетъ, что 1 ваттъ равенъ  $\frac{1}{736}$  паровой лошадиной силы или 0,102 килограмметра.

4,2 вольтъ-ампера развиваютъ въ электрическомъ двигателѣ такое количество работы, которое соотвѣтствуетъ количеству теплоты, нужному для повышенія температуры 1 грамма воды на

1° Цельзія; поэтому и говорятъ кратко: что  $4,2 \text{ V.A.} = 1 \text{ гр. калоріи}$  и  $1 \text{ V.A.} = 0,24 \text{ гр. калоріи}$ .

Если элементъ Бунзена даетъ токъ въ 18 амперъ при 1,8 вольта напряженія, то механическая работа, которую онъ можетъ развить, равна  $18 \times 1,8 = 32,4 \text{ V.A} = \frac{32,4}{736} = \frac{1}{23}$  лош. пар. силы.

Элементъ Даніеля, дающій токъ силою въ 1,37 амп. при 0,95 вольта, развиваетъ работу равную только  $1,37 \times 0,95 = 1,3 \text{ V.A} = \frac{1}{566}$  лош. пар. силы.

## ГЛАВА VII.

### Проводники тока: ихъ сопротивленіе и нагрѣваніе.

#### Проводники.

а) *Матеріалъ проводниковъ.* Для изготовленія проводниковъ употребляется преимущественно мѣдь, такъ какъ она при сравнительной дешевизнѣ обладаетъ хорошею проводимостью. Для изготовленія разнаго рода электрическихъ аппаратовъ употребляется почти исключительно мѣдь. Для передачи электрическаго тока на большія расстоянія употребляютъ иногда вмѣсто мѣди желѣзо, сталь, фосфористую и кремнистую бронзу. По степени ихъ проводимости металлы и сплавы слѣдуютъ другъ за другомъ въ слѣдующемъ порядкѣ: серебро, мѣдь, латунь, желѣзо, нейзильберъ, никкелинъ.

б) *Форма проводниковъ.* Проводники имѣютъ обыкновенно цилиндрическую форму, т. е. видъ проволоки; въ нѣкоторыхъ случаяхъ употребляютъ полосы; крайне рѣдко бываетъ площадь сѣченія этихъ полосъ трехугольная или квадратная.

в) *Обмотка или оболочка проводниковъ.* Для изготовленія аппаратовъ употребляютъ обыкновенно проводники, покрытые обмоткою, хотя иногда можно употреблять и голую проволоку. Для устройства надземныхъ телефонныхъ и телеграфныхъ линій, для проводовъ освѣтительныхъ и передачи силы на расстоянія, употребляютъ голую проволоку.

Обмотка или изолировка проволокъ состоитъ обыкновенно изъ ординарнаго или двойнаго слоя хлопчато-бумажной или шелковой обмотки, пропитанной парафиномъ, или-же изъ слоя гуттаперчи и каучука, который въ свою очередь прикрытъ обмоткой изъ хлопчатой бумаги, для проводовъ, прокладываемыхъ въ землѣ, употребляется иногда оболочка изъ овинца. Провода должны быть защищены отъ прикосновенія съ известью, такъ какъ она разрушаетъ оболочку проводовъ, въ особенности гуттаперчу.

d) Диаметр проволоки, употребляемых для проводов, заключается между 0,05—6 мм. Если нужны провода с диаметром большим, чем 6 мм., то употребляют такъ называемые кабели, сплетенные изъ многихъ болѣе тонкихъ проволокъ. Диаметр проволоки долженъ соответствовать: во 1-хъ силѣ тока, черезъ нее проходящему, и во 2-хъ—той потерѣ въ напряженіи тока, которую желаютъ допустить при известной длинѣ провода. Отъ количества электричества, протекающаго по проводнику, зависитъ степень его нагрѣванія. Потеря напряженія зависитъ отъ того сопротивленія, которое представляетъ проводникъ прохожденію черезъ него тока. Обыкновенно диаметр проволоки обозначается въ миллиметрахъ и его доляхъ.

Въ Германіи употребляется слѣдующая простая система нумераціи проволоки:

№ 100	обозначаетъ	проволоку	діаметромъ	въ	10 мм.
№ 91	»	»	»	»	9,1 »
№ 26	»	»	»	»	2,6 »
№ 5	»	»	»	»	0,5 » и т. д.

Иногда употребляютъ для обозначенія толщины проволоки нумера Бирмингамской проволочной шкалы (Birmingham wire gauge, иначе В. W. G. \*), почему и приводимъ сравнительную таблицу.

Бирмингамская проволочная шкала, В. W. G.

№№ по В. W. G.	Диаметръ въ милли- метрахъ.	Попереч- ное сѣче- ніе въ квадратн. миллим.	№№ по В. W. G.	Диаметръ въ милли- метрахъ.	Попереч- ное сѣче- ніе въ квадратн. миллим.	№№ по В. W. G.	Диаметръ въ милли- метрахъ.	Попереч- ное сѣче- ніе въ к вадратн. миллим.
0/2	9,65	73,1	12	2,76	5,98	25	0,50	0,196
0	8,63	58,5	13	2,41	4,56	26	0,45	0,159
1	7,62	45,6	14	2,04	3,27	27	0,40	0,126
2	7,21	40,8	15	1,82	2,60	28	0,37	0,108
3	6,57	33,9	16	1,65	2,14	29	0,33	0,086
4	6,04	28,7	17	1,47	1,70	30	0,31	0,075
5	5,58	24,5	18	1,24	1,21	31	0,29	0,066
6	5,15	20,8	19	1,06	0,88	32	0,26	0,053
7	4,57	16,4	20	0,88	0,61	33	0,24	0,045
8	4,19	13,8	21	0,81	0,52	34	0,22	0,038
9	3,75	11,0	22	0,71	0,40	35	0,21	0,035
10	3,40	9,08	23	0,68	0,36	36	0,20	0,031
11	3,04	7,26	24	0,55	0,24	37	0,15	0,018

\*) Эту же шкалу называютъ также Standard Wire Gauge, S. W. G.

## Сопротивленія.

Для расчета дѣйствія электрическихъ приборовъ, сѣтей освѣтительныхъ, и другихъ проводовъ необходимо знать сопротивленія проволокъ, употребляемыхъ для этихъ цѣлей.

*Основныя положенія:* 1) сопротивленіе провода возрастаетъ пропорціонально увеличенію длины провода; 2) сопротивленіе провода обратно пропорціонально его поперечному сѣченію; 3) сопротивленіе провода зависитъ также отъ природы вещества, изъ котораго сдѣланъ проводъ, то есть отъ удѣльнаго сопротивленія того или другого металла. Если сопротивленіе провода обозначить буквою  $r$ , длину его—буквою  $l$ , поперечное сѣченіе—буквою  $s$ , а коэффициентъ удѣльнаго сопротивленія—буквою  $c$ , то получимъ

$$r = c \frac{l}{s}.$$

Удѣльное сопротивленіе чистой мѣди равно 0,01635, а обыкновенной продажной мѣди—0,01740. На основаніи предыдущаго слѣдуетъ, что сопротивленіе какой-нибудь опредѣленной длины мѣдной проволоки, смотря по тому сдѣлана-ли она изъ чистой или же изъ обыкновенной мѣди, будетъ равно

$$r = 0,01635 \times \frac{l}{s}, \text{ или же}$$

$$r = 0,01740 \times \frac{l}{s}.$$

Слѣдующая таблица даетъ величины сопротивленій проволоки изъ химически чистой мѣди. При этомъ слѣдуетъ замѣтить, что при употребленіи проволокъ значительной длины необходимо принимать во вниманіе измѣненіе сопротивленія въ зависимости отъ температуры, такъ какъ иначе можно впасть при вычисленіяхъ въ довольно грубыя ошибки. Сопротивленіе мѣдной проволоки возрастаетъ при повышеніи ея температуры на 1° Ц.—на 0,381%. Сопротивленіе проволоки изъ чистой мѣди на 5—6% меньше сопротивленія проволоки изъ обыкновенной продажной мѣди.

## ТАБЛИЦА

вѣса, длины и сопротивленія (при 15° Цельз.) химически чистой мѣдной проволоки отъ 0.1 м.м. до 10 м.м. діам.

Діам. проволоки.	Площадь сѣченія.	Сопротивленіе 1000 метровъ.	Сопротивленіе разрыву.	Вѣсъ одного метра.	Вѣсъ 100 сажень.
м.м.	Квадр. м.м.	Омы.	Килограм.	Грам.	Русск. фунт.
0.1	0.00785	2063	0.188	0.07	0.036
0.2	0.03142	516	0.754	0.28	0.146
0.3	0.07069	229	1.697	0.63	0.328
0.4	0.12566	129	3.017	1.12	0.582
0.5	0.19635	82.5	4.712	1.75	0.910
0.6	0.28274	57.3	6.786	2.52	1.31
0.7	0.38484	42.1	9.24	3.43	1.78
0.8	0.50265	32.2	12.06	4.48	2.32
0.9	0.63617	25.4	15.27	5.67	2.94
1.0	0.78540	20.63	18.8	7.00	3.64
1.1	0.9503	17.05	22.8	8.47	4.46
1.2	1.1310	14.34	25.2	10.10	5.25
1.3	1.3273	12.27	31.9	11.83	6.17
1.4	1.5394	10.52	36.9	13.72	7.12
1.5	1.7671	9.15	42.4	15.80	8.21
1.6	2.0106	8.06	48.2	17.92	9.32
1.7	2.2698	7.14	54.5	20.23	10.56
1.8	2.5447	6.38	61.0	22.70	11.80
1.9	2.8353	5.71	68.2	25.27	13.17
2.0	3.1416	5.16	75.4	28.0	14.56
2.5	4.9087	3.31	117.8	43.7	22.72
3.0	7.0686	2.29	169.7	63.0	32.81
3.5	9.6211	1.68	230.9	85.7	44.56
4.0	12.566	1.29	301.7	112.0	58.24
4.5	15.904	1.02	381.7	141.7	73.68
5.0	19.635	0.825	471.2	175.0	91.00
5.5	23.758	0.682	570.2	211.8	110.14
6.0	28.274	0.573	678.6	252.0	131.0
6.5	33.183	0.488	796.4	295.7	153.7
7.0	38.485	0.421	923.6	343.0	178.3
7.5	44.179	0.367	1060.3	393.7	204.7
8.0	50.265	0.322	1206.4	448.0	233.0
8.5	56.745	0.285	1361.9	505.7	263.0
9.0	63.617	0.254	1526.8	567.0	294.8
9.5	70.882	0.229	1701.2	631.7	328.5
10.0	78.540	0.206	1885.0	700.0	364.0

1 метръ = 0,469 саж.

1 килогр. = 2,44 фунта.

## Сопротивленіе человѣческаго тѣла.

Величины сопротивленій отдѣльных частей человѣческаго тѣла, а также и всего тѣла, могутъ быть опредѣлены конечно лишь прибли-

зительно. Средняя величина сопротивленія колеблется между 3 и 4 тысячами омовъ. Въ зависимости отъ размѣра поверхности электродовъ эта величина можетъ дойти до 10000  $\Omega$ . Въ большинствѣ случаевъ приходится имѣть дѣло съ сопротивленіями отъ 1000 до 5000  $\Omega$ . Сопротивленіе отъ ноги до другой ноги равно примѣрно 940  $\Omega$ , а отъ ноги къ рукѣ 1000—1300  $\Omega$ . Если проткнуть кожу въ двухъ мѣстахъ иглами, соединить ихъ проводами и затѣмъ пропустить токъ, то сопротивленіе можетъ понизиться до 100  $\Omega$ , такъ какъ главнымъ образомъ представляетъ большое сопротивленіе именно кожа. Кровь и другія жидкости, находящіяся въ тѣлѣ, проводятъ сравнительно хорошо.

### Нагрѣваніе проводовъ подъ вліяніемъ прохожденія черезъ нихъ электрическаго тока.

Выше нами было уже упомянуто, что проводники нагрѣваются при прохожденіи по нимъ электрическаго тока. Это нагрѣваніе находится въ зависимости отъ сопротивленія провода, отъ силы тока и отъ продолжительности дѣйствія тока. Если обозначимъ сопротивленіе посредствомъ  $R$ , силу тока въ амперахъ —  $J$ , то по закону Джоуля-Ленца количество теплоты  $F$ , которое разовьется въ теченіи  $t$  секундъ, будетъ равно

$$F = 0,24 \times J^2 \times R \times t \text{ гр. кал.}$$

Извѣстно, что 1 граммъ-калорія есть то количество теплоты, которое нужно для повышенія температуры 1 грамма воды на 1° Цельсія.

Опыты, служащія для иллюстраціи вышеуказаннаго закона Джоуля.

*Первый опытъ.* Для подтвержденія справедливости закона и для приблизительнаго опредѣленія повышенія температуры можетъ служить приборъ, изображенный на рис. 187. Возьмемъ небольшую широкогорлую склянку, заткнемъ ее пробкой, въ которой предварительно укрѣпимъ термометръ и два провода, ведущіе къ спирали изъ тонкой желѣзной, нейзильберовой или платиновой проволоки. Эта спираль должна проходить недалеко отъ стѣнокъ шарика термометра. Провода, проходящіе черезъ пробку къ спирали, могутъ имѣть діаметръ въ 1 мм. Склянка наполняется вполнѣ спиртомъ съ 20% воды и кромѣ термометра пропускаютъ черезъ пробку стеклянную трубку длиною въ 20—30 см. При пропусканіи тока спираль нагрѣвается и пере-

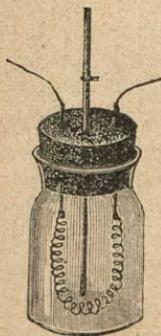


рис. 187.

дасть теплоту спирту, который тоже нагрѣвается и притомъ расширяется. Степень повышенія температуры наблюдается по термометру, а расширение спирта дѣлается замѣтнымъ по поднятію жидкости въ стеклянной трубочкѣ. Для лучшей видимости жидкость можетъ быть окрашена фуксиномъ или метиль-фіолетомъ и т. п.

*Второй опытъ.* Здѣсь мы опишемъ видоизмѣненіе аппарата Форстера, пригодное для изготовленія самимъ любителемъ.

*а. Аппаратъ.* (см. рис. 188). А и В—двѣ широкогорлыя склянки, которыя можно приобрести во всякой стеклянной лавкѣ или же въ аптекѣ. Діаметръ этихъ склянокъ 5—6 см., а высота примѣрно 15 см. Къ этимъ склянкамъ подбираютъ 2 хорошія пробки. Въ каждой пробкѣ продѣлываютъ по два отверстія для укрѣпленія въ нихъ стеклянныхъ изогнутыхъ трубокъ G', G'', R' и R''. Эти трубки имѣютъ діаметръ въ 6 мм. Кромѣ стеклянныхъ трубокъ въ пробкахъ укрѣплены мѣдныя проволоки K' K'' и K''' K''', толщиной въ 1 мм. Къ этимъ проволокамъ припаяны очень тонкія спирали изъ желѣзной, никелиновой или платиновой проволоки. Спираль Sp'' приблизительно вдвое длиннѣе спирали Sp'; сопротивление этихъ спиралей, послѣ ихъ соединенія съ зажимами P' P'' и P''' P''', было найдено равнымъ 1,3 и 2,7  $\Omega$ .

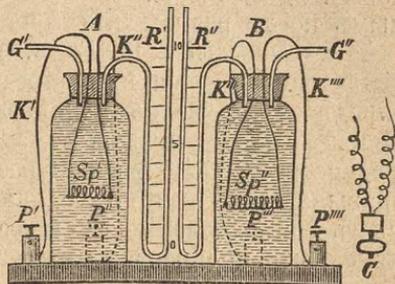


рис. 188.

Къ манометрическимъ трубкамъ R' и R'' прикрѣплены посредствомъ шеллака бумажныя полоски, на которыхъ нанесены тушью дѣленія съ разстояніемъ въ  $\frac{1}{2}$  сантиметра. Эти двѣ шкалы были покрыты тонкимъ слоемъ безцвѣтнаго шеллака.

Для достиженія герметической закупорки склянокъ А и В пробки были вполне покрыты толстымъ слоемъ густого шеллака. Обѣ склянки были прикрѣплены къ доскѣ, служащей подставкой, тоже при помощи густого шеллака. Манометрическія трубки R и R' были наполнены до половины шкалы (цифра 5) окрашенной водой (или глицериномъ) при помощи тонкой стеклянной трубочки. Затѣмъ концы трубокъ G и G' были заткнуты кусочками мягкаго воска. Вмѣсто затыканія воскомъ можно надѣть на концы трубокъ кусочки каучуковыхъ трубокъ и зажать ихъ зажимами.

*б. Опытъ.* 1) Зажимы P'' и P''', находящіеся сзади, соединяются между собой посредствомъ мѣдной проволоки, а зажимы P' и P''''—съ полюсами карманнаго (переноснаго) элемента. Какъ только чрезъ

спирали начнетъ проходить токъ, замѣчается быстрое поднятіе жидкости въ манометрическихъ трубкахъ  $R'$  и  $R''$ , и притомъ такъ, что высота поднятія въ  $R''$  вдвое больше таковой въ  $R'$ . Это отношеніе сохраняется неизмѣннымъ и послѣ того какъ токъ разобщенъ и спирали начинаютъ охлаждаться.

2). Соединяютъ зажимы  $P''$  и  $P'''$  посредствомъ двойной проволоки съ однимъ изъ полюсовъ элемента, подобнымъ же образомъ соединяютъ зажимы  $P'$  и  $P''''$  съ другимъ полюсомъ элемента. При прохожденіи тока жидкость въ манометрической трубкѣ  $R'$  подымается вдвое выше, чѣмъ въ  $R''$ , и это отношеніе остается неизмѣннымъ послѣ размыканія тока и при охлажденіи спиралей.

в. *Слѣдствія*. 1) Газъ, находящійся подъ постояннымъ давленіемъ расширяется при опредѣленномъ повышеніи температуры на опредѣленную величину своего объема. Въ трубкѣ  $R''$  газъ расширился вдвое чѣмъ въ  $R'$ , такъ какъ высота, на которую поднялась жидкость въ  $R''$ , была вдвое болѣе, чѣмъ въ  $R'$ . Такимъ образомъ оказывается, что тотъ же самый токъ развилъ въ спирали съ двойнымъ сопротивленіемъ—вдвое болѣе количество тепла; отсюда слѣдуетъ, что количество тепла, производимое токомъ, пропорціонально сопротивленію провода.

2) Черезъ двойное сопротивленіе  $Sp''$ , прошло лишь половинное количество электричества сравнительно съ сопротивленіемъ  $Sp'$ ; въ тоже время однако жидкость въ  $R'$  поднялась вдвое выше, чѣмъ въ  $R''$ , такъ что половинный токъ при двойномъ сопротивленіи развилъ половину того количества тепла, которое развилъ весь токъ при сопротивленіи  $Sp'$ . Отсюда слѣдуетъ, что количество тепла возрастаетъ пропорціонально квадратамъ силы тока.

3) Оба результата, изображаются такой формулой:  $F$  пропорціонально  $J^2 \times R$ . Слѣдуетъ обратить вниманіе на различіе въ способѣ замыканія тока въ обоихъ опытахъ.

Каждый изъ вышеописанныхъ опытовъ требуетъ не болѣе одной минуты времени; соединеніе проволоками—не болѣе того же. Для демонстраціи этихъ опытовъ въ классѣ слѣдуетъ взять склянки разнѣромъ примѣрно въ 1 литръ, широкія и длинныя манометрическія трубки, двойныя сопротивленія и двойной, вообще болѣе сильный, элементъ.

### Пределы допустимаго нагрѣванія проводниковъ.

Никогда не слѣдуетъ допускать такое нагрѣваніе проводниковъ, которое могло бы сдѣлаться опаснымъ. Поэтому надо знать крайній пре-

дѣль нагрѣванія, который можетъ выдержать данный проводникъ. Этотъ предѣль находится въ зависимости отъ поперечнаго сѣченія проводника, его сопротивленія, положенія, оболочки и условій охлажденія. Вообще принимаютъ, что для проводниковъ, діаметръ которыхъ не превышаетъ 6 миллиметровъ и проводимость равна 95% проводимости чистой мѣди, можно допустить слѣдующіе предѣлы:

Сила тока въ амп.  
на 1 кв. мм.

Голые провода на открытомъ воздухѣ . . . . .	6
Провода въ обмоткѣ изъ хлопчатой бумаги . . . . .	4
Провода съ оболочкой изъ гуттаперчи . . . . .	2,5
Кабели со свинцовой обложкой . . . . .	1,5

Эти числа представляютъ собою лишь крайніе предѣлы, поэтому, при устройствѣ установокъ слѣдуетъ давать проводникамъ поперечное сѣченіе бѣльшее, чѣмъ вышеуказанное. Въ приборахъ, гдѣ провода не имѣютъ обыкновенно возможности быстро охлаждаться, слѣдуетъ употреблять проволоки съ еще бѣльшимъ поперечнымъ сѣченіемъ, чѣмъ указано въ вышеприведенной таблицѣ. Равнымъ образомъ понятно, что эти числа не годятся для проводовъ изъ желѣза, латуни, нейзильбера и т. д., такъ какъ сопротивленія этихъ металловъ гораздо больше сопротивленія мѣди.

Для устройства электромагнитовъ и соленоидовъ можно допустить слѣдующія величины:

		Сила тока,
Діаметръ проволоки . . .	3,5 мм.	48 амп.
»	» . . . 2,4 »	28 »
»	» . . . 2,0 »	15 »
»	» . . . 1,5 »	9 »
»	» . . . 1,0 »	4 »
»	» . . . 0,7 »	2 »
»	» . . . 0,5 »	1 »

### Потеря напряженія.

Въ каждомъ проводникѣ теряется извѣстная часть работы. Вся величина этой потери равна произведенію изъ сопротивленія на квадратъ силы тока. Эта потеря выражается не только въ нагрѣваніи проводника, но также и въ томъ, что у концовъ прямого и обратнаго проводовъ существуетъ меньшая разность потенціаловъ, чѣмъ у зажимовъ динамо или батареи. Эта *потеря напряженія* выражается въ вольтахъ, и чтобы ее получить, слѣдуетъ сопротивленіе проводника.

выраженное въ омахъ, умножить на силу тока въ амперахъ. Потеря напряженія уменьшается при увеличеніи поперечнаго сѣченія проводника. Если же требуется съ той же самой потерей напряженія передать на двойное разстояніе то же количество амперовъ, то надо употребить проводники съ удвоенной площадью сѣченія, а слѣдовательно четверное по вѣсу количество мѣди.

Можно однако получить ту же энергію, употребивъ токъ высокаго напряженія и небольшой силы. Такъ какъ потеря въ проводникахъ опредѣляется лишь силой тока и независима отъ его напряженія, то при употребленіи токовъ съ высокимъ напряженіемъ можно произвести ту же работу съ меньшей потерей въ напряженіи. Употребленіе токовъ большаго напряженія даетъ возможность примѣнять для установокъ болѣе тонкіе, а слѣдовательно болѣе дешевые провода.

### Размѣры голыхъ и обмотанныхъ проводниковъ.

При устройствѣ разнаго рода приборовъ весьма рѣдко можно принимать въ расчетъ размѣры голыхъ проводниковъ, такъ какъ обыкновенно необходимо бываетъ употребить проволоку изолированную. Поэтому необходимо знать на сколько увеличивается діаметръ данной проволоки отъ покрытія ея обмоткой. Слѣдующая таблица даетъ объ этомъ нѣкоторое понятіе.

### Толщина проволокъ съ хлопчато-бумажной обмоткой.

Діаметръ голыи проволоки въ мм.	Діаметръ проволоки съ обмоткой въ мм.	
	<i>a</i>	<i>b</i>
1	1,5	1,72
2	2,6	2,88
3	3,6	3,9
4	4,7	5,0
5	5,8	6,1
6	6,9	7,15
7	7,9	8,15
8	9,0	9,25
9	10,1	10,4
10	11,1	11,4

Въ этой таблицѣ діаметры обмотанной проволоки показаны въ двухъ столбцахъ:

*a*—соотвѣтствуетъ дѣйствительно измѣренному діаметру прово-

локи съ обмоткой;  $b$ —соотвѣтствуетъ измѣреніямъ, произведеннымъ на готовыхъ электромагнитахъ, при чемъ приняты въ соображеніе неровности въ обмоткѣ и неплотное прилегание одного оборота проволоки къ другому. Хотя числа столбца  $b$  и не вполне точны, но ихъ слѣдуетъ принимать во вниманіе при практическихъ вычисленіяхъ.

Для проводниковъ съ діаметромъ отъ 0,1 до 1,5 мм. можно принимать, что обмотка увеличиваетъ ихъ діаметръ на 0,6 мм. Многіе фабриканты употребляютъ для проводниковъ толще 4 мм. не обмотку, а оплетку, которой толщина все еще приблизительно соотвѣтствуетъ выше приведеннымъ величинамъ.

Толщина обыкновенной обмотки изъ шелка равна 0,5 мм. Въ виду большой стоимости шелка, такая обмотка употребляется только при изготовленіи измѣрительныхъ инструментовъ и въ тѣхъ приборахъ, гдѣ необходимо сберечь мѣсто.

Діаметръ проволоки опредѣляется практически лучше всего такимъ способомъ: на круглый карандашъ наматываютъ вплотную нѣсколько оборотовъ проволоки, измѣряютъ длину спирали и найденное число дѣлятъ на число оборотовъ проволоки.

Не мѣшаетъ самому провѣрить размѣръ діаметра проволоки, указанный фабрикантомъ, такъ какъ случается, что при обмоткѣ проволока подвергается такому натяженію, что ея діаметръ становится значительно меньше. Никогда не слѣдуетъ опускать этой провѣрки для тѣхъ проволокъ, которыя предназначены для изготовленія точныхъ приборовъ. Для производства такой провѣрки необходимо оголить проволоку на 30—40 см. и затѣмъ поступить такъ, какъ было уже описано выше.

Приблизительный вѣсъ шелковой обмотки на 1 килограммъ проволоки.

Диаметръ го- лой проволоки.	Количество ме- тровъ проволоки на 1 килорг.	Вѣсъ шелковой обмотки въ грам- махъ.
1,6 мм. . . . .	57	} . . . . . 34
1,0 » . . . . .	140	
0,66 » . . . . .	328	} . . . . . 51
0,35 » . . . . .	1140	
0,22 » . . . . .	3000	. . . . . 68
0,18 » . . . . .	4500	. . . . . 102
0,13 » . . . . .	8800	. . . . . 136
		. . . . . 187

Обмотка изъ хлопчатой бумаги увеличиваетъ вѣсъ килограмма проволоки при діаметрѣ меньшемъ 0,1 мм. на 200 гр.; при діаметрѣ

въ 0,5 мм.—на 120 гр.; и при діаметрѣ въ 1 мм.—на 100 гр. и при діаметрѣ въ 6 мм.—всего лишь на 25 гр.

### Реостаты.

При описаніи устройства освѣщенія съ помощью лампъ накаливанія мы упоминали о реостатахъ. Назначеніе этихъ приборовъ состоитъ въ томъ, чтобы уменьшать въ извѣстныхъ предѣлахъ и между двумя данными точками силу и напряженіе электрическаго тока и этимъ удерживать его на опредѣленной величинѣ. Дѣйствіе реостатовъ основывается на томъ, что при включеніи на пути тока какого либо сопротивленія сила тока уменьшается. Реостаты либо прямо включаются въ цѣпь того рабочаго тока, который они должны регулировать, либо они включаются въ цѣпь того тока, который служитъ для возбужденія магнетизма въ электромагнитахъ динамомашины, а уменьшеніе или увеличеніе силы электромагнитовъ вліяетъ на величину рабочаго тока.

Реостаты изготовляются изъ слѣдующихъ матеріаловъ: нейзильберъ, никкелинъ, желѣзо, латунь и мѣдь—въ проволокахъ, въ узкихъ полосахъ и въ видѣ тонкой ткани. Кроме того употребляютъ для реостатовъ угольные палочки отъ дуговыхъ лампъ. Наконецъ, употребляютъ реостаты съ жидкостями; эти реостаты состоятъ обыкновенно изъ двухъ цинковыхъ пластинъ, погруженныхъ въ растворъ цинковаго купороса, или же изъ двухъ мѣдныхъ пластинъ въ растворѣ мѣднаго купороса. Разстояніе между пластинами въ томъ и другомъ случаѣ можетъ быть измѣняемо и служитъ для увеличенія или уменьшенія сопротивленія.

Таблица вѣса и сопротивленія желѣзной проволоки.

Діаметръ проволоки въ миллім.	Количество метровъ на 1 килогр.	Вѣсъ 1 метра проволоки въ граммахъ.	Сопротивленіе одного метра въ омахъ.	Длина проволоки, имѣющей сопротивленіе въ 1 омъ.
0,5	662	1,51	0,509	1,96
1,0	165	6,05	0,127	7,85
1,5	73,5	13,6	0,057	17,5
2,0	41,3	24,2	0,032	31,3
2,5	26,5	37,7	0,0202	49,6
3,0	18,4	54,4	0,0141	71,2
3,5	13,5	74,1	0,0104	98,3
4,0	10,3	96,8	0,0080	125
4,5	8,2	122	0,0063	158
5,0	6,6	151	0,0050	200
5,5	5,5	183	0,0042	239
6,0	4,6	217,5	0,0035	284

Реостаты изъ проволокъ, при прохожденіи чрезъ нихъ тока, обыкновенно нагрѣваются; они охлаждаются посредствомъ соприкосновенія съ воздухомъ; иногда же погружаютъ реостаты въ непроводящія токъ жидкости, какъ напр. нефть.

Реостаты, изготовленные изъ желѣзной проволоки, хотя и дешевы, но ихъ сопротивленіе значительно измѣняется въ зависимости отъ перемѣнъ температуры; поэтому такіе реостаты можно примѣнять лишь тамъ, гдѣ не требуется большой точности.

Таблица сопротивленія угольныхъ палочекъ.

Диаметръ въ миллиметрахъ.	Сопротивленіе на 1 метръ въ омъхъ.
1	50
2	12,5
3	5,55
4	3,1
5	2,0
6	1,3
8	0,78
10	0,50
12	0,35
15	0,22
18	0,15
20	0,13

Таблица для изготовленія реостатовъ изъ никелиновой проволоки.

Диаметръ въ ммилли.	Сопротивленіе на 1 метръ въ омъхъ.	Длина про- волоки на 1 омъ.	Допускаемая сила тока въ ампер.	Диаметръ въ ммилли.	Сопротивленіе на 1 метръ въ омъхъ.	Длина про- волоки на 1 омъ.	Допускаемая сила тока въ ампер.
0,10	57	17,5 мм.	0,1	0,9	0,71	1,59 метр.	3,25
0,15	25,5	39	0,2	1,0	0,57	1,75	3,5
0,20	14,3	70	0,3	1,1	0,47	2,11	4,0
0,25	9,3	108	0,45	1,4	0,29	3,42	5,8
0,30	6,3	159	0,6	1,6	0,22	4,5	7,0
0,35	4,7	213	0,75	1,8	0,18	5,7	8,5
0,40	3,3	300	1,0	2,0	0,14	7,0	10,0
0,45	2,8	360	1,05	2,2	0,12	8,4	11,5
0,50	2,3	440	1,2	2,4	0,10	10,1	13,2
0,6	1,6	630	1,6	2,6	0,085	11,8	14,8
0,7	1,2	860	2,0	2,8	0,073	13,7	16,6
0,8	0,9	1120	2,5	3,0	0,064	15,7	18,4

## Различные виды реостатовъ.

## а. Реостаты съ неизмѣннымъ сопротивленіемъ.



рис. 189.

Такие реостаты употребляются для включенія въ цѣпь взамѣнъ лампочекъ накаиванія. Они состоятъ изъ спиралей, изготовленныхъ изъ проволокъ желѣзныхъ, никкелиновыхъ или нейзильберовыхъ, и такой длины, чтобы ихъ сопротивление было равно сопротивленію лампъ накаиванія. Проволоку обматываютъ около деревяннаго или картоннаго цилиндра, при чемъ разстояніе между оборотами обмотки должно быть отъ 1—2 мм. (см. рис. 189).

Если бы по расчету оказалось, что для полученія значительнаго сопротивленія требуется проволока очень большой длины и слишкомъ большая катушка, то лучше изготовить реостатъ изъ угольныхъ палочекъ, которыя могутъ быть соединены послѣдовательно или параллельно. Такие реостаты занимаютъ небольшой объемъ и могутъ быть устроены для большихъ сопротивленій. Для подобныхъ реостатовъ можно въ случаѣ надобности употребить даже графитовые стержни карандашей (см. рис. 190).

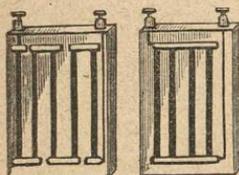


рис. 190.

Къ числу весьма часто употребляемыхъ реостатовъ надо причислить *батареи изъ лампочекъ накаиванія*, которыя состоятъ изъ многихъ лампъ, соединенныхъ параллельно. Эти лампы можно по желанію зажигать и тушить группами или каждую отдѣльно.

Къ числу весьма часто употребляемыхъ реостатовъ надо причислить *батареи изъ лампочекъ накаиванія*, которыя состоятъ изъ многихъ лампъ, соединенныхъ параллельно. Эти лампы можно по желанію зажигать и тушить группами или каждую отдѣльно.

## б) Реостаты съ перемѣннымъ сопротивленіемъ.

Эти реостаты устраиваются подобно вышеописаннымъ, только они имѣютъ приспособленія, которыя даютъ возможность быстро включать и выключать проволоки различной длины и діаметра.

1) *Линейный реостатъ*. На стѣнѣ или на длинной доскѣ укрѣпляютъ проволоку въ видѣ длинной петли (см. рис. 191) и передвигаютъ по ней трущійся контактъ, изготовленный изъ куска дважды перегнутой полоски мѣди или латуни. Этимъ передвижнымъ контактомъ включаютъ большую или меньшую длину проволоки, т. е. то или другое сопротивление. При такой формѣ реостата охлажденіе проис-



рис. 191.

Эти реостаты устраиваются подобно вышеописаннымъ, только они имѣютъ приспособленія, которыя даютъ возможность быстро включать и выключать проволоки различной длины и діаметра.

ходить быстро; стоимость его невелика, и обхождение съ нимъ очень просто. Подъ проволоками этого реостата можно укрѣпить шкалу, подраздѣленную на миллиметры, чтобы способствовать точной установкѣ контакта на той или другой длинѣ проволоки. Измѣривъ тщательно въ нѣсколькихъ мѣстахъ діаметръ проволоки и точно устанавливая контактъ, можно при помощи вышеприведенныхъ таблицъ опредѣлить сопротивленіе включенной длины проволоки съ точностью отъ 5 до 10 процентовъ.

2) *Агометръ, реостатъ въ видѣ валька.* Цилиндръ изъ дерева, мрамора или глиняный пористый стаканъ, снабжаютъ двумя конечными плоскостями изъ дерева (см. рис. 192), которыя укрѣпляютъ

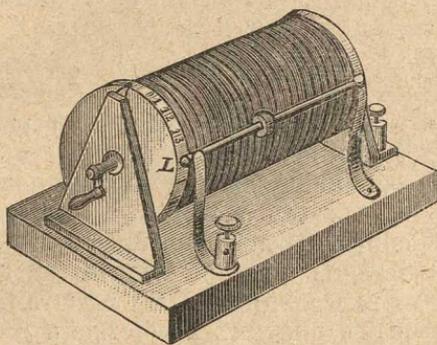


рис. 192.

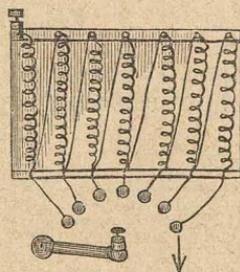


рис. 193.

сургучомъ. На поверхности цилиндра выпиливаютъ или вытачиваютъ винтовую нарѣзку, которой обороты должны отстоять другъ отъ друга миллиметра на два. Вдоль винтовой нарѣзки наматываютъ на цилиндръ проволоку подходящаго діаметра. При помощи колесика, которое вращается на оси изъ толстой проволоки, укрѣпленной параллельно оси цилиндра, включаютъ большее или меньшее число оборотовъ проволоки реостата въ цѣпь. За ручку, придѣланную къ оси цилиндра, можно приводить его во вращеніе и включать такимъ образомъ въ цѣпь любую доли проволоки реостата.

3) *Рычажной реостатъ.* Реостаты съ рычагомъ или ручкой для включенія сопротивленій принадлежатъ къ числу наиболѣе распространенныхъ. Такой реостатъ состоитъ подобно вальцовому реостату изъ проволокъ сопротивленій и изъ приспособленія для включенія этихъ сопротивленій въ цѣпь. На доскѣ или въ рамкѣ (см. рис. 193) укрѣпляютъ спирали изъ желѣзной, нейзильберовой или мѣдной про-

волокъ, которыя соединяютъ между собою простой проволокой. Отъ каждаго нижняго конца спирали протягиваютъ проволоку къ контактной кнопкѣ. Эти металлическія кнопки укрѣпляютъ такимъ образомъ, чтобы онѣ находились на окружности круга, въ центрѣ котораго помѣщена ось вращения пружиннаго рычага; свободный конецъ этого послѣдняго можетъ перемѣщаться съ одной кнопки на другую вправо или влѣво. Зажимъ въ верхнемъ лѣвомъ углу реостата соединенъ съ однимъ концомъ цѣпи, а зажимъ, помѣщенный надъ осью вращения рычага, соединенъ съ другимъ ея концомъ. Это устройство даетъ возможность включать въ цѣпь послѣдовательно все сопротивление реостата. Для динамомашины съ шунтомъ средней величины нужно употребить реостатъ примѣрно съ 8 омами сопротивления.

### Реостатъ съ двойнымъ рычагомъ.

На рис. 194 изображенъ такой реостатъ съ двумя рычагами, которые соприкасаются посредством шарнира. Р и Р' суть зажимы для прикрѣпленія проводниковъ. По-

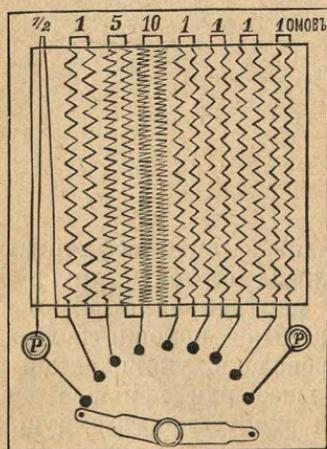


рис. 194.

средствомъ рычаговъ *выключаются* тѣ спирали сопротивленій, которыя расположены между контактными кнопками, прикасающимися къ рычагамъ. На нашемъ рисункѣ изображенъ реостатъ съ сопротивлениями, такимъ образомъ расположенными, что можно *включать* величины въ  $\frac{1}{2}$ , 1,  $1\frac{1}{2}$ , 2...  $4\frac{1}{2}$ ,  $5\frac{1}{2}$ ,  $6\frac{1}{2}$ ...  $10\frac{1}{2}$ , 14,  $14\frac{1}{2}$ ...  $20\frac{1}{2}$  омовъ. Переходъ отъ  $10\frac{1}{2}$  къ  $14\Omega$  можетъ быть уменьшенъ, если между 1 и 5 включить нѣсколько сопротивленій меньшихъ размѣровъ. Спирали изготовляютъ изъ нейзильберовой проволоки, которую для этого наматываютъ на цилиндръ, толщиной съ карандашъ, и даютъ ей лежать въ намотанномъ видѣ нѣсколько недѣль; послѣ снятія съ цилиндра диаметръ оборотовъ спирали окажется равнымъ примѣрно 1 см.

### Двойная (бифилярная) обмотка.

Когда желаютъ, чтобы проводникъ, по которому протекаетъ токъ, не оказывалъ никакого вліянія на измѣрительные инструменты, то

проводятъ этотъ проводникъ такимъ образомъ, чтобы одна половина его имѣла равное и противоположное дѣйствіе сравнительно съ другой половиной. Это достигается тѣмъ, что сгибаютъ проводникъ пополамъ и затѣмъ наматываютъ его такъ, что обѣ половины лежатъ параллельно другъ возлѣ друга. Объясненіе этого способа намотки будетъ изложено при описаніи явленій индукціи.

*Катушки съ сопротивленіями* обыкновенно снабжаются двойной обмоткой. Для такихъ катушекъ можно брать съ удобствомъ катушки отъ нитокъ или шелка. Необходимо заботиться о томъ, чтобы не пропускать черезъ катушки слишкомъ сильныхъ токовъ, отъ которыхъ могла-бы пострадать (сгорѣть) изолирующая обмотка проволоки. Часто покрываютъ поверхность катушекъ параффиномъ, который служить въ одно и тоже время для хорошей изоляціи и для устраненія сдвиганія проволоки съ мѣста. Для устройства катушекъ сопротивленій можно рекомендовать употребленіе проволоки слѣдующихъ размѣровъ:

Для сопротивленія въ 1	омъ	никкел. пров	отъ 1,3	до 1	мм. въ діаметрѣ.
"	" 10	"	" 1	" 0,4	"
"	" 100	"	" 0,5	" 0,25	"
"	" 1000	"	" 0,25	" 0,10	"

Чтобы опредѣлить точно длину проволоки, которую необходимо взять для изготовленія данного сопротивленія, измѣряютъ сопротивленіе 1 метра этой проволоки и на основаніи этой величины вычисляютъ длину проволоки для реостата. Отмѣренную длину проволоки сгибаютъ пополамъ и наматываютъ двойной ниткой на катушку. Къ обоимъ концамъ проволоки сопротивленія припаиваютъ по небольшому куску болѣе толстой мѣдной проволоки, для этой цѣли къ точно измѣренной длинѣ проволоки сопротивленія прибавляютъ заранѣе нѣкоторую длину проволоки, которую и освобождаютъ отъ обмотки.

### Магазины сопротивленій.

При помощи дифференціального гальванометра, котораго описаніе будетъ помѣщено ниже, или же съ помощью Уитстонова мостика, изготовляютъ слѣдующія сопротивленія:

0,1	0,2	0,2	0,5
1	1	2	5
10	10	20	50
100	100	200	500
1000	1000	2000	5000 омовъ.

На рис. 195 изображены различные разрѣзы ящичнаго магазина

сопротивлений. На разрывѣ I видно, что концы обмоток катушек  $r, r, r...$  припаяны къ кускамъ мѣдной проволоки  $k, k, k...$ , которые прикрѣплены къ латуннымъ брусочкамъ  $m, m, m...$ . Эти латунные брусочки отдѣлены другъ отъ друга промежутками и привинчены съ помощью латунныхъ же винтовъ къ толстой пластинкѣ изъ рогового каучука. Въ коническіе промежутки между каждымъ двумя латунными брусками можетъ быть вставленъ съ треніемъ латунный штепсель съ головкой, сдѣланной изъ рогового каучука. Тѣ изъ катушекъ, между которыми воткнутъ штепсель, *выключены* изъ цѣпи.

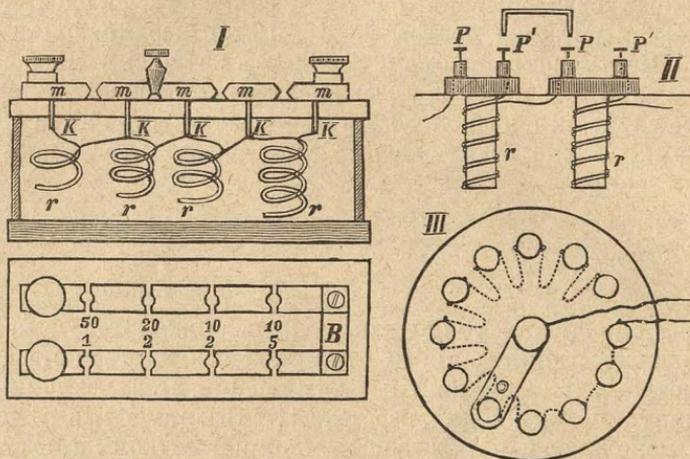


рис. 195.

Два ряда сопротивлений соединяются при помощи мостика В. Такимъ образомъ устраиваются магазины сопротивлений известной фирмой Сименса. Размѣры латунныхъ брусочковъ таковы: ширина 13 мм., длина 29 мм., толщина 8 мм. Штепселя имѣютъ діаметръ отъ 6 до 7 миллиметровъ.

Разрывѣ II представляетъ магазинъ сопротивленія другого менѣе точнаго устройства, но за то болѣе легкаго. Катушки сопротивлений приклеены къ крышкѣ ящика, концы проволокъ прoderнуты черезъ соотвѣтствующія отверстія и зажаты зажимами  $P, P'...$  Эти зажимы могутъ быть соединяемы между собою кусками мѣдной проволоки діаметромъ въ  $1\frac{1}{2}$  мм. и согнутой въ видѣ покая . Чтобы имѣть возможность устанавливать всевозможныя соединенія, требуется запасъ порядочнаго количества этихъ скобокъ. Одну изъ боковыхъ стѣнокъ ящика дѣлаютъ изъ стекла.

III. Разрывѣ III представляетъ круговое расположеніе катушекъ;

концы проволоки припаяны къ кнопкамъ, по верху которыхъ скользятъ рычагъ и устанавливаетъ сообщеніе между сопротивленіями.

Необходимо обратить вниманіе на то, чтобы конецъ одной катушки и начало другой, сосѣдней съ ней, были укрѣплены подъ однимъ зажимомъ или кнопкой.

Если принять сопротивленіе мѣди за единицу, то сопротивленіе желѣза будетъ равно 6, нейзильбера—13, угля—2500. Если имѣется подъ рукою только таблица сопротивленій мѣдной проволоки, то сопротивленіе желѣзной проволоки такого-же діаметра можно найти, умножая соответствующее число въ таблицѣ на шесть.

Укажемъ теперь на *высшій предѣлъ* силы тока, который можетъ быть допущенъ для прохожденія черезъ мѣдную проволоку, обмотанную на деревянной катушкѣ. Этотъ предѣлъ равенъ 15 амперамъ на 1 кв. мм., причемъ проволока нагревается до 60° Ц. Желѣзо и нейзильберъ допускають употребленія тока съ силою лишь 5 амп. на 1 кв. мм.

### Сопротивленія съ жидкостями.

Для сопротивленій изъ жидкостей лучше всего пригоденъ слабый растворъ цинковаго купороса. Небольшія сопротивленія получаются при расположеніи на небольшомъ другъ отъ друга разстояніи параллельно двухъ цинковыхъ электродовъ съ большой поверхностью. Большія сопротивленія устраиваются при помощи высокихъ цилиндрическихъ сосудовъ, въ которыхъ одинъ изъ электродовъ лежитъ на днѣ, а другой можетъ быть передвигаемъ вверхъ и внизъ внутри цилиндра. Такіе реостаты нельзя рекомендовать для постоянного употребленія. Сопротивленіе 1 куб. см. сѣрной кислоты при концентраціи, соответствующей наибольшей проводимости, равно 1,37 ома при 18° Ц.

### Задача на вычисленіе сопротивленія для реостата.

Требуется устроить постоянный реостатъ, который можно было бы включать вмѣсто лампы накаливанія. Сопротивленіе лампы равно 12 омамъ, что получено на основаніи тѣхъ данныхъ, что эта лампочка потребляетъ 1,5 амп. при 18 вольт.  $\left(\frac{18}{1,5} = 12\right)$ .

Такъ какъ для силы тока въ 5 амп. можно взять проволоку въ 1 кв. мм., то для тока въ 1,5 амп. можно взять такуюю въ 0,3 кв. мм.  $\left(\frac{1,5}{5} = 0,3\right)$ . Этой площади соответствуетъ діаметръ въ 0,6 мм., проволока можетъ быть желѣзная или нейзильберовая. Чтобы

найти длину проволоки діаметромъ въ 0,6 мм., которой сопротивленіе было бы равно 12  $\Omega$ , ищутъ требуемую величину въ соответствующихъ таблицахъ. Если такихъ таблицъ подъ рукою не имѣется, то берутъ подходящую величину изъ таблицъ для мѣдной проволоки и дѣляютъ это число на 6—для желѣзной, и на 13—для нейзильберовой проволоки. Въ данномъ случаѣ 36 метровъ желѣзной проволоки или 16 метровъ нейзильберовой (0,6 мм. въ діаметрѣ) соответствуютъ сопротивленію въ 12 омовъ. То же сопротивленіе можно получить, взявъ угольный стержень длиною въ 25 см. и діаметромъ въ 1 мм. Только въ этомъ послѣднемъ случаѣ небольшая погрѣшность въ длинѣ стержня влечетъ за собою большую ошибку въ величинѣ сопротивленія.

### Примѣненія реостатовъ.

1) Предвѣдущая задача относится къ одному изъ примѣненій реостатовъ, именно ихъ включенію вмѣсто лампъ накаливанія.

2) Реостаты употребляются также при освѣщеніи съ помощью батареи для предохраненія лампочекъ отъ первоначальнаго сильнаго дѣйствія тока при замыканіи. Этотъ толчекъ тока продолжается всего нѣсколько мгновений, но можетъ подѣйствовать разрушительно на лампы.

3) Угольные нити лампочекъ накаливанія постепенно теряютъ свою проводимость и требуютъ затраты большого количества электрической энергіи для поддержанія въ нихъ той же свѣтовой силы. Поэтому прежде включали въ цѣпь передъ каждой лампочкой реостатъ, чтобы въ началѣ предохранить лампочку отъ избытка тока.

Для спокойнаго горѣнія нѣкоторыхъ дуговыхъ лампъ полезно тоже бываетъ включеніе въ цѣпь реостата, котораго величина находится конечно въ зависимости отъ напряженія и силы тока, потребнаго для горѣнія лампы.

Для двухъ послѣдовательно включенныхъ лампъ, при силѣ тока въ 6 амп. и 100 вольт. напряженія, требуется включить реостатъ съ сопротивленіемъ въ 3,5 ома.

4) Въ гальванопластикѣ и гальваностегіи требуется постоянство тока, и потому необходимо прибѣгать къ употребленію реостатовъ, преимущественно рычажныхъ.

5) Если бы при употребленіи вышеописаннаго тангенсъ-гальванометра оказалось, что его обмотка изъ тонкой мѣдной проволоки не обладаетъ достаточнымъ сопротивленіемъ, то ее дополняютъ включеніемъ въ цѣпь реостата изъ нейзильберовой или никкелиновой проволоки.

6) Реостаты необходимо бываетъ употреблять вообще при многихъ измѣреніяхъ и измѣрительныхъ приборахъ.

7) При описаніи устройства и употребленія динамомашинъ будутъ перечислены другіе случаи примѣненія реостатовъ.

Предохранители.

При установкахъ освѣщенія, гдѣ могутъ происходить болѣе или менѣе значительныя колебанія силы тока въ цѣпи, употребляютъ такъ называемые *предохранители*. Назначеніе предохранителей состоитъ въ томъ, чтобы автоматически прерывать токъ въ томъ случаѣ, когда его сила настолько увеличится, что можно ожидать опасныхъ послѣдствій. Предохранители устраняютъ чрезмѣрное нагрѣваніе проводовъ, перегораніе ихъ обмотки, предохраняютъ отъ пожара и т. д.

Предохранители состоятъ обыкновенно изъ куска проволоки или ленты (полоски) изъ легкоплавкаго металла, или изъ сплава легкоплавкихъ металловъ (см. рис. 196). Предохранители плавятся при

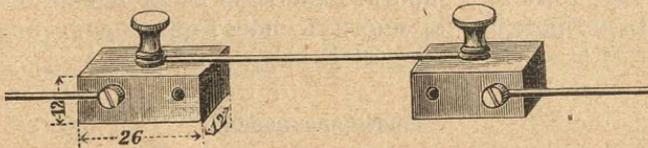


рис. 196.

извѣстной плотности тока, напр. 30 амп. на 1 кв. мм. сѣченія. Слѣдующая таблица даетъ количества металловъ, входящихъ въ составъ сплавовъ, которые плавятся при разныхъ температурахъ.

Легкоплавкіе сплавы.

Температура плавленія.	Свинца	Олова	Кадмія	Висмута
	в ъ с о в ы х ъ ч а с т е й.			
95,0° Ц.	250	500	—	100
89,5 »	396	—	71	532
76,5 »	344	94	92	500
68,5 »	260	148	70	520
65,8 »	249	142	108	501
63,0 »	267	133	100	190

Для приготовления этихъ сплавовъ употребляютъ баню изъ стеарина (точка кипѣнія котораго равна  $370^{\circ}$ ). Въ эту баню помѣщаютъ сосудъ, въ которомъ и расплавляютъ сперва свинецъ (температура плавленія  $334^{\circ}$  Ц.), затѣмъ кадмій (темпер. плавленія— $315^{\circ}$  Ц.), висмутъ (темпер. плавленія— $264^{\circ}$  Ц.), и наконецъ, олово (темпер. плавленія  $228^{\circ}$  Ц.). Послѣдніе металлы надо прибавлять къ сплаву предыдущихъ, давъ ему нѣсколько остыть, т. е. удаливши на время изъ стеариновой бани сосудъ, въ которомъ производятъ сплавленіе смѣси металловъ.

### Размѣры проволоки, употребляемыхъ для предохранителей.

Площадь сѣченія проволоки предохранителя рассчитывается такимъ образомъ, чтобы предохранитель плавился при температурѣ вдвое превышающей ту, для которой онъ предназначенъ. Проволоки или полоски предохранителей включаются либо въ одинъ, либо въ оба провода. Длина проволоки предохранителя должна быть примѣрно въ тридцать разъ болѣе его діаметра. Черезъ включеніе въ цѣпь проволоки предохранителя сопротивленіе всей цѣпи увеличивается, такъ какъ общее сопротивленіе многихъ послѣдовательно включенныхъ сопротивленій равно ихъ суммѣ  $R = r_1 + r_2 + r_3 + \dots$ .

### Цѣны проводовъ.

Цѣны на мѣдь подвержены довольно сильнымъ колебаніямъ, но такъ какъ зачастую желаютъ составить себѣ хотя бы приблизительное понятіе о стоимости проводниковъ для какой-нибудь установки, то приведемъ нѣкоторыя среднія цѣны.

Голая мѣдная проволока (97—98% чист. мѣди).

Діам. отъ 5	—2	мм. за 1 пудъ . . .	24 р.
»	»	2 —0,6	» . . . 25 »
»	»	0,6 —0,5	» . . . 26 »
»	»	0,4 —0,3	» . . . »
»	»	0,2 —0,1	» . . . »

Проволока для внутреннихъ проводовъ къ звонкамъ, телефонамъ, телеграфамъ и другимъ приборамъ.

Для внутреннихъ проводовъ въ сухихъ помѣщеніяхъ употребляютъ обыкновенно проволоку съ двойной обмоткой цвѣтными нитками, пропитанной парафиномъ. Такіе провода бываютъ одно- и дву-жильные.

Діам. въ мм.	Цѣна за 1 фунтъ	Одножильн.		Двужильн.	
		р.	к.	р.	к.
0,5	Цѣна за 1 фунтъ	1	30	—	—
» 0,6—0,8.	»	1	10	1	25
» 0,9—1,2.	»	—	» 95	1	» 10
» 1,3—1,8.	»	—	» 90	1	» —
» 1,8—2,2.	»	—	» 85	—	» —

## Проволока для проводки въ сырыхъ мѣстахъ.

Въ сырыхъ мѣстахъ употребляютъ провода, покрытые слоемъ гуттаперчи, которая въ свою очередь защищена бываетъ обмоткой изъ бумажныхъ нитокъ—или-же оплеткой, пропитанной водонепроницаемымъ составомъ.

Съ обмоткой.

Діам. въ мм.	0,7—0,9.	Цѣна за 1 фунтъ	2 р. 60 к.
»	1,0—1,5.	»	2 » 20 »

## Изолированная проволока для аппаратовъ.

Для устройства разнаго рода приборовъ употребляютъ преимущественно проволоку изолированную шелкомъ.

Діам. въ мм.	0,1.	Цѣна за 1 фунтъ	11 р. — к.
»	0,2.	»	7 » 50 »
»	0,3.	»	4 » 50 »
»	0,4.	»	3 » 60 »
»	0,5.	»	3 » — »
»	0,6.	»	2 » 70 »
»	0,7.	»	2 » 60 »
»	0,8.	»	2 » 50 »
»	0,9.	»	2 » 40 »
»	1,0.	»	2 » 30 »

## ГЛАВА VIII.

### Примѣненія электричества къ электромагнитамъ.

#### Общее понятіе объ электромагнитѣ.

Если около куска мягкаго желѣза обмотать спиралью изолированную, напр. мѣдную проволоку и пропустить черезъ нее электрической токъ, то желѣзо пріобрѣтаетъ магнитныя свойства, которыя сохраняются во все время прохожденія тока черезъ спираль и исчезаютъ вмѣстѣ съ прекращеніемъ тока. Это свойство мягкаго желѣза—дѣлаться временно магнитомъ, подъ вліяніемъ прохожденія тока, и положено въ основу устройства электромагнитовъ. Намъ извѣстно, что стальные магниты обладаютъ свойствомъ притягивать предметы изъ желѣза и никкеля не временно, а постоянно, почему они и называются магнитами *постоянными*. Если мягкое желѣзо, употребленное для устройства электромагнита, не вполне мягко, то и въ немъ остается нѣкоторая магнитная сила послѣ того, какъ токъ пересталъ проходить по спирали. Этотъ задержанный магнетизмъ называется *остаточнымъ магнетизмомъ*, а неизвѣстная причина этого остаточнаго магнетизма названа *задерживательной силой*.

#### Различные виды электромагнитовъ и ихъ устройство.

Электромагниты имѣютъ крайне разнообразныя формы въ зависимости отъ той цѣли, съ которой они устраиваются — для научнаго изслѣдованія, или же для практическаго примѣненія. Какъ-бы ни были различны ихъ формы, но первымъ условіемъ для изготовленія электромагнита является употребленіе мягкаго желѣза, лишеннаго всякой задерживательной силы.

Желѣзо можно сдѣлать мягкимъ, если нагрѣть его на огнѣ изъ

древеснаго угля до блага каленія и затѣмъ дать медленно остыть въ золѣ. Такъ какъ при этомъ желѣзо покрывается слоемъ окиси, которая опять придаетъ ему извѣстную степень твердости, то накалываютъ желѣзо, предварительно покрывши его слоемъ глины, и даютъ ему медленно остыть, не удаляя этой глиняной оболочки. Глиняная оболочка легко растрескивается и потому лучшей способъ предохраненія желѣза отъ образованія окиси состоитъ въ томъ, что хорошо очищенные куски желѣза помѣщаются въ чугунныя формы, герметически запирающіяся, при чемъ промежутки между кусками засыпаются порошокомъ изъ глины или угля. Чугунныя формы подвергаются затѣмъ вмѣстѣ съ содержимымъ прокаливанію.

Для изготовленія прямого магнита обматываютъ круглый прямой желѣзный стержень однимъ или нѣсколькими слоями изолированной мѣдной проволоки, при чемъ отдѣльные обороты обмотки должны близко прилегать другъ къ другу. Если изолировка проволоки на столько повреждена, что обнаженные мѣста могутъ соприкасаться съ желѣзомъ, образуя короткое замыканіе, или-же устанавливаютъ сообщеніе между оборотами проволоки, то такая проволока для устройства электромагнитовъ не можетъ быть употреблена безъ примѣненія слѣдующихъ предосторожностей. Стержень электромагнита покрываютъ сперва оболочкой изъ бумаги или тонкаго картона, сверхъ которой и обматываютъ проволоку, изолируя кромѣ того поврежденные мѣста шеллакомъ. По обоимъ концамъ электромагнита оставляютъ часть въ 5—10 мм. длиною безъ обмотки.

Наиболѣе часто употребляются электромагниты *подковообразной* формы. Кусокъ круглаго желѣза въ 1—2 см. діаметромъ сгибаютъ въ видѣ подковы. На каждую изъ вѣтвей этой подковы надѣваютъ по катушкѣ съ обмоткой изъ мѣдной изолированной проволоки. Обмотки обѣихъ катушекъ должны быть соединены между собою и кромѣ того направленіе обмотки на обѣихъ плечахъ магнита должно быть непремѣнно *одностороннее*. Это будетъ явнѣе, если мы представимъ себѣ, что подкова электромагнита выпрямлена и тогда продолженіе обмотки одного конца будетъ явственно одностороннимъ; въ согнутомъ-же видѣ кажется какъ-будто направленія обмотокъ обѣихъ плечъ противоположны. Проволока переходитъ съ одного плеча на другое, образуя при этомъ изгибъ въ видѣ лежащей буквы S.

Вмѣсто того, чтобы выгибать стержень магнита (сердечникъ) въ подковообразную форму, предпочитаютъ очень часто дѣлать оба сердечника отдѣльно, и прикрѣпляютъ ихъ къ довольно толстой полоскѣ изъ мягкаго желѣза. Съ этой цѣлью можно взять полоску мягкаго желѣза длиною въ 5 см.,  $1\frac{1}{2}$  см. шириною и 5 мм. толщиною; въ этой полоскѣ просверливаютъ два отверстія діаметромъ

въ 5—6 мм, на разстояніи другъ отъ друга въ 3 см. Затѣмъ изготовляютъ два стерженька изъ круглаго мягкаго желѣза діаметромъ въ 1 см., длиною 4 см.; одинъ изъ концовъ каждого стержня опиливаютъ такъ, чтобы онъ туго входилъ въ соотвѣтствующее отверстіе полоски и при томъ нѣсколько выступалъ надъ нею для того, чтобы можно было его заклепать въ ней. вмѣсто заклепыванія можно концы сердечниковъ и отверстія для нихъ снабдить винтовыми нарѣзками и ввинтить сердечники въ полосу, или же наконецъ прикрѣпить сердечники къ полоскѣ посредствомъ отдѣльныхъ винтовъ.

*Магнитное сопротивленіе.* Мы уже упоминали выше, что магнитныя силовыя линіи стального магнита или электромагнита постоянно идутъ отъ сѣвернаго полюса къ южному, проникаютъ черезъ магнитъ и образуютъ такимъ образомъ постоянный магнитный круговой потокъ. Этотъ магнитный токъ, называемый также *силовымъ токомъ*, встрѣчаетъ въ нехорошо соприкасающихся желѣзныхъ частяхъ сопротивленіе и отъ этого становится слабѣе, подобно тому какъ это имѣетъ мѣсто и относительно электрическаго тока при плохихъ контактахъ проводовъ.

### Названія составныхъ частей электромагнита.

Въ каждомъ электромагнитѣ различаютъ слѣдующія составныя части: перекладина или ярмо *i* (см. рис. 199); плечи или сердечники

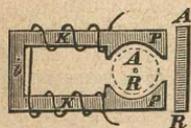


рис. 197.

*kk*, которыя оканчиваются полюсами *pp*; катушки, которыя либо прямо наматываются на плечи, либо наматываются сперва на полый цилиндръ изъ картона или дерева и затѣмъ надвигаются на сердечники; наконецъ — ярко электромагнита *AR*, состоящій обыкновенно изъ брусочка мягкаго желѣза. Въ динамомашинахъ полюса электромагнитовъ имѣютъ цилиндрически выточенные концы, между которыми и вращается подвижной ярко *AR*, состоящій изъ катушки съ обмоткой изъ мѣдной проволоки.

Назначеніе магнитовъ состоитъ либо въ притяженіи якоря при замыканіи тока, либо въ возбужденіи электрическихъ токовъ во вращающемся якорѣ, какъ это имѣетъ мѣсто въ динамомашинахъ.

### К а т у ш к и.

Катушки изготовляются изъ проклееннаго и затѣмъ покрытаго лакомъ картона; къ картонному цилиндру прикрѣпляются по концамъ

деревянные кружки толщиной от 1 до 2 см. Катушки дѣлають также и совсѣмъ изъ дерева, подобно катушкамъ для нитокъ; при этомъ необходимо, чтобы деревянный цилиндръ имѣлъ возможно тонкія стѣнки, такъ какъ токъ тѣмъ сильнѣе намагничиваетъ желѣз- ный стержень (сердечникъ), чѣмъ ближе обмотка къ сердечнику.

Наматываніе проволоки на катушку производится отъ руки, или же такъ-же, какъ наматываютъ нитки на ихъ катушки; при этомъ способѣ обороты проволоки ложатся правильно и плотно одинъ возлѣ другаго, а также одинъ рядъ надъ другимъ.

Мы опишемъ здѣсь простое приспособленіе для обмотки, которое можетъ быть легко изготовлено самимъ любителемъ.

Катушка *R* (см. рис. 198) укрѣпляется на шпиндель *S* (который

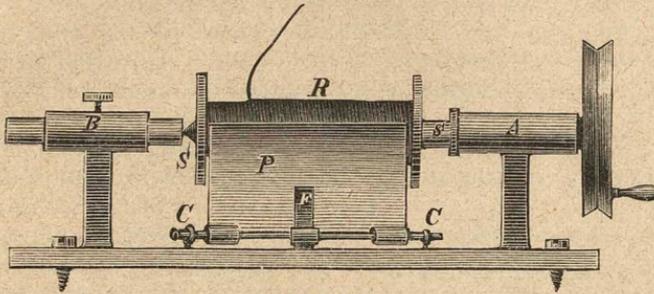


рис. 198.

иногда обвертываютъ бумагой). Этотъ шпиндель проходитъ черезъ подставку *A*, состоящую изъ куска латунной трубки, упирается своимъ острымъ концемъ

въ углубленіе стержня подставки *B*.

и вращается при

помощи маховичка

съ рукояткой *k*.

Пружина *F* нажи-

маетъ мѣдную до-

щечку *P* на катуш-

ку; эта дощечка

вращается на оси

*CC*. На рис. 199

изображенъ попе-

речный разрѣзъ

только что опи-

саннаго прибора съ

добавленіемъ къ нему

спереди подставки для

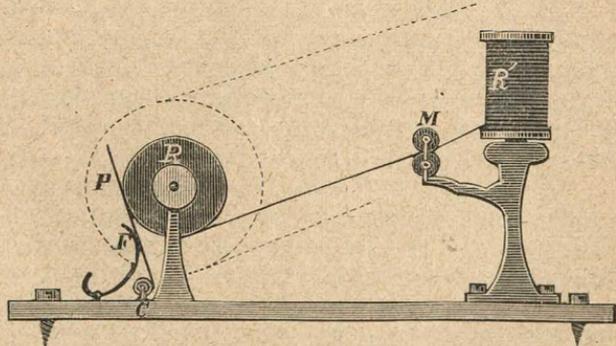


рис. 199.

катушки  $R'$ , на которой находится проволока, предназначенная для обмотки катушки  $R$ . Проволока эта, прежде чѣмъ попасть на катушку  $R$ , проходить еще между двумя каучуковыми валиками  $M$ . Весь приборъ можетъ быть поставленъ на токарный станокъ и если затѣмъ устроить передачу движенія отъ колеса токарнаго станка къ маховичку прибора, то обматываніе катушки  $R$  можетъ быть произведено быстро и удобно. Пружинка  $F$  должна производить тѣмъ большее давленіе, чѣмъ толще наматываемая проволока.

*Соединеніе проводовъ обмотки двухъ катушекъ электромагнита.* Обмотка двухъ катушекъ, которыя должны быть надѣты на сердечники подковообразнаго электромагнита, должна быть соединена такъ, чтобы проволока отъ верхней части одной катушки переходила бы на другую катушку, образуя видъ лежачей буквы  $\infty$ .

Кто приобрѣлъ уже навыкъ въ обматываніи катушекъ, тотъ найдетъ возможность намотать обѣ катушки безъ перерыва проволоки. Оба свободныхъ конца обмотки катушки свертываютъ въ видѣ спирали длиною 3—4 см. при помощи наворачиванія на круглый карандашъ. Концы спиралей освобождаютъ на 2—3 см. отъ изолировки, очищаютъ наждачной бумагой и затѣмъ прикрѣпляютъ къ зажимамъ.

При началѣ обмотки катушки надо пропустить конецъ проволоки черезъ отверстіе въ деревянномъ кружкѣ, продѣланное возможно близко къ поверхности цилиндра катушки. Когда всѣ обороты катушки уже наматаны, тогда свободный конецъ проволоки пропускаютъ въ отверстіе другого (или того же) деревяннаго кружка, продѣланное на высотѣ послѣдняго оборота проволоки.

**Правила, которыя слѣдуетъ соблюдать при изготовленіи электромагнитовъ.**

1) *Размѣры проволоки и сила тока.* Толщина проволоки должна быть такъ подобрана, чтобы сопротивленіе катушекъ было бы равно внѣшнему сопротивленію, включая сюда и сопротивленіе гальваническихъ элементовъ. Практика же выработала правило, что сопротивленіе катушки должно быть равно только  $\frac{3}{7}$  (а по другимъ всего лишь  $\frac{5}{16}$ ) внѣшняго сопротивленія.

Для слабыхъ токовъ надо брать длинную и тонкую проволоку, а для сильныхъ токовъ—короткую и толстую.

Сила  $M$ , возбуждающая магнетизмъ въ сердечникѣ электромагнита, черезъ обмотку котораго протекаетъ электрическій токъ, возрастаетъ пропорціонально съ увеличеніемъ числа оборотовъ обмотки катушки, а также и съ увеличеніемъ силы тока  $I$ ; такимъ образомъ получимъ, что  $M$  пропорц.  $n \cdot I$ . Иначе сказать: сила электромагнита до извѣстнаго предѣла пропорціональна числу оборотовъ спирали и силѣ тока, по ней протекающему. Если сила тока выражена въ амперахъ,

то говорятъ, что сила электромагнита пропорціональна числу амперъ-оборотовъ обмотки катушки.

Такимъ образомъ, напримѣръ, токъ силою въ 5 амп., пробѣгая по 20 оборотамъ обмотки катушки, произведетъ приблизительно такое же магнитное дѣйствіе, какъ другой токъ силою въ 1 амп., пробѣгая 100 оборотовъ обмотки катушки.

2) При неизмѣнной силѣ тока и при томъ же числѣ оборотовъ катушки толщина проволоки не имѣетъ вліянія на величину магнитной силы. Это положеніе справедливо до извѣстной степени и относительно ширины спирали, если сердечникъ электромагнита не выступаетъ за предѣлы спирали.

3) Обыкновенно сердечники электромагнитовъ обматываются по всей ихъ длинѣ равномерными слоями проволоки; обмотка однихъ только концовъ электромагнитовъ, какъ это бываетъ при изготовленіи электромагнитовъ для нѣкоторыхъ телефоновъ, влечетъ за собою большія колебанія въ силѣ намагничиванія, но за то увеличиваетъ повидимому его силу на концахъ.

4) Такъ какъ намагничивающее дѣйствіе электрическаго тока сильно уменьшается съ удаленіемъ проволоки обмотки отъ сердечника, то легко можетъ случиться, что увеличеніе числа оборотовъ а слѣдовательно и длины проволоки не только не увеличитъ дѣйствія, но даже подѣйствуетъ вредно, вслѣдствіе увеличенія сопротивленія обмотки. Практикой выработано такое правило: полная толщина электромагнита не должна превышать тройной толщины сердечника взятаго отдѣльно. Другими словами: толщина слоевъ обмотки должна быть не больше діаметра сердечника.

5) При одинаковой силѣ тока магнитная сила полюсовъ электромагнита обратно пропорціональна квадрату его діаметра и прямо пропорціональна длинѣ его сердечниковъ. Отсюда слѣдуетъ, что вообще длинные электромагниты болѣе выгодны. При изготовленіи небольшихъ электромагнитовъ слѣдуетъ соблюдать, чтобы отношеніе діаметра его сердечника къ длинѣ было бы равно 1 : 11. Въ новыхъ динамомашинахъ для уменьшенія магнитнаго сопротивленія встрѣчается отношеніе діаметра электромагнита къ его длинѣ равное 1 : 3.

6) Размѣры сердечниковъ должны сообразоваться съ электровозбудительной силой источника электрическаго тока и съ сопротивленіемъ той цѣпи, въ которую вводится электромагнитъ. Если цѣпь длинна и электровозбудительная сила мала, то плечи электромагнита дѣлаютъ длинными и тонкими; наоборотъ, если цѣпь коротка и батарея сильна, то въ этомъ случаѣ дѣлаютъ электромагниты короткими и толстыми. Сравни съ пунктомъ 1-мъ.

7) Сопротивленіе обмотки катушки должно быть тѣмъ меньше,

чѣмъ короче время, втеченіе котораго пропускается по ней токъ. Это необходимо въ виду того, что съ увеличеніемъ длины проволоки усиливаются и самоиндукціонные токи, о которыхъ рѣчь будетъ ниже; здѣсь рѣчь идетъ, понятно, о весьма малыхъ промежуткахъ времени, напр. доляхъ секунды.

8) Удаленіе полюсовъ электромагнита одинъ отъ другаго должно быть таково, чтобы возможно меньшее количество силовыхъ линій переходило отъ одного полюса къ другому, не пересѣкая въ то же время лежащій между ними якорь. Разстояніе одного полюса до другаго, раздѣленное на двойное разстояніе полюса до желѣзнаго сердечника якоря, должно быть возможно велико, и по меньшей мѣрѣ равно 7. Площадь поперечнаго сѣченія ярма должна быть въ  $1\frac{1}{2}$ —2 раза болѣе площадей сердечниковъ.

9) Притягательная сила между полюсами электромагнита и якоремъ возрастаетъ при томъ-же разстояніи пропорціонально квадрату силы тока и квадрату числа оборотовъ обмотки. Съ увеличеніемъ разстоянія между полюсами и якоремъ притягательная сила уменьшается, но усиливается съ увеличеніемъ поверхности якоря. При очень незначительномъ разстояніи притягательная сила ему пропорціональна, но при увеличеніи разстоянія она уменьшается уже пропорціонально квадрату разстоянія.

10) При одной и той же силѣ тока и другихъ равныхъ условіяхъ цилиндрической якорь притягивается съ меньшей силой, чѣмъ якорь съ той же поверхностью, но призматической.

11) Хорошіе результаты даетъ электромагнитъ, въ которомъ существуетъ равенство между массой сердечниковъ и якоря.

12) Быстро вращающійся якорь долженъ быть легокъ и желѣзо должно быть правильно размѣщено въ немъ; электромагниты должны быть снабжены полюсными оконечностями (Polschuhe), которыя бы обхватывали тѣсно якорь.

13) Распредѣленіе магнетизма въ сердечникахъ электромагнита зависитъ отъ слѣдующихъ условій.

а. Сердечники намагничиваются тѣмъ больше и глубже, чѣмъ сильнѣе токъ, протекающій черезъ обмотку катушки.

б. Каждый слой мягкаго желѣза сердечника имѣетъ свою норму насыщенія, т. е. такой предѣлъ, дальше котораго нѣтъ увеличенія въ силѣ намагничиванія, не смотря на увеличеніе силы тока. Этого предѣла насыщенія скорѣе всего достигаютъ внѣшнія части сердечниковъ. При слабыхъ намагничивающихъ силахъ внутреннія части сердечниковъ остаются совершенно не намагниченными. Этимъ объясняется отношеніе, существующее между сплошными и полыми сердечниками къ намагничивающимъ силамъ различной величины.

Сплошной круглый сердечникъ развиваетъ большую притягательную силу, нежели трубчатый такого же наружнаго діаметра. Но если трубчатый сердечникъ закрыть желѣзной пробкой, то развиваемая имъ притягательная сила будетъ почти такая же, какъ и у сплошнаго сердечника того же діаметра. Толщина стѣнокъ трубчатаго сердечника должна быть равна по крайней мѣрѣ  $\frac{1}{4}$  его діаметра.

*c.* Если на желѣзный стержень, покрытый обмоткой, надвинуть желѣзную трубку, закрытую съ одного конца желѣзной же пластинкой, то получится трубчатый магнитъ, котораго притягательная сила будетъ примѣрно раза въ три болѣе притягательной силы желѣзнаго стержня.

*d.* Длинные и тонкіе сердечники достигаютъ предѣла насыщенія быстрѣе, чѣмъ короткіе и толстые.

14). Притягивающая сила хорошаго электромагнита должна утрачиваться почти одновременно съ прекращеніемъ тока, пробѣгающаго по обмоткѣ катушекъ, но этого обыкновенно никогда не бываетъ. Самое мягкое желѣзо удерживаетъ на нѣкоторое, хотя и весьма непродолжительное, время тотъ магнетизмъ, который оно приобрѣло подѣ влияніемъ прохожденія тока по обмоткѣ. Поэтому якорь электромагнита удерживается нѣкоторое время по прекращеніи тока—въ силу влиянія *остаточнаго* магнетизма, не утеряннаго моментально сердечникомъ.

*a.* Массивные длинные стержни удерживаютъ много остаточнаго магнетизма.

*b.* Остаточный магнетизмъ тѣмъ больше, чѣмъ больше длина желѣзнаго стержня сравнительно съ его толщиной.

*c.* Остаточный магнетизмъ меньше при быстромъ размыканіи тока, чѣмъ при медленномъ и постепенномъ.

15). Магнитная сила и повторное намагничиваніе.

*a.* Если желѣзный стержень намагничивается катушкой въ первый разъ, то магнитная сила растетъ при слабыхъ токахъ быстрѣе, чѣмъ сама сила тока.

*b.* Это болѣе быстрое усиленіе намагничиванія проявляется сильнѣе у длинныхъ стержней, чѣмъ у короткихъ.

*c.* Это явленіе становится все слабѣе, по мѣрѣ повторенія намагничиванія.

16). Дѣйствія катушки, по обмоткѣ которой протекаетъ токъ.

*a.* Сила, съ которой стальной магнитъ втягивается во внутрь полой катушки, почти точно пропорціональна силѣ тока и числу оборотовъ спирали.

*b.* Сила, съ которой мягкій желѣзный стержень втягивается во

внутрь полой катушки, пропорціональна квадрату силы тока и квадрату числа оборотовъ обмотки катушки.

17). Если у двудлечнаго электромагнита лишь одинъ сердечникъ снабженъ обмоткой, то при известномъ числѣ оборотовъ обмотки дѣйствіе этого электромагнита будетъ почти также велико, какъ и въ томъ случаѣ, еслибы оба его сердечника были снабжены обмоткой.

### Расчеты обмотки электромагнитовъ.

Обозначимъ  $a$  длину проволочной катушки,  $b$ —толщину ея или, что тоже, разстояніе сердечника отъ поверхности верхняго слоя обмотки,  $c$ —діаметръ сердечника и  $d$ —діаметръ проволоки; въ такомъ случаѣ имѣемъ:

1) что число оборотовъ обмотки, лежащихъ одинъ надъ другимъ,

$$Z = \frac{b}{d};$$

2) что число оборотовъ обмотки, лежащихъ въ одномъ ряду одинъ возлѣ другаго,

$$Z' = \frac{a}{d};$$

3) что число всѣхъ оборотовъ обмотки

$$n = Z \cdot Z' = \frac{a b}{d^2}$$

4) что длина всей проволоки обмотки

$$l = (b + c) \frac{a b}{d^2} \pi, \text{ (гдѣ } \pi = 3,14);$$

5) что вѣсъ проволоки обмотки  $g$  равенъ произведенію изъ длины  $l$  на площадь поперечнаго сѣченія  $q$  и на удѣльный вѣсъ  $p$ , то есть

$$g = l \cdot q \cdot p;$$

но такъ какъ

$$q = \frac{d^2}{4} \pi, \text{ то получимъ}$$

$$g = \frac{(b + c) a b \pi^2 p}{4}; \text{ (} p \text{ для мѣди равно 8,9).} \quad 1).$$

1) Чтобы получить вѣсъ въ граммахъ всѣ размѣры должны быть выражены въ сантиметрахъ.

6) Сопротивленіе проволоки обмотки

$$R = \frac{l \cdot s}{q}, \text{ гдѣ}$$

$s$ —есть величина удѣльнаго сопротивленія проволоки. Для мѣди  $s$  равно 0,0172 для длины проволоки въ 1 метръ и при 1 кв. миллиметрѣ поперечнаго сѣченія.

Если въ формулу  $R = \frac{l \cdot s}{q}$  подставимъ вмѣсто  $l$  и  $q$  соотвѣтствующія имъ величины, и замѣнимъ  $\frac{ab}{d^2}$  черезъ  $n$ , то прійдемъ къ слѣдующему выраженію

$$R = \frac{(b + c) 4 n^2 s}{a b};$$

7) Изъ предыдущаго извѣстно, что  $M$  намагничивающая сила спирали пропорціональна числу ея оборотовъ и силѣ тока, то есть

$$M = n \cdot J, \text{ но}$$

$$J = \frac{E}{R + R^1} \text{ гдѣ}$$

$R$ —есть сопротивленіе обмотки, а  $R^1$ —есть внѣшнее сопротивленіе; отсюда получимъ

$$M = n \cdot \frac{E}{R + R^1}.$$

Наибольшая величина намагничивающей силы достигается когда

$$R = R^1, \text{ а такъ какъ}$$

$$R = \frac{(b + c) 4 ab \cdot s}{d^2}, \text{ то получимъ}$$

$$M = \frac{E}{4} \sqrt{\frac{ab}{(b + c) R^1 \cdot s}};$$

$$\text{а } d = \sqrt[4]{\frac{4(b + c) ab \cdot s}{R^1}}.$$

### Направленіе тока и полярность желѣзныхъ стержней, вокругъ которыхъ протекаетъ токъ.



рис. 200.

Другое правило состоитъ въ слѣдующемъ: если представить себѣ, что электрическій токъ проходитъ по обмоткѣ электромагнита въ томъ направленіи, которое соответствуетъ направленію вращенія оборотовъ пробочника при его ввинчиваніи и вывинчиваніи, то при этомъ каждая точка пробочника будетъ двигаться по направленію къ сѣверному полюсу стержня (см. рис. 200 справа).

### Размѣры электромагнита, пригоднаго для опытовъ.

Для намагничиванія стальныхъ полюсовъ, а также и для показанія большинства электромагнитныхъ явленій, достаточно имѣть электромагнитъ слѣдующихъ размѣровъ. Діаметръ сердечниковъ—2,5 см., длина сердечниковъ 12 см.; удаленіе центровъ сердечниковъ—8 см.; для обмотки берутъ мѣдную проволоку съ діаметромъ безъ изолировки въ 1,7 мм., изолировка должна быть двойная нитяная, число слоевъ обмотки, лежащихъ одинъ надъ другимъ, можетъ быть равно 4-мъ; концы сердечниковъ могутъ выступать изъ за обмотки на 1 см. Сердечники и ярмо должны быть изготовлены изъ прокаленнаго мягкаго желѣза.

## ГЛАВА IX.

### Примѣненія электричества къ домашней телеграфіи: электрическіе звонки, номерные аппараты и т. п.

Электрическій звонокъ или проще—электрическій звонокъ состоитъ обыкновенно изъ слѣдующихъ частей: изъ *электромагнита* съ двумя плечами (сердечниками), *якоря* этого электромагнита, автоматическаго *прерывателя* тока и *звонка* (колокольчика). При прохожденіи тока черезъ обмотку электромагнита его якорь притягивается къ нему и производитъ при этомъ ударъ по звонку молоточкомъ, который укрѣпленъ на концѣ пластинки якоря.

Устройство прерывателя тока измѣняется въ зависимости отъ того, долженъ ли звонокъ быть *одноударнымъ* или *дребезжащимъ*.

#### Устройство дребезжащаго звонка.

а) *Электромагнитъ*. Длина плечей электромагнита равна 4,5 см., діаметръ сердечниковъ 1 см., разстояніе между центрами—2,6 см., (рис. 201). Діаметръ голы мѣдной проволоки для обмотки катушекъ—0,4 мм., таже проволока съ изолировкой, изъ шелка имѣетъ діаметръ въ 0,6 мм., длина проволоки на одной катушкѣ 20,45 метр., число оборотовъ=350; число слоевъ обмотки=7, сопротивленіе обоихъ катушекъ=5,68 ома; внѣшній діаметръ обмотки=2,42 см., внутренній діаметръ обмотки=1,3 см., пространство между фланцами деревянныхъ катушекъ (длина катушки) равно 4 см. Для приведенія въ дѣйствіе такого звонка достаточно двухъ элементовъ съ перекисю марганца, соединенныхъ послѣдова-

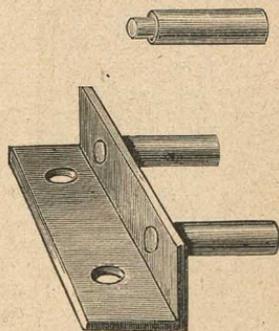


рис. 201.

тельно; они при разности потенциаловъ въ 1,4 вольта у зажимовъ даютъ токъ силою въ  $\frac{1}{4}$  ампера.

в) *Якорь* (см. рис. 202). Для такого звонка якорь изготовляется

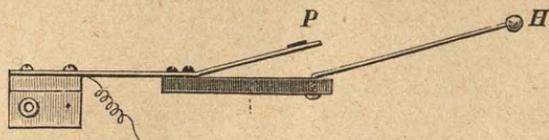


рис. 202.

изъ пластинки мягкаго желѣза въ 3—4 мм. толщиною, въ 15 мм. шириною, 45 мм. длиною (длина равна крайнему разстоянію между полюсами электромагнита). Къ одному изъ концовъ якоря привинчена плоская часовая пружина шириною въ 10 мм., которая другимъ своимъ концомъ привинчена или приклепана къ подставкѣ слѣва. Длина пружины между подставкой и якоремъ должна быть равна примѣрно 8 мм. Конецъ пружины, прикрѣпленный къ якорю, имѣетъ продолженіе, отогнутое кверху, и на его концѣ припаянъ маленькій, плоскій кусочекъ платины Р. Къ другому концу якоря привинчена или припаяна твердая латунная проволока въ 2 мм. толщиною; внѣшній конецъ этой проволоки снабженъ латуннымъ или желѣзнымъ шарикомъ Н, который и служитъ молоточкомъ.

с) *Прерыватель*. Платиновая пластинка Р, при спокойномъ

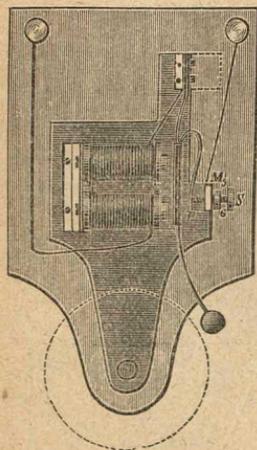


рис. 203.

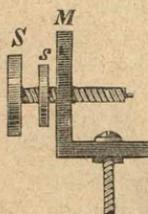


рис. 204.

положеніи якоря, упирается въ короткій платиновый штифтъ (0,3—0,5 мм. толщиною), который впаянъ въ винтъ S, (см. рис. 204 и 205), который снабженъ гаечкой s. Этотъ винтъ S, служащій для регулировки дѣйствія звонка, вращается въ латунной пластинкѣ М, которая загнута подъ прямымъ угломъ, имѣетъ толщину въ 2—3 мм. и привинчена къ деревянной дощечкѣ, служащей основаніемъ для всего звонковаго аппарата. Подставка, поддерживающая пружину съ якоремъ, должна быть по высотѣ равна той подставкѣ М, которая служитъ для поддержки винта S.

д) *Звонокъ* бываетъ обыкновенно діаметромъ въ 60—70 мм.

укрѣпляется на верхнемъ концѣ штифта (см. рис. 205) при помощи

гайки; нижній же конецъ штифта ввинчивается въ доску, служащую основаніемъ остальныхъ частей звонка. Можно конечно укрѣпить колокольчикъ и на деревянномъ стержнѣ деревянной же гайкой.

е) Сборка звонка (монтаж). Электромагнитъ, изображенный на рис. 203 и снабженный катушками, укрѣпляютъ на деревянной доскѣ шириною въ 10 см., длиною въ 15 см. и толщиною въ 1,5 см. Затѣмъ на доску привинчиваютъ подставку для якоря такимъ образомъ, чтобы пластинка якоря пришлась передъ полюсами электромагнита и отстояла отъ верхняго сердечника на 1 мм., а отъ нижняго — на 2—3 мм. Противъ платиновой пластинки на якорной пружинѣ укрѣпляютъ латунный угольникъ съ регулирующимъ винтомъ, который устанавливаютъ такъ, чтобы его платиновый штифтъ упирался въ середину платиновой пластинки. Затѣмъ ввинчиваютъ стержень, поддерживающій колокольчикъ, такимъ образомъ, чтобы разстояніе между колокольчикомъ и молоточкомъ было равно 4—5 мм. Наконецъ укрѣпляютъ одинъ изъ свободныхъ концовъ обмотки катушекъ къ якорной подставкѣ, а другой — къ зажиму вверху вѣтви; правый же верхній зажимъ соединяютъ голой проволокой съ подставкой регулирующаго винта. До сборки звонка лучше сдѣлать точный схематическій рисунокъ расположенія отдѣльныхъ частей прибора.

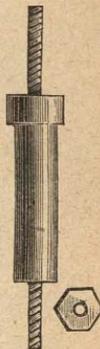


рис. 205.

### Элементы для звонка, прохожденіе тока по звонку, регулировка.

Наиболѣе употребительный элементъ для звонковъ есть элементъ съ перекисью марганца (Лекланше) въ его разнообразныхъ видоизмѣненіяхъ. Напряженіе у зажимовъ этого элемента равно 1,46 вольта, а внутреннее сопротивление при обыкновенныхъ большихъ электродахъ равно 1,5 омамъ; такіе элементы дешевы, служатъ очень долго и отличаются тѣмъ, что сила тока восстанавливается быстро, во время перерывовъ между дѣйствіями звонка. Для звонковыхъ аппаратовъ, установленныхъ на короткихъ линияхъ (не болѣе 40 метровъ), берутъ два послѣдовательно соединенныхъ элемента, а для длинныхъ (отъ 40 до 60 м.)—три; свыше 60 м. употребляютъ 4 элемента. Провода отъ элементовъ присоединяются къ зажимамъ звонка и, если все собрано и установлено въ порядкѣ, то молоточекъ начинаетъ быстро и сильно ударять по колокольчику. Допустимъ, что правый верхній зажимъ (см. рис. 206) соединенъ съ положительнымъ полюсомъ батареи; тогда токъ проходитъ изъ платинового

штифта регулирующего винта въ платиновую пластинку якорной пружины, оттуда идетъ въ обмотку катушекъ электромагнита и затѣмъ къ верхнему лѣвому зажиму, который соединенъ съ отрицательнымъ полюсомъ батареи. При замыканіи тока сердечники электромагнита намагничиваются, притягиваютъ къ себѣ пластинку якоря, черезъ что нарушается прикосновеніе между платиновой пластинкой и штифтомъ. Это влечетъ за собой перерывъ тока, при чемъ сердечники электромагнита теряютъ свою притягательную силу, якорь подъ вліяніемъ дѣйствія своей пружины принимаетъ прежнее положеніе, платиновые контакты опять соприкасаются и токъ проходитъ вновь; все это повторяется до тѣхъ поръ, пока не прервутъ сообщенія звонка съ батареей.

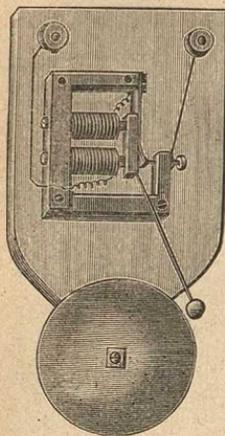


рис. 206.

Если при замыканіи тока якорь бытъ бы притянутъ къ электромагниту, но въ тоже время сохранился контактъ между штифтомъ регулирующего винта и платиновой пластинкой, то слѣдуетъ вывинтить регулирующій винтъ на столько, чтобы прерыватель дѣйствовалъ правильно. Если молоточекъ не ударяетъ по колокольчику, то надо передвинуть соответствующимъ образомъ электромагнитъ или же согнуть латунный стержень, поддерживающій молоточекъ.

Иногда платиновую пластинку припаиваютъ не къ пружинкѣ

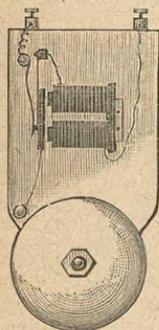


рис. 207.

якоря, а непосредственно къ самой его пластинкѣ; такое устройство не хорошо тѣмъ, что контактъ между пластинкой якоря и штифтомъ регулирующего винта прерывается слишкомъ быстро, токъ проходитъ черезъ обмотку электромагнита втеченіе слишкомъ короткаго промежутка времени, вызываетъ слишкомъ слабый магнитизмъ въ сердечникахъ, а это влечетъ за собою слишкомъ слабое притягиваніе къ электромагниту его якоря; слѣдствіемъ этого является и слабый удар молоточка по колокольчику. При нахожденіи платиновой пластинки на пружинѣ якоря, контактъ длится дольше и электромагнитъ сильнѣе намагничивается; дѣло въ томъ, что даже для мягкаго желѣза нужно извѣстное время для достиженія

полной силы намагничиванія, соответствующей тому току, который проходитъ по его обмоткѣ.

Можно избѣгать употребленія регулирующего винта, если плати-

новый штифтикъ припаять къ пружинкѣ, соединенной съ лѣвымъ верхнимъ зажимомъ, какъ это показано на рис. 207; но при такомъ устройствѣ регулировка дѣйствія звонка дѣлается болѣе затруднительной.

### Возможныя ошибки.

При устройствѣ звонковыхъ аппаратовъ могутъ встрѣтиться недостатки отъ слѣдующихъ причинъ: 1) плохіе контакты (мѣста соприкосновенія); 2) плохая установка отдѣльныхъ частей; 3) не исправная изолировка; 4) коробленіе дерева.

Примѣчанія къ № 1. Если провода отъ батареи подложены подъ основанія зажимовъ, то можетъ случиться, что винты зажимовъ не достаточно ввинчены въ дерево и поэтому основаніе зажима не прилегаетъ достаточно плотно къ проволокѣ проводника. Бываетъ также, что и другіе винтики не хорошо завинчены. Случаются поврежденія и въ мѣстахъ спайки особенно въ томъ случаѣ, если спайка произошла при помощи раствора хлористаго цинка, который не былъ затѣмъ хорошо отмытъ и мѣсто спайки не было высушено. При такихъ обстоятельствахъ мѣсто спая быстро разбѣдается, поэтому слѣдуетъ всегда употреблять при паяніи канифоль. Иногда случается, что по ошибкѣ пластинку и штифтикъ дѣлаютъ не изъ платины, а изъ серебра. Платину отъ серебра можно отличить по ихъ отношенію къ азотной кислотѣ. Платина въ азотной кислотѣ не растворима, а серебро растворяется и даетъ, если оно свободно отъ мѣди, совершенно безцвѣтный растворъ, изъ котораго соляная кислота выдѣляетъ хлористое серебро въ видѣ бѣлаго хлопковиднаго осадка. Если-же серебро содержитъ мѣдь, то растворъ получается зеленоватаго цвѣта. Бумага, смоченная растворомъ серебра, на свѣтѣ темнѣетъ, приобрѣтая сперва фіолетовый оттѣнокъ.

Регулирующій винтъ бываетъ иногда слабо укрѣпленъ и тогда надо подтянуть его контр-гайку; если-же таковой не имѣется, то слѣдуетъ пластинку, поддерживающую винтъ, распилить сверху до отверстія съ винтовой нарѣзкой посредствомъ лобзика (Laubsäge) и затѣмъ плотно сжать.

Примѣчанія къ № 2. Если якорь не отрывается отъ сердечниковъ магнита, то это можетъ происходить либо отъ того, что молоточекъ слишкомъ удаленъ отъ колокольчика, или-же отъ того, что сердечники недостаточно прокалены и обладаютъ по этому остаточнымъ магнетизмомъ. Иногда случается, что штифтъ прикасается къ платиновой пластинкѣ не въ серединѣ, а сбоку и попадаетъ при этомъ на припой. Если пружина, поддерживающая якорь слишкомъ туга (жестка), то это влечетъ за собою необходимость введенія въ

цѣнь большаго числа элементовъ; въ этомъ случаѣ слѣдуетъ пружину опилить тоньше. При слишкомъ слабой пружинѣ удары молоточка происходятъ слишкомъ медленно, поэтому пружину надо укоротить или же замѣнить ее другою.

Примѣчанія къ № 3. При плохо изолированной обмоткѣ электромагнитовъ могутъ происходить короткія замыканія и магниты при этомъ дѣйствуютъ слабо. Электромагнитъ звонковаго прибора, котораго колокольчикъ имѣетъ діаметръ въ 65 мм., долженъ притягивать якорь вѣсомъ въ 450 граммъ, при пропусканіи черезъ его обмотку тока отъ одного элемента Лекланше. Если онъ этого дѣйствія не даетъ, то надо искать поврежденій изолировки въ обмоткѣ катушекъ. Эти поврежденія обмотки, намотанной прямо на желѣзные сердечники, могутъ быть открыты посредствомъ пропусканія тока отъ большого элемента съ двухромокислымъ кали; при этомъ надо одинъ изъ полюсовъ элемента соединить съ однимъ изъ концовъ обмотки катушекъ, а проводникомъ отъ другого полюса проводить по сердечникамъ; если при этомъ получаютъ искры, то существованіе поврежденій въ изолировкѣ несомнѣнно. Эту ошибку можно исправить только обмотавъ сердечники новой хорошо изолированной проволокой.

Примѣчанія къ № 4. Теперь лишь весьма рѣдко отдѣльныя части электрическаго звонка монтируютъ на деревѣ. Вслѣдствіе изгибанія и коробленія дерева отъ вліянія переменъ температуры воздуха и степени его влажности разстоянія якоря отъ концовъ электромагнита, а также и пружинки якоря отъ платинового штифта, тоже измѣняются, а это влечетъ за собою постоянныя неправильности въ дѣйствіи звонка.

На рис. 206 изображенъ звонокъ, въ которомъ всѣ части звонковаго аппарата расположены на одной общей желѣзной или латунной доскѣ.

Къ вышеприведенному перечисленію причинъ, отъ которыхъ могутъ происходить неисправности въ дѣйствіи звонковыхъ аппаратовъ, необходимо еще прибавить, что каждый изъ нихъ долженъ быть обязательно снабженъ крышкою. Пыль, дымъ, паръ, осаждаясь на частяхъ звонковаго аппарата, нарушаютъ хорошіе контакты. Крышка изготовляется обыкновенно изъ тонкаго дерева и прикрываетъ всѣ части звонка, за исключеніемъ молоточка и колокольчика. При этомъ, понятно, стержень молоточка долженъ имѣть возможность свободно двигаться въ прорѣзѣ, сдѣланномъ въ одномъ изъ боковъ крышки.

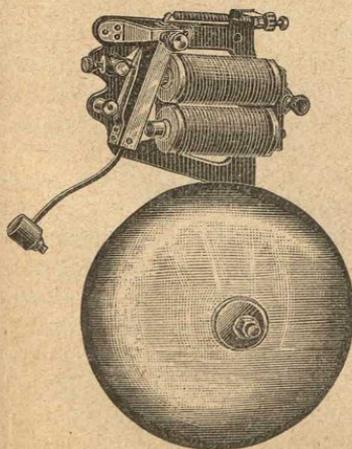
Слѣдующая таблица даетъ размѣры различныхъ частей звонковыхъ аппаратовъ разной величины. При этомъ надо замѣтить,

что обмотка катушек у тѣхъ звонковъ, которые предназначены для включенія въ длинныя цѣпи, должна быть сдѣлана изъ проволоки болѣе тонкой, чѣмъ у звонковъ, дѣйствующихъ на короткихъ разстояніяхъ (сравни стр. 252). Обмотка изъ проволоки толщиною въ 1,5 мм. достаточна даже для самыхъ большихъ звонковъ, какъ это видно и изъ нижеслѣдующей таблицы.

Диаметръ колокольчика въ мм.	Длина сердечниковъ въ мм.	Диаметръ сердечниковъ въ мм.	Длина катушекъ въ мм.	Диаметръ катушекъ въ мм.	Диаметръ проволоки въ мм.
60—65	50	8	45	19	0,3—0,4
75	58	10	50	22	0,4—0,5
90	64	11	58	25	0,5—0,6
100	70	12	64	28	0,5—0,6
115	76	14	70	34	0,6—0,7
130	82	16	76	35	0,6—0,7
140	85	17,5	82	38	0,7—0,8
150	86	20	90	40	0,7—0,9
165	100	23	100	45	0,7—0,9
175	106	24	106	48	0,8—1,0
190	112	24	106	50	0,8—1,2
200	115	25	112	52	0,9—1,4
212	120	25	115	53	1,0—1,5

### Звонковый аппарат для производства сильного звона.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, напримѣръ для производства сигналовъ тревоги и т. п., требуются аппараты съ сильными ударами звонка. Такой аппаратъ изображенъ на рис. 208.



— рис. 208.

Изъ этого рисунка видно, что всѣ отдѣльныя части звонка укрѣплены на одной общей желѣзной рамѣ и при этомъ прежде всего бросаются въ глаза сравнительно длинныя электромагниты. Сердечники этихъ электромагнитовъ отличаются еще тѣмъ, что ихъ діаметръ внутри катушекъ больше діаметра ихъ внѣшнихъ концовъ. Якорь этого электромагнита имѣетъ соответствующія концамъ сердечниковъ углубленія, куда они и могутъ входить, черезъ что является сильное притяженіе якоря къ электромагниту, даже въ томъ случаѣ,

когда якорь находится въ крайнемъ отъ него удаленіи. Такое устройство способствуетъ, конечно, сильнымъ ударамъ молоточка по колокольчику, а слѣдовательно и рѣзкому звону. Это же приспособленіе даетъ возможность довести отклоненіе якоря, при его движеніи между концами электромагнита и регулирующимъ штифтомъ до угла въ  $45^\circ$ , такъ какъ даже при этомъ крайнемъ положеніи электромагниты еще достаточно сильно дѣйствуютъ на якорь.

Якорь этого звонка снабженъ, какъ это дѣлается у многихъ прерывателей, пружиной полоской съ платиновой пластинкой, которая и прикасается къ регулирующему винту. Регулировка можетъ быть еще произведена также и посредствомъ большаго или меньшаго натяженія пружины въ верхней части якоря.

### Одноударный электрический звонок.

Въ звонкѣ, предназначенномъ для производства отдѣльныхъ ударовъ молоточка по колокольчику (что бываетъ нужно для передачи сигналовъ), концы обмотки соединены непосредственно черезъ зажимы съ полюсами батареи. Черезъ это, при замыканіи тока кнопкой, якорь притягивается къ электромагниту и удерживается имъ до тѣхъ поръ, пока продолжается давленіе на кнопку. На рис. 209

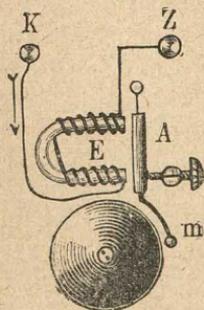


рис. 209.

изображенъ такой одноударный звонокъ. Якорь А подвѣшенъ вертикально при помощи гибкой пружинки, къ концу якоря А прикрѣпленъ молоточекъ *m* на гибкомъ стерженкѣ, чтобы звонъ колокольчика не заглушался при ударахъ. Платиновая пластинка припаяна непосредственно къ пластинкѣ якоря и упирается въ регулирующій винтъ. Отчетливые удары достигаются именно надлежащей установкой этого винта и соответствующей пружинки, къ которой подвѣшенъ якорь. Если пружина слишкомъ жестка, то удары молоточка слабы, а при слишкомъ мягкой пружинѣ, удары молоточка похожи на шумъ. Концы обмотки электромагнита Е соединены съ зажимами К и Z, а эти послѣдніе соединены съ полюсами батареи. Одноударные звонки имѣютъ то неудобство, что для каждаго удара приходится замыкать и размыкать токъ, но за то съ помощью ихъ можно передавать разные сигналы, если извѣстному числу ударовъ и различной продолжительности промежутковъ между ними, придано заранѣе условное значеніе.

## Непрерывнозвонящій будильникъ.

Въ этомъ приборѣ, изображенномъ на рис. 210, послѣ одного нажатія на кнопку звонокъ продолжаетъ дѣйствовать непрерывно до тѣхъ поръ, пока батарея дастъ токъ или пока контактъ не будетъ нарушенъ въ самомъ звонкѣ.

Ярмо электромагнита  $i$  имѣетъ продолженіе  $i'$ , къ концу котораго  $T$  привинчена пружина якоря. Полюсный зажимъ  $Pc$  соединенъ съ полюсомъ батареи  $C$  и съ однимъ изъ концовъ обмотки электромагнита. Зажимъ  $P1$  соединенъ съ прерывателемъ  $R$  и съ осью рычага  $H$ , а также черезъ кнопку  $D$  съ другимъ полюсомъ батареи  $Z$ .

Зажимъ  $Pz$  соединенъ со вторымъ регулирующимъ винтомъ  $R'$  и съ полюсомъ батареи  $Z$ . При замыканіи тока батареи черезъ нажатіе на кнопку  $D$  токъ идетъ черезъ зажимъ  $Pc$  въ обмотку электромагнита, отсюда черезъ якорь къ винту  $R$  и затѣмъ къ зажиму  $P1$ , а затѣмъ возвращается къ другому полюсу батареи  $Z$ . Все это происходитъ такъ, какъ это бываетъ и въ обыкновенномъ звонкѣ, но затѣмъ является разница. Лишь только якорь притянется электромагнитомъ, какъ тотчасъ же падаетъ рычагъ  $H$  на винтъ  $R'$  и тогда путь тока устанавливается уже слѣдующій: полюсъ батареи  $C$  (уголь или мѣдь), зажимъ  $Pc$ , обмотка электромагнита, якорь, винтъ  $R$ , рычагъ  $H$ , винтъ  $R'$ , зажимъ  $Pz$  и наконецъ другой полюсъ батареи  $Z$  (цинкъ). Если рычагъ  $H$  приподнять, то токъ будетъ вновь прерванъ и звонокъ перестанетъ дѣйствовать до слѣдующаго нажатія на кнопку  $D$ .

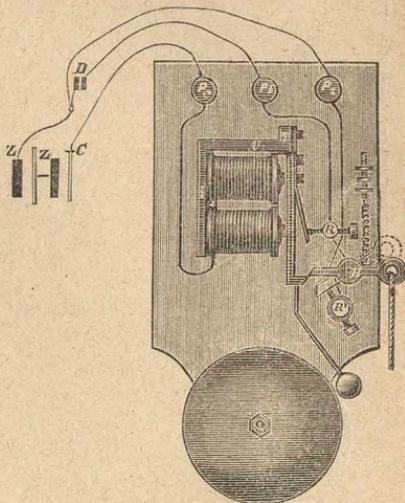


рис. 210.

## Другое устройство непрерывно-дѣйствующаго будильника.

Вышеописанный будильникъ можно устроить иначе, а именно отдѣлить винтъ  $R'$  съ рычагомъ  $H$  къ особому электромагниту  $M$  (см. рис. 211). Въ этомъ случаѣ электромагнитъ  $M$  служитъ своего рода *реле* для дребезжащаго звонка, т. е. пускающимъ въ ходъ аппаратомъ. Внешнія соединенія между батареей, кнопкой и зажимами

остаются при этомъ прежнія. При нажатіи на кнопку токъ замыкается черезъ  $P$ ,  $M$  и  $P_1$ , при этомъ рычагъ  $H$  падаетъ и замыкаетъ токъ черезъ  $P_2$ ,  $H$ ,  $R'$ ,  $R$  и  $P$ .

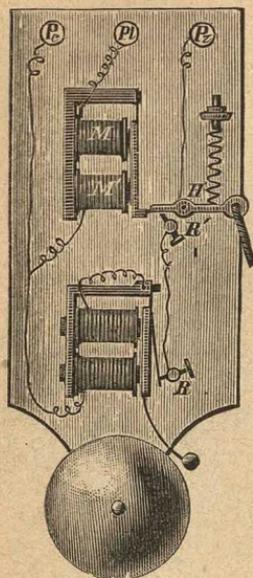


рис 211.

Натяжная пружинка рычага  $H$  должна быть очень точно урегулирована. Если эта пружина натянута слишкомъ сильно, то рычагъ  $H$  лишь съ большимъ трудомъ соскакиваетъ съ зацѣпки якоря, что влечетъ за собою необходимость увеличенія числа элементовъ батареи. Если же пружинка слаба, то рычагъ опирается слишкомъ слабо на якорь, такъ что можетъ соскочить съ него самъ при незначительномъ сотрясеніи, кромѣ того онъ даетъ тогда съ регулирующимъ винтомъ  $R$  плохой контактъ.

### Непрерывнодѣйствующій звонокъ.

На металлической доскѣ установленъ сильный одноплечный электромагнитъ  $E$  (см. рис. 212), на верхній полюсъ котораго привинченъ нѣсколько выступающій съ боку желѣзный горбыль (Polschuh). Якорь  $A$  прижимается помощью пружины  $F$  къ металлическому рычагу  $L$ . Регулирующій винтъ  $R$  изолированъ отъ металлическаго основанія деревянной или рогового каучука подкладкой.

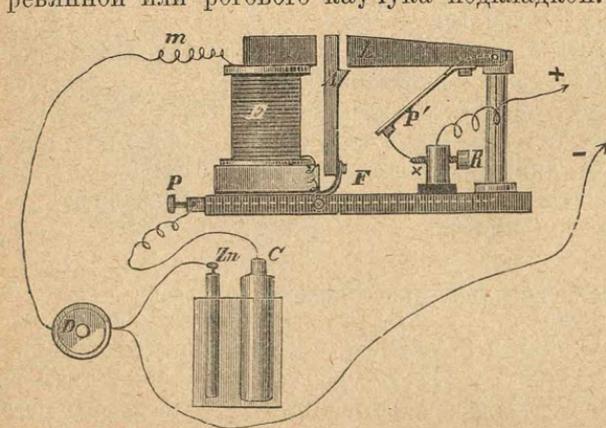


рис. 212.

Полюсъ батареи  $C$  соединенъ съ зажимомъ  $P$ , отъ котораго токъ можетъ при нажатіи на кнопку  $D$  пройти двумя путями: 1) въ одинъ конецъ обмотки электромагнита, черезъ обмотку, въ другой конецъ  $m$ , затѣмъ по проводу черезъ кнопку  $D$  и оттуда къ другому полюсу батареи  $Zn$ ; при этомъ электромагнитъ притянетъ якорь  $A$ ,

а через это освободится рычагъ L, который упадетъ книзу; контактъ пружинки P упадетъ на штифтъ  $x$  регулирующаго винта R. Это самое откроетъ току другой путь: отъ зажима P онъ пройдетъ по доскѣ основанія въ стойку, поддерживающую рычагъ L, въ пружину P', оттуда въ регулирующій винтъ R и отъ него уже въ проводъ, обозначенный знакомъ +, черезъ звонковый аппаратъ, откуда и вернется по проводу со знакомъ — къ полюсу батареи Zn. Звончокъ будетъ продолжать дѣйствовать до тѣхъ поръ, пока рычагъ L не поднимутъ опять на зацѣпку якоря A.

### Электрическій колоколь.

Въ электрическомъ колоколѣ (Fortunat-Glocke или Jensen-Bell) электромагнитъ помѣщается внутри самаго колокола. Для этого болѣе всего пригодна форма церковныхъ колоколовъ. Въ этомъ случаѣ электромагнитъ долженъ имѣть небольшіе размѣры, т. е. быть одноплечнымъ. Къ обоимъ его полюсамъ привинчены боковые наконечники изъ мягкаго желѣза (см. рис. 213).

Якорь вращается на штифтѣ въ верхней части стержня электромагнита, а молотокъ уравнивается его съ другой стороны. Весь звонковый аппаратъ прикрѣпляется винтомъ изнутри къ верхней части колокола. Если звонковый аппаратъ долженъ быть одноударнымъ, то вышеописанные приспособленія достаточны для его дѣйствія. Если же желаютъ сдѣлать звонъ непрерывнымъ, то присоединяютъ еще регулирующій винтъ съ платиновымъ штифтомъ, который и помѣщаютъ на концѣ длинной пружины, доходящей почти до нижняго конца якоря. Колѣбанія этой пружины способствуютъ тому, что контакты остаются постоянно чистыми.

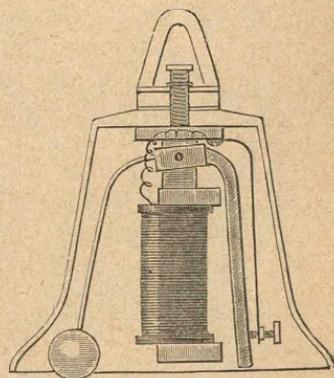


рис. 213.

Все устройство сдѣлано такъ, что сравнительно слабый токъ производитъ сильное магнитное дѣйствіе и поэтому возможно приѣненіе этихъ приборовъ даже къ церковнымъ колоколамъ.

Главное преимущество этихъ колоколовъ состоитъ въ томъ, что они могутъ быть привѣшены на открытомъ воздухѣ, такъ какъ механизмъ защищенъ отъ дѣйствія непогоды.

## Электрической рожокъ.

Удары колокольчика могутъ быть замѣнены звуками электрическаго рожка (или трубы), въ особенности тамъ, гдѣ уже имѣются вблизи другіе звонковые аппараты. На рис. 214 А есть латунная трубка, въ которую помѣщенъ обыкновенный электромагнитъ. Одинъ конецъ этой трубки закрытъ посредствомъ тонкой желѣзной пластинки (какъ у телефона). Примѣрно на  $\frac{1}{3}$  диаметра этой пластинки, считая отъ ея края, припаяна къ ней снаружи маленькая платиновая пластинка, а напротивъ ея укрѣпленъ регулирующий винтъ съ его платиновымъ штифтомъ. Этотъ винтъ проходитъ черезъ латунную полоску, согнутую въ В и тамъ привинченна къ трубкѣ А эта полоска должна быть изолирована отъ А. Одинъ изъ проводовъ прикрѣпленъ къ А, а другой идетъ черезъ кнопку

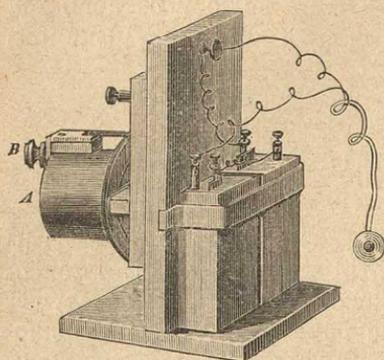


рис. 214.

къ В. Концы стержней электромагнита должны быть расположены очень близко къ желѣзной пластинкѣ. Изъ этого описанія видно, что въ этомъ приборѣ обыкновенный призматическій якорь звонковаго аппарата замѣненъ здѣсь тонкой желѣзной пластинкой, прерыванія же тока происходятъ такъ же, какъ и въ звонкѣ. Колебанія тонкой желѣзной пластинки производятъ трубоподобный звукъ, котораго сила и высота зависятъ отъ размѣровъ и отъ толщины колеблющейся пластинки.

## Электрическая звучащая пружина.

Устройство звучащей пружины легче изготовленія вышеописанной трубы. На рис. 215 вид-

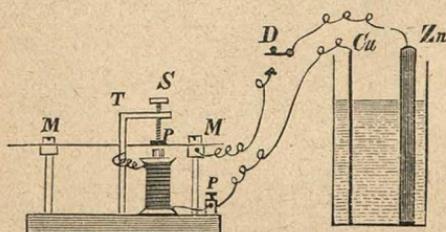


рис. 215.

но, что часовая стальная пружина ММ' укрѣплена между двумя латунными стойками (можно сдѣлать стойки и деревянными); длина пружины можетъ быть отъ 4 до 10 см., смотря по ея ширинѣ и толщинѣ и въ зависимости отъ того тона, который желаютъ получить. На подставкѣ Т

укрѣпленъ винтъ S, который слегка упирается своимъ платиновымъ концомъ въ платиновую пластинку Pt, напаянную на пружину MM. При нажатіи на кнопку D токъ проходитъ черезъ маленькій простой одноплечій электромагнитъ (толщина проволоки его обмотки приблизительно 0,4 мм.), затѣмъ черезъ штифтъ и пружину, причемъ пружина приходитъ въ колебаніе и издаетъ звукъ. Винтъ S помѣщаютъ довольно близко отъ одной изъ стоекъ, чтобы пружина могла свободно колебаться въ серединѣ; этимъ же положеніемъ винта S достигается достаточно продолжительный контактъ, который нуженъ для лучшаго намагничиванія электромагнита.

Высверливаніе на концѣ регулирующаго винта тонкаго отверстія для укрѣпленія въ немъ платинового штифтика представляетъ значительную трудность. Въмѣсто этого можно на концѣ винта сдѣлать тонкой пилкой (лабзикомъ) прорѣзь въ 3—4 мм. глубиною, пропустить въ этотъ прорѣзь одинъ конецъ изогнутой подъ прямымъ угломъ платиновой проволочки и запаять его въ немъ. Другой, свободный конецъ проволоки долженъ быть чистъ отъ припоя. Такимъ образомъ можно обойтись довольно тонкой платиновой проволокой.

### Звонокъ для послѣдовательнаго включенія въ цѣпь.

Изъ рис. 216 видно, что приборъ этотъ имѣетъ устройство одноударнаго звонка, но къ якорю придѣлана еще контактная пружина F, которая прилегаетъ къ регулирующему винту R. Токъ, проходя по обмоткѣ электромагнита, притягиваетъ якорь къ желѣзнымъ сердечникамъ, при чемъ устанавливаетъ контактъ пружинки F съ регулирующимъ винтомъ R. Этотъ контактъ даетъ новый путь для тока, болѣе короткий и съ меньшимъ сопротивленіемъ, черезъ якорь въ отвлѣтленіе, минуя обмотку электромагнита. При подобномъ устройствѣ можно въ одну и ту же цѣпь включить любое число звонковъ. При этомъ надо имѣть въ виду, что при той же силѣ тока такой звонокъ дѣйствуетъ не такъ энергично, какъ дребезжащій обыкновенный звонокъ.

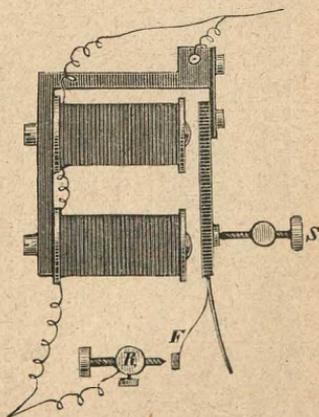


рис. 216.

## Соединение дребезжащего звонка с одноударнымъ.

Схематическій рис. 217 показываетъ какимъ образомъ возможно приспособить одинъ и тотъ-же звонокъ для дѣйствія какъ одноударный и какъ дребезжащій. Цѣль эта достигается прибавленіемъ къ обыкновенному устройству ключа S и двухъ пружинокъ съ контактами В и Е. При нажатіи ключа S на контактъ В пружина F съ контактомъ Е выключена и тогда приборъ представляетъ одноударный звонокъ. При нажатіи ключа S на контактъ Е токъ идетъ черезъ F въ А, затѣмъ въ М къ С, при чемъ звонокъ дѣйствуетъ какъ дребезжащій.

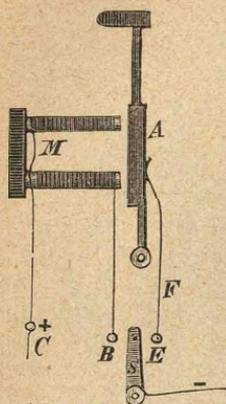


рис. 217.

## Звонки съ сухими элементами.

Въ послѣднее время получили довольно большое распространение звонки съ сухими элементами. Весьма практично устроенный звонокъ со всѣми принадлежностями: кнопкой, проводомъ и элементомъ, представленъ на рис. 218. Здѣсь сухой элементъ и звонокъ помѣщается въ цилиндрическомъ футлярѣ, который вѣшается на крюкъ, вбитый въ стѣну,—никакой сборки больше производить не приходится. Элементъ состоитъ изъ цинка, угля и студенистаго электролита.



рис. 218.

## Звонки для переменныхъ токовъ.

Звонки для переменныхъ токовъ отличаются отъ описанныхъ выше звоноковъ, дѣйствующихъ постоянными токами, тѣмъ, что у нихъ движеніе молоточка производится измѣненіемъ направленія тока; а потому въ нихъ можно обходиться безъ всякаго механизма для прерыванія тока. Звонки такого рода часто встрѣчаются въ сигнальныхъ приспособленіяхъ, особенно въ телеграфныхъ установкахъ и при телефонахъ. Образецъ такого звонка представленъ на рис. 219. Два маленькихъ стальныхъ подковообразныхъ магнита прикрѣплены рядомъ на подставкѣ такимъ образомъ, что у основанія приходятся одинаковые полюсы обоихъ магнитовъ. Верхніе также одина-

ковые полюсы снабжены идущими вертикально внизъ желѣзными сердечниками, на которые одѣты катушки, соединенныя между собой такимъ образомъ, что онѣ развиваются на свободныхъ концахъ сердечниковъ различные полюсы при пропусканіи черезъ нихъ тока. Положимъ, что верхніе полюсы стальныхъ магнитовъ сѣверные; тогда вслѣдствіе ихъ магнитнаго дѣйствія на свободныхъ концахъ будутъ также

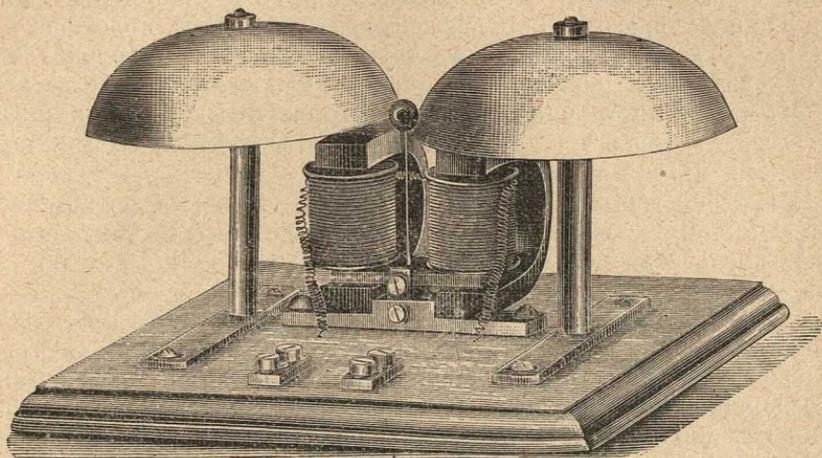


рис. 219.

сѣверные полюсы. Пропустимъ черезъ катушки токъ, направленіе котораго таково, что въ нижнемъ свободномъ концѣ праваго сердечника онъ произведетъ сѣверный полюсъ, тогда у другаго сердечника на свободномъ концѣ получится южный полюсъ. Итакъ намагничиваніе праваго сердечника катушкой происходитъ въ одинаковомъ направленіи, какъ и соотвѣтствующимъ стальнымъ магнитомъ, т. е. магнетизмъ этого сердечника долженъ усиливаться. Но у лѣваго сердечника намагничиваніе катушкой происходитъ обратно намагничиванію отъ соотвѣтствующаго магнита, такъ что здѣсь магнетизмъ въ сердечникѣ вполнѣ или отчасти пропадетъ и слѣдовательно магнитное дѣйствіе полюса на свободный конецъ прекратится или уменьшится.

Когда направленіе тока измѣнится, усилится магнетизмъ въ лѣвомъ сердечникѣ и, наоборотъ, уменьшится или пропадетъ въ правомъ. Итакъ, какъ видимъ, свободные концы обоихъ сердечниковъ попеременно намагничиваются при пропусканіи по ихъ катушкамъ переменнаго тока.

Расположимъ между концами сердечниковъ и нижними полюсами стальныхъ магнитовъ маленькое коромысло изъ мягкаго желѣза,

соединенное съ молоточкомъ, какъ показано на рисункѣ. Если теперь по катушкамъ пропустить токъ, то при одномъ его импульсѣ будетъ намагничиваться сильнѣе правый сердечникъ и размагничиваться лѣвый, а слѣдовательно правое плечо коромысла будетъ притягиваться къверху сильнѣе лѣваго и поэтому молоточекъ ударитъ въ лѣвый колокольчикъ. При другомъ импульсѣ тока дѣйствіе на лѣвое плечо коромысла пересилитъ и молоточекъ ударитъ въ правый колокольчикъ. Такимъ образомъ при каждой переменѣ тока молоточекъ попеременно будетъ ударять то въ тотъ, то въ другой колокольчикъ.

Генераторомъ переменныхъ токовъ для такихъ звонковъ служитъ обыкновенно маленькая магнито-электрическая машинка безъ коммутатора, которая вращается въ ручную. Описаніе такой машинки будетъ дано ниже въ главѣ XIV.

Преимущество звонковъ переменнаго тока въ соединеніи съ магнитными индукторами заключается прежде всего въ томъ, что при нихъ можно обходиться безъ батарей.

#### Приборы для замыканія тока, контакты.

Кромѣ уже описанныхъ выше кнопокъ и ключей, служащихъ для замыканія тока, опишемъ изъ громаднаго числа приборовъ, построенныхъ для различныхъ цѣлей, еще слѣдующіе контакты.

*Контактъ для дерганія* (рис. 220). Такого рода контактъ укрѣпляется обыкновенно въ стѣнѣ у входной двери. Лишь только начать притягивать къ себѣ головку К, какъ это дѣлаютъ и для всякаго механическаго звонка, металлическая пластинка М, привинченная къ деревянной или каучуковой шайбѣ, приходитъ въ соприкосновеніе съ горизонтальными сильными латунными пружинами А и производитъ замыканіе тока.

*Нажимной контактъ* на рис. 221 имѣетъ форму груши; нажимъ на пуговку

снизу производитъ соприкосновеніе латунныхъ штифтовъ съ насадками изъ платины; спиральная пружина разъединяетъ контакты.

рис. 220.

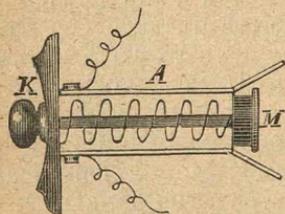


рис. 221.

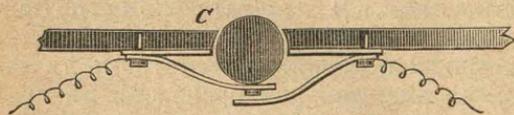
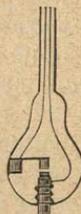


рис. 222.

Обыкновенно такой нажимной контактъ подвѣшивается надъ столомъ при помощи проводниковъ, оплетенныхъ шелкомъ.

*Ножной нажимной контактъ* (см. рис. 222) привинчивается подъ столомъ и обыкновенно врѣзывается въ полъ. Надо при этомъ наблюдать за тѣмъ, чтобы дѣйствіе контакта не нарушалось пылью, грязью или сыростью. Такого рода контакты часто примѣняются въ столовыхъ и кабинетахъ, чтобы незамѣтно звать слугъ.

*Дверной контактъ* (см. рис. 223). Въ нѣкоторыхъ случаяхъ контактъ долженъ устанавливаться не рукой или ногой, а другимъ способомъ въ связи съ какимъ либо механическимъ процессомъ. Примѣръ этого представляетъ *дверной контактъ*, который замыкаетъ токъ при открываніи двери—приспособленіе часто примѣняемое у дверей лавокъ и магазиновъ.



рис. 223.

Для этой цѣли служить простое приспособленіе, которое вставляется въ косякъ двери. Приходящаяся на поверхности косяка узкая металлическая пластинка соединяется однимъ концомъ съ проводомъ, а другимъ съ прикрѣпленной на задней сторонѣ пружинкой, которая изолирована отъ металлической пластинки эбонитовой прокладкой, къ ней прикрѣпленной. Конецъ пружинки снабженъ кнопкой, которая при надавливаніи удаляетъ пружинку отъ металлической пластинки. Пока дверь заперта, она надавливаетъ на контактную пружинку и удерживаетъ ее въ удаленіи отъ металлической планки; при открываніи же двери пружинка прилегаетъ къ пластинкѣ, цѣпь замыкается и звонокъ начинаетъ дѣйствовать. Такъ какъ здѣсь между поверхностями соприкосанія не бываетъ никакого тренія, а слѣдовательно они могутъ загрязниться, то ихъ полезно снабжать платиновыми надѣлками, пластинками или пластинкой и штифтикомъ.

### Ключь Морзе.

Чтобы имѣть возможность производить при помощи звонковыхъ приборовъ условные сигналы, употребляютъ съ большимъ удобствомъ упрощенные ключи Морзе, подобные тѣмъ, которые примѣняются на телеграфахъ.

На рис. 224 изображенъ такой ключь Морзе. Онъ состоитъ изъ двуплечаго рычага, вращающагося на горизонтальной оси. Пружина поднимаетъ болѣе длинное плечо кверху, черезъ что короткое плечо упирается на передній металлическій штифтъ. Если средній зажимъ соединить съ заднимъ (правымъ) металлическимъ штифтомъ, а другой проводъ прикрѣпить къ серединѣ рычага, то каждый разъ при

нажатіи внизъ длиннаго плеча рычага будетъ происходить замыканіе тока.

На рис. 225 указанъ способъ изготовленія подобнаго ключа при помощи самыхъ простыхъ приспособленій. На деревянной дощечкѣ (длиною въ 12, шириною 8, толщиною въ 1 см.) укрѣпляютъ три латунныхъ зажима. Къ одному изъ этихъ зажимовъ прикрѣпляютъ

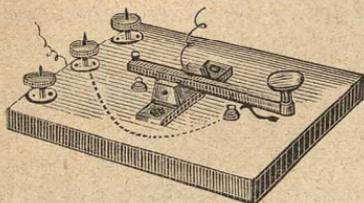


рис. 224.

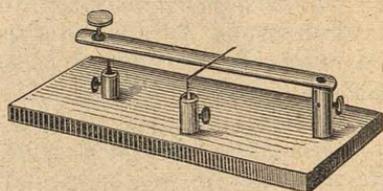


рис. 225.

полоску изъ твердой латуни, которая хорошо пружинитъ; на противоположномъ концѣ этой полоски помѣщаютъ нажимную головку. Другой зажимъ устанавливается слѣва подъ полоской для произведенія контакта; третій же зажимъ укрѣпляется въ серединѣ сбоку и при помощи толстой проволоки, загнутой подъ прямымъ угломъ, не даетъ пластинки отклоняться слишкомъ кверху.

### Релэ.

Если желаютъ приводить въ дѣйствіе звонковый приборъ съ такого большого разстоянія, что токъ отъ батареи не можетъ

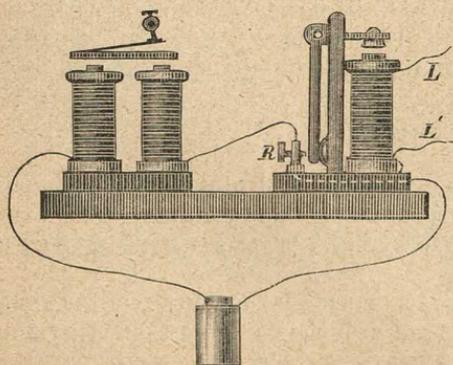


рис. 226.

притянуть якоря электромагнита съ силой, достаточной для полученія отчетливыхъ сигналовъ, то заставляютъ этотъ токъ притягивать легкой подвижной якорь, черезъ посредство котораго включается въ цѣпь мѣстная батарея, достаточная для дѣйствія звонка. Такой приборъ называется *релэ* и въ простомъ видѣ изображенъ на рис. 226. Токъ отдаленной батареи входитъ въ обмотку катушки и выходитъ изъ нея по прово-

дамъ  $L$  и  $L'$ . При прохожденіи тока электромагнитъ притягиваетъ

къ себѣ якорь, прикрѣпленный къ горизонтальному плечу двулечаго рычага; при этомъ другое плечо (вертикальное) рычага упирается въ регулирующий винтъ R и тѣмъ самымъ замыкаетъ токъ мѣстной батареи, дѣйствующій на электромагнитъ, стоящій слѣва. Такимъ образомъ замыканію тока по линіи проводовъ L и L' соотвѣтствуетъ замыканіе тока мѣстной батареи. Масштабъ  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$  натуральной величины.

### Приборы съ номерными указателями.

Существуютъ приборы, которые даютъ возможность служащимъ, напр. въ гостинницахъ, узнавать изъ какого номера данъ звонокъ. Изъ множества подобныхъ приборовъ опишемъ два.

*Указатель съ падающей дощечкой* (рис. 227).

Пока токъ не проходитъ по катушкѣ M защѣпка якоря удерживаетъ дощечку S при помощи рычага D. При прохожденіи тока якорь A притягивается электромагнитомъ и освобождаетъ рычагъ D, черезъ что дощечка S падаетъ и принимаетъ положеніе, обозначенное пунктиромъ. Черезъ отверстие въ стѣнкѣ ящика, заключающаго въ себѣ весь приборъ, видѣнъ тогда номеръ комнаты, откуда производятъ вызовъ. Лишь только пластинка S падаетъ, она сама замыкаетъ токъ звонкового прибора. Замѣтивъ номеръ, служащій вдвигаетъ пластинку S на ея прежнее мѣсто и приборъ вновь готовъ къ дѣйствию.— Масштабъ  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$  натуральной величины.

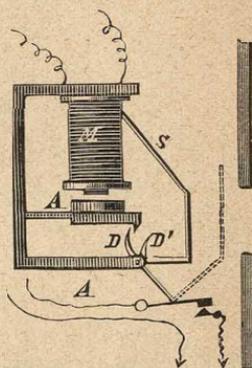


рис. 227.

*Маятникъ - указатель*, изображенный на рис. 228, дѣйствуетъ очень хорошо; онъ состоитъ изъ электромагнита (одно или двулечаго), который притягиваетъ къ себѣ якорь, легко вращающійся на оси. Такъ какъ маятникъ указателя послѣ нѣсколькихъ колебаній приходитъ наконецъ самъ въ состояніе покоя, то нѣтъ надобности заботиться о постановкѣ пластинки на прежнее мѣсто.— Масштабъ  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{4}$  натуральной величины.

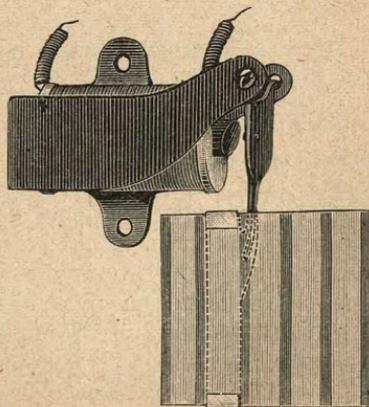


рис. 228.

## Схема установки номерного прибора.

На рис. 229 изображенно схематически какимъ образомъ можно произвести установку нѣсколькихъ маятникообразныхъ указателей, помѣщенныхъ въ одномъ и томъ-же шкапу вмѣстѣ съ релѣ и приводимыхъ въ дѣйствіе отъ мѣстной батареи.

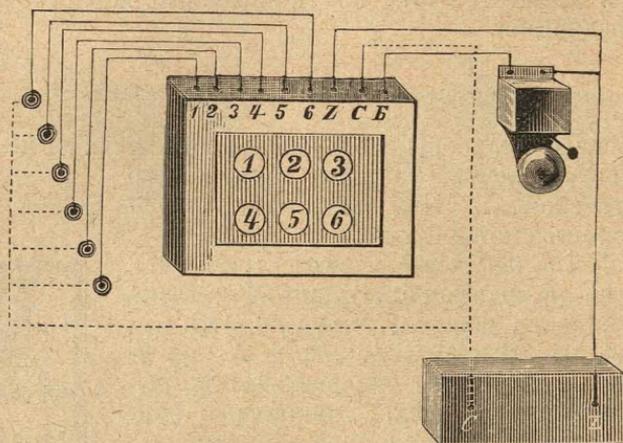


рис. 229.

Введеніе въ общую цѣпь релѣ потому необходимо, что быстрыя замыканія и размыканія тока у звонка мѣшаютъ надлежащему приращенію электромагнитомъ маятника указателя. Съ этой цѣлью С и С' соединены проводомъ, такъ что одна и та же батарея служитъ для звонка и какъ мѣстная—для релѣ.

## Телеграфированіе при помощи звонка и ключа Морзе.

Ключъ Морзе даетъ возможность по произволу производить короткое и продолжительное замыканіе тока, а слѣдовательно и давать короткіе (отрывистые) и продолжительные звонки. На телеграфѣхъ для обозначенія буквъ, цифръ и знаковъ препинанія, употребляется азбука Морзе, которая состоитъ изъ точекъ и черточекъ. На телеграфныхъ аппаратахъ эти точки и черточки, различныя комбинаціи которыхъ соотвѣтствуютъ различнымъ буквамъ и знакамъ, отпечатываются на бумажныхъ лентахъ. Въ домашней телеграфіи при помощи звонковъ точкамъ соотвѣтствуютъ короткіе удары звонка, а черточкамъ—продолжительные. Эти звонковые сигналы слѣдуетъ производить съ такою-же точностью и правильностью какъ телеграфные. Для хорошей передачи сигналовъ необходимо быть столь-же



Схема устройства двух станцій для телеграфирования при помощи звонковъ изображена на рис. 230.

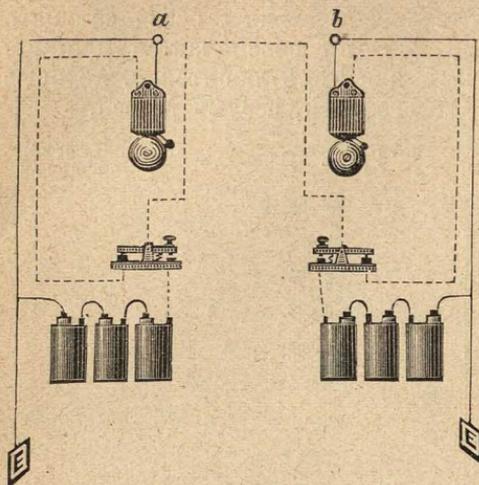


рис. 230

Если такіа двѣ станціи находятся въ двухъ различныхъ домахъ, находящихся на нѣкоторомъ разстояніи другъ отъ друга, то для устройства внѣшняго провода надо прибавить столбы, фарфоровые изоляторы и проводъ изъ оцинкованной желѣзной проволоки. Если вмѣсто соединенія съ землею (пластины ЕЕ) желаютъ провести обратный проводъ, то онъ долженъ быть включенъ между пунктами *a* и *b*, при этомъ конечно уже нѣтъ болѣе надобности въ пластинахъ ЕЕ.

### Звонки, дѣйствующіе при размыканіи тока въ цѣпи.

При устройствѣ нѣкоторыхъ автоматически дѣйствующихъ пре-

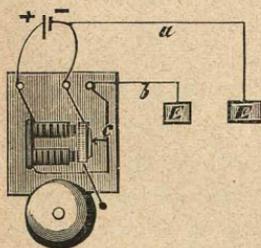


рис. 231.

дупредителей, которые будутъ описаны ниже, намъ придется имѣть дѣло съ звонковыми приборами, дѣйствующими при размыканіи тока въ цѣпи. Поэтому считаемъ нужнымъ познать читателя съ устройствомъ такихъ звонковъ. Изъ рис. 231 видно, что токъ батареи постоянно замкнутъ посредствомъ соединенія проводовъ *a* и *b* съ землею Е и Е. При этомъ токъ постоянно протекаетъ черезъ обмотку электромагнита и якорь съ молоточкомъ остается притянутымъ, такъ что звонокъ не дѣйствуетъ, пока не нарушено будетъ непрерывное соединеніе по линіи *ab*. Для подобнаго рода звонковъ употребляютъ обыкновенно батареи, составленныя изъ элементовъ Мейдингера. Изъ этого описанія видно, что звонки, о которыхъ идетъ рѣчь, отличаются отъ другихъ только особымъ устройствомъ внѣшней цѣпи. Если во внѣш-

ней цѣпи разомкнуть токъ, то якорь оторвется отъ электромагнита и прикоснется къ контакту *c*, при чемъ токъ опять замкнется, но лишь только якорь, подчиняясь дѣйствию электромагнита, отойдетъ отъ контакта *c*, токъ опять разомкнется и якорь вновь устремится къ контакту *c*, и это колебаніе якоря, сопровождаемое ударами молоточка по колокольчику, будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока не замкнутъ тока на внѣшней линіи между *a* и *b*. Тогда якорь будетъ притянутъ электромагнитомъ и звонокъ перестанетъ дѣйствовать.

На рис. 232 изображено сообщеніе между двумя станціями, ко-

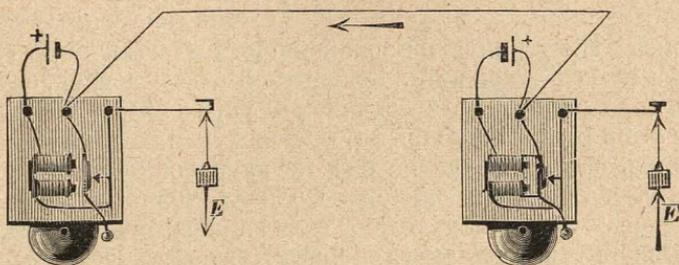


рис. 232.

торы снабжены звонковыми приборами вышеупомянутаго устройства. Размыкая и замыкая токъ съ помощью ключа можно подавать сигналы съ одной станціи на другую.

### Автоматически дѣйствующіе приборы.

*Дверной предохранительный приборъ* изображенъ на рис. 233 справа. Въ косякѣ двери и на самой двери, противъ точекъ *a* и *b*, вбиваются по маленькому гвоздю и между этими двумя гвоздями натягиваютъ проволоку настолько тонкую, чтобы она могла легко и незамѣтно для непосвященнаго въ секретъ разорваться въ то время, когда открываютъ дверь. Если сообщить концы этой тонкой проволоки съ болѣе толстыми концами проводниковъ и замкнуть такимъ образомъ цѣпь звонка, устроеннаго какъ выше описано, то батарея



Иногда желаютъ, чтобы при открываніи двери происходилъ не непрерывный звонъ, а только кратковременный. Тогда пользуются *ударнымъ контактомъ*, изображеннымъ на рис. 235 и 236. Въ немъ

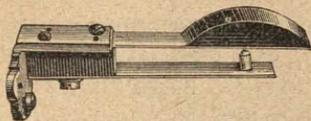


рис. 235.

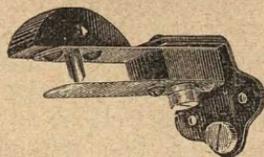


рис. 236.

имѣются двѣ пружины, которыя при надавливаніи приходятъ въ соприкосновеніе. Надавливаніе производится дверью, когда она при своемъ открываніи или закрываніи задѣваетъ своей верхней кромкой за полукруглую эбонитовую надѣлку, прикрѣпленную къ нижней пружинѣ. Это приспособленіе прикрѣпляется прочно надъ самой дверью.

#### Самодѣйствующій указатель температуры.

Если въ стекло ртутнаго термометра впаять двѣ тонкія платиновыя проволоки, одну—въ шарикъ, а другую—въ трубку, соединить эти проволоки съ проводами отъ батареи, въ цѣпь которой включенъ звонокъ, то при поднятіи столбика ртути до соприкосновенія съ верхней проволочкой устанавливается контактъ и звонокъ начинаетъ дѣйствовать.

Въ цѣпь проводовъ такого контактнаго термометра можетъ быть включено приспособленіе, которое подаетъ *видимые* сигналы. Между двумя электромагнитами  $E$  и  $E'$  (см. рис. 237) помещенъ на гори-

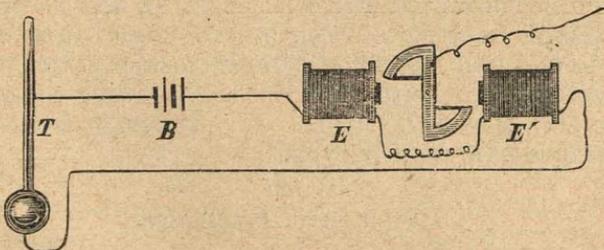


рис. 237.

зонтальной оси желѣзный якорь, котораго пластины загнуты соотвѣтствующимъ образомъ. Лишь только при повышеніи температуры столбикъ ртути прикоснется къ верхней платиновой проволочкѣ,

впаянной въ термометръ, какъ токъ пройдетъ черезъ обмотку электромагнитовъ, якорь повернется на  $90^\circ$  и приметъ горизонтальное положеніе. Поворотъ якоря можетъ замкнуть токъ звонковаго прибора съ отдѣльной батареей, звонокъ котораго и подаетъ сигналъ тревоги.

Устройство этихъ, вполне надежно дѣйствующихъ, контактныхъ термометровъ имѣетъ то неудобство, что ихъ нельзя установить на разныя температуры. Поэтому и старались замѣнить ртутные термометры *металлическими*; эти послѣдніе, правда, могутъ быть устанавливаемы на разныя температуры, но съ теченіемъ времени даютъ не вполне точныя показанія. На рис. 238 изображенъ такой металличе-

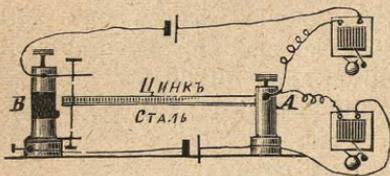


рис. 238.

скаго термометра, который можетъ указывать не только повышение температуры выше нормы, но и ея пониженіе. Отъ зажима А токъ проходитъ по металлической полоскѣ, состоящей изъ двухъ разнородныхъ металлическихъ пластинокъ. Верхняя толстая пластинка сдѣлана изъ цинка, а нижняя тонкая изъ стали, обѣ

пластинки припаяны или приклепаны другъ къ другу. При повышеніи температуры полоска гнется книзу, такъ какъ цинкъ расширяется отъ теплоты больше стали; при достаточномъ пониженіи конца пластинки устанавливается контактъ съ нижнимъ выступомъ зажима В и начинаетъ дѣйствовать нижній звонокъ. Надо замѣтить, что средняя часть зажима В сдѣлана изъ непроводящаго матеріала. При пониженіи температуры, цинковая полоска укорачивается больше стальной и черезъ это вся пластина изгибается кверху и приходитъ въ прикосновеніе съ верхнимъ выступомъ зажима В, черезъ что замыкается токъ, приводящій въ дѣйствіе верхній звонокъ. Контакты должны быть изготовлены изъ платины. Металлическіе выступы зажима В снабжены у болѣе точныхъ приборовъ особыми винтами, посредствомъ которыхъ можно по произволу устанавливать показанія прибора для различныхъ температуръ.

### Электрическіе будильники.

Если соединить одинъ изъ полюсовъ батареи, состоящей изъ двухъ элементовъ съ перекисью марганца, съ механизмомъ, наприм. столовыхъ часовъ, а другой полюсъ съ узкой и тонкой платиновой полоской, которую устанавливаютъ такъ, чтобы часовая стрѣлка прикасалась къ ней въ опредѣленное время, то звонковый приборъ, вклю-

ченный въ цѣпь, будетъ дѣйствовать все время, пока длится прикосновеніе часовой стрѣлки съ платиновой пластинкой. Если циферблатъ часовъ деревянный, то къ нему можно придѣлать плоское латунное кольцо, котораго радіусъ долженъ быть больше длины часовой стрѣлки. Подъ это кольцо и подводится надлежащимъ образомъ отогнутая платиновая пластинка. Часовую стрѣлку слѣдуетъ имѣть съ концомъ изъ платины или покрыть ея наконечникъ листочкомъ платины.

Если имѣются такіе часы, въ которыхъ ударный механизмъ съ молоточкомъ электрически изолированъ отъ колокольчика (или звучащей пружины), то между ними можно включить цѣпь отъ ударнаго звонковаго прибора; такимъ образомъ можно имѣть въ отдаленной комнатѣ простой указатель времени, который будетъ точно повторять бой часовъ.

Если молоточекъ и колокольчикъ не изолированы другъ отъ друга, то можно помѣстить между ними и изолированно отъ нихъ—тонкую платиновую полоску. При ударѣ молоточка по колокольчику—молоточекъ будетъ прижимать эту полоску къ колокольчику, а звонковый приборъ, включенный въ цѣпь между молоточкомъ и платиновой полоской, будетъ приходить при этомъ въ дѣйствіе.

### Пожарные предупредители.

Изъ различныхъ устройствъ, придуманныхъ для этой цѣли, можно описать слѣдующее, обладающее преимуществомъ простоты. Въ мѣстахъ, представляющихъ опасность въ пожарномъ отношеніи, подвѣшиваютъ металлическія пластинки, прикрѣпленныя къ нитямъ изъ легко загорающихъ веществъ. Когда нити перегораютъ, тогда эти пластинки падаютъ на другія тоже металлическія пластинки, укрѣпленныя соотвѣтствующимъ образомъ подъ ними. Въ такомъ случаѣ, если обѣ пластинки соединены съ проводами батареи, въ цѣпь которой включенъ звонковый приборъ, замыкается токъ и звонокъ приходить въ дѣйствіе.

Вмѣсто этого устройства можно примѣнить слѣдующее его видоизмѣненіе, примѣняемое часто на сценѣ. Черезъ все пространство сцены протягиваютъ пеньковыя нити, которыя съ одной стороны сцены прикрѣплены на глухо, а съ другой перекинуты черезъ ролики и снабжены грузами, которые поддерживаютъ нити въ натянутомъ состояніи. Непосредственно подъ каждымъ грузомъ помѣщаютъ обыкновенную кнопку, соединенную съ цѣпью батареи и со звонковымъ приборомъ. При перегораніи нити—грузъ падаетъ, надавливаетъ на кнопку, цѣпь замыкается и подается сигналъ.

Вотъ еще одно сигнальное устройство.

Въ цѣпь батареи включается полый цилиндръ изъ эбонита, фарфора или лакированного дерева. Внутри цилиндра укрѣплена поперекъ палочка изъ легкоплавкаго металла, на которую нажимаетъ сильная пружина. Лишь только температура того помѣщенія, гдѣ сдѣлано вышеописанное устройство, подымется на столько, что палочка изъ легкоплавкаго металла расплавится, какъ пружина упрется въ верхнюю проволоку, установить сообщеніе между проводами и сигнальный звонокъ начнетъ дѣйствовать.

### Автоматическій указатель пожара.

Подъ этимъ именемъ извѣстенъ приборъ, введенный въ первые Штетинскимъ электрическимъ обществомъ, который при извѣстномъ повышеніи температуры въ данномъ помѣщеніи автоматически приводитъ въ дѣйствіе сигналы, дающіе знать о пожарѣ. Устройство этого прибора изображено на рис. 239. Буквой А обозначенъ полый металлическій цилиндръ, внутри которого герметически заключенъ нѣкоторый объемъ воздуха. Дно и боковыя стѣнки этого цилиндра сдѣланы изъ болѣе толстой жести, а крышка В представляетъ собой очень тонкую и упругую металлическую пластинку (мембрану). Такимъ образомъ при повышеніи температуры воздухъ, заключенный въ цилиндрѣ А, увеличиваясь въ объемѣ, изгибаетъ пластинку В.

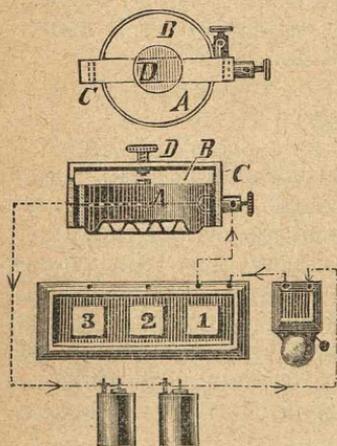


рис. 239.

Такъ какъ степень выгиба этой пластинки будетъ зависеть отъ увеличенія объема воздуха, а это увеличеніе, какъ извѣстно, находится въ определенной зависимости отъ повышенія температуры, то изъ этого слѣдуетъ, что въ зависимости отъ этого повышенія температуры

будетъ двигаться вверхъ платиновый кружокъ, укрѣпленный въ центрѣ пластинки В. По мѣрѣ повышенія температуры и увеличенія объема воздуха пластинка В будетъ все болѣе и болѣе выгибаться, а вмѣстѣ съ нею будетъ подниматься кверху платиновый кружокъ и приближаться къ контактному винту D, укрѣпленному въ рамкѣ С. Винтъ D оканчивается внизу платиновымъ штифтомъ; рамка С, поддерживающая винтъ D, укрѣплена на цилиндрѣ А, но

изолирована отъ него. Поднятіе или опусканіе винта D даетъ возможность регулировать разстояніе между платиновыми контактами для различныхъ температуръ. Если винтъ D установленъ такъ, что при опредѣленной температурѣ, напр. въ  $35^{\circ}$  C, пластинка B, выгибаясь, устанавливаетъ хорошій контактъ между платиновой пластинкой, на ней находящейся, съ платиновымъ штифтомъ винта, то происходитъ замыканіе тока батареи, а черезъ это приводятся въ дѣйствіе электрическіе приборы, которые акустическими и оптическими сигналами извѣщаютъ о возникающей опасности отъ пожара. Изъ опытовъ съ однимъ изъ такихъ автоматическихъ указателей пожара выяснилось, что при повышеніи температуры помѣщенія на  $25^{\circ}$  C, середина мембраны выпучивалась на 1,6 мм. Вѣсъ прибора всего 50 граммовъ.

### Общія указанія относительно проводовъ для звонковыхъ, номерныхъ и другихъ приборовъ.

Провода для вышеперечисленныхъ приборовъ могутъ быть весьма тонки, такъ какъ при этихъ приборахъ употребляютъ лишь слабые токи; провода съ діаметромъ отъ 0,8 до 1 мм. бываютъ обыкновенно достаточны. Преимущественно употребляютъ провода изолированные, хотя въ нѣкоторыхъ случаяхъ можно допустить примѣненіе и голой проволоки. Иногда одинъ изъ проводовъ бываетъ возможно замѣнить водо- или газо-проводными трубами; въ этомъ случаѣ провода должны быть хорошо припаяны къ трубамъ.

Элементы для батарей можно употреблять слабые, но долго служащіе и не расходующіе матеріаловъ при разомкнутой цѣпи. Кромѣ элементовъ съ перекисью марганца хорошо пригодны элементы съ ѣдкимъ кали (Лаланда и Шаперона), а также видоизмѣненія элемента Даніеля, напр. Мейдингера.

*Примѣръ вычисленія проводовъ.* Для приведенія въ дѣйствіе звонковаго прибора, у котораго колокольчикъ имѣетъ діаметръ въ 65 мм., требуется токъ силою въ 0,5 ампера. Элементъ средней величины съ перекисью марганца имѣетъ электровозбудительную силу равную 1,5 вольта, при внутреннемъ сопротивленіи въ 1 омъ. 1 килограммъ ѣдкой проволоки діаметромъ въ 0,9 мм. представляетъ сопротивленіе равное 4,43 ома. Допустимъ, что намъ нужно для провода 48 метровъ этой проволоки, которыхъ сопротивленіе равно 1,2 ома. Такимъ образомъ мы имѣемъ общее сопротивленіе цѣпи и элемента равнымъ 2,2 ома. По закону ома

$$\text{слѣдуетъ, что } J = \frac{E}{R}; J = \frac{1,5}{2,2} = 0,68,$$

т. е. около  $\frac{2}{3}$  ампера, что составляетъ величину нѣсколько большую чѣмъ та, которая нужна для приведенія звонка въ дѣйствіе.

Если возьмемъ проводъ діаметромъ въ 1 мм., то въ 1 килограммѣ будетъ 143 метра и 2,91 ома сопротивленія; на 48 метровъ прійдется сопротивление въ 0,97 ома.

Отсюда получимъ:

$$J = \frac{1,5}{1,0 + 0,97} = \frac{1,5}{1,97} = 0,76 \text{ ампера.}$$

На практикѣ имѣть большое значеніе употребленіе проводовъ съ изолировкой различной окраски. Для провода, идущаго отъ батареи, берутъ напримѣръ проволоку съ изолировкой краснаго цвѣта, а для обратнаго—синяго цвѣта. Такимъ путемъ можно избѣжать при устройствѣ большой сѣти проводовъ многихъ неприяностей и путаницы.

Гуттаперча представляетъ превосходный изолировочный матеріалъ, но въ сухихъ помѣщеніяхъ она дѣлается хрупкой и потому ей слѣдуетъ въ такомъ случаѣ предпочесть оболочку изъ каучука.

Свѣжіе гипсовые карнизы и украшенія зачастую ведутъ къ порчѣ изолировки проводовъ.

Иногда для проводовъ употребляютъ *луженую желѣзную проволоку*, которая имѣетъ то преимущество передъ мѣдною, что она меньше тягуча и легко припаивается, но зато ея сопротивление значительно больше сопротивления мѣдной проволоки того же діаметра.

Концы проволокъ припаиваются такимъ образомъ, что ихъ сперва обчищаютъ сантиметра на два отъ изолировки и затѣмъ положивъ одинъ на другой (или скрутивъ одинъ съ другимъ) припаиваютъ съ помощью канифоли и легкоплавкаго припоя. Мѣсто спайки обматывается бумажной лентой и покрывается затѣмъ лакомъ.

При короткихъ цѣпяхъ слѣдуетъ избѣгать установленія сообщенія съ землею и употребленія земли какъ обратнаго провода. Сообщение съ землею только тогда хорошо, когда почва сырая и притомъ въ нее погружены мѣдныя или же оцинкованныя желѣзныя пластины съ поверхностью не меньше чѣмъ въ  $\frac{1}{2}$  квадрат. метра каждая.

При проведеніи проводовъ черезъ стѣны употребляютъ трубки изъ фарфора или рогового каучука. На открытомъ воздухѣ проводники необходимо укрѣплять при помощи изоляторовъ, какъ это дѣлается для телеграфныхъ проводовъ; изоляторы укрѣпляютъ въ стѣны или въ балки.

## Схемы устройства звонковых цѣпей.

а) На рис. 240 изображена схема для установки простого звонка, элемента и кнопки. При нажатіи на кнопку токъ отъ положительнаго полюса элемента пройдетъ по проводу въ обмотку электромагнита, приведетъ въ дѣйствіе звонокъ и вернется по обратному проводу къ отрицательному полюсу элемента. Для подобной установки нужны слѣдующіе материалы:

	руб.	коп.
1 элементъ . . . . .	2	00
1 кнопка . . . . .	»	20
1 звонковый приборъ . . . . .	2	00
100 гр. оцинкованныхъ скобокъ . . . . .	»	10
250 гр. изолир. провода (примѣрно) . . . . .	»	50

Всего на . . . . . 4 руб. 80 коп.

б) На рис. 241 изображена схема для такого же устройства, только вмѣсто обратнаго провода здѣсь устроено сообщеніе съ землею.

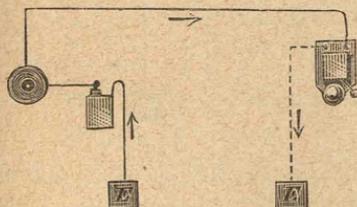


рис. 241.

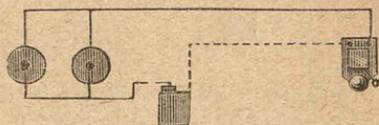


рис. 242.

с) На рис. 242 иллюстрируется включеніе въ цѣпь любого количества кнопокъ, дѣйствующихъ на одинъ и тотъ же звонокъ.

д) На рис. 243 изображена схема установки двухъ звонковъ въ двухъ различныхъ помѣщеніяхъ. Эти звонки соединены другъ съ другомъ параллельно и дѣйствуютъ одновременно. Для такой цѣли надо употребить одноударные звонки или же еще лучше тѣ звонки, которые специально приспособлены для параллельнаго включенія и были описаны нами выше.

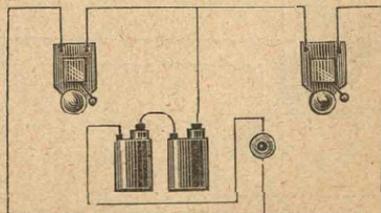


рис. 243.

Потребные материалы:	руб.	коп.
2 элемента . . . . .	4	00
2 кнопки . . . . .	»	40
2 звонковых прибора . . . . .	4	00
150 гр. оцинков. скобокъ . . . . .	»	15
500 гр. изолиров. провода . . . . .	»	80
Изолировочной ленты . . . . .	»	10

Всего на . . . . . 9 руб. 45 коп.

*е.* Въ ящикѣ каждаго звонкового прибора (въ предыдущей схемѣ) помѣщено релѣ; при нажатіи на кнопку токъ протекаетъ по линіи, притягиваетъ якорь релѣ, а это влечетъ за собой включеніе мѣстной батареи, дѣйствующей на звонокъ.

*г.* Есть возможность обойтись одной батареей для подачи сигналовъ на двѣ станціи. На рис. 244 изображена схема подобнаго

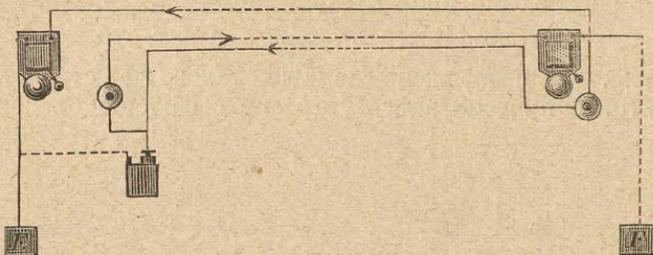


рис. 244.

устройства, но только въ этомъ случаѣ необходимо имѣть три хорошо изолированныхъ провода и кромѣ того сообщеніе съ землею, какъ обратный проводъ. Если нажать на кнопку справа, то токъ идетъ по нижнему проводу, затѣмъ черезъ кнопку къ звонку слѣва по верхней линіи и оттуда къ батарее и къ землѣ.

*г.* На рис. 245 изображена схема устройства для подачи сигна-

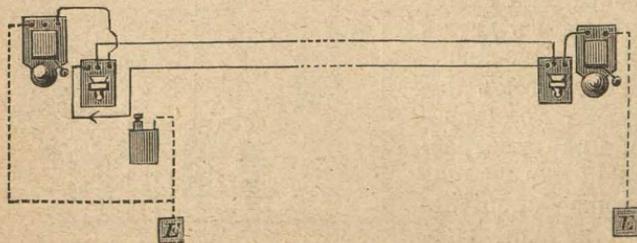


рис. 245.

ловъ въ обѣ стороны при помощи только двухъ линій проводовъ, обратнымъ проводомъ черезъ землю и съ двумя ключами Морзе.

*г.* Рис. 246 представляетъ схему полной домаш-

ней установки со звонкомъ, кнопками, номернымъ аппаратомъ и т. д. Пунктирными линиями изображены тѣ провода, которые идутъ

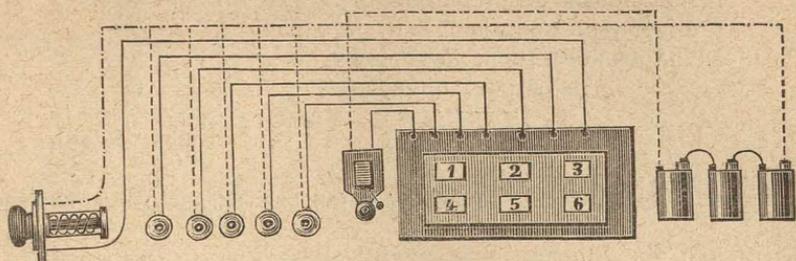


рис. 246.

отъ полюсовъ батареи. Сплошными линиями изображены провода, протянутые между кнопками, звонкомъ и номернымъ приборомъ.

Потребные матеріалы:

	руб.	коп.
3 элемента . . . . .	6	00
5 кнопокъ . . . . .	1	00
1. вытяжной контактъ . . . . .	1	00
1 звонковый приборъ . . . . .	2	00
1 номерной приборъ. . . . .	20	00
250 гр. оцинков. скобокъ . . . . .	»	20
1 килогр. изолиров. проволоки . . . . .	2	00
Изолиров. ленты . . . . .	»	10

Всего на . . . . . 32 руб. 30 коп.

i. На рис. 247 изображена схема установки автоматическаго показателя уровня воды, имѣющаго два контакта. Контактъ Н служитъ для указаія недостака воды, а контактъ И указываетъ, что резервуаръ достаточно наполненъ водой.

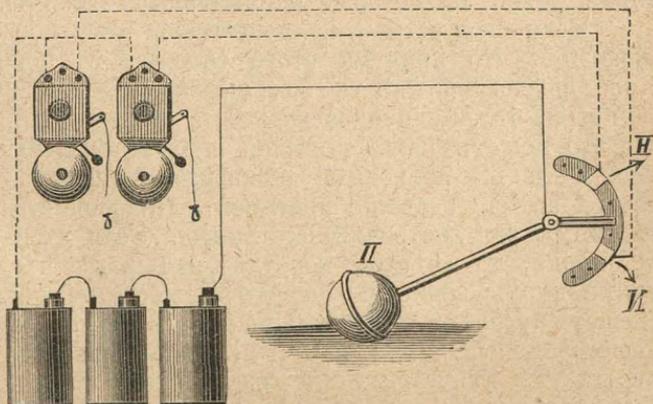


рис. 247.

Потребные матеріалы:	руб.	коп.
3 элемента . . . . .	6	00
1 поплавокъ съ механизмомъ . . . . .	10	00
2 сигнальн. звонка . . . . .	4	00
1 килогр. оцинков. крючковъ . . . . .	»	50
3 » изолиров. провода . . . . .	6	00
Всего на . . . . .		
	26 руб.	50 коп.

### Отысканіе погрѣшностей въ домашней установкѣ сигнальныхъ приборовъ.

Если для устройства домашней сигнализациі употребили хорошіе матеріалы и приборы, то въ рѣдкихъ случаяхъ можно ожидать неисправностей въ дѣйствіи установки. Если однако встрѣтятся остановки въ дѣйствіи приборовъ, то въ такомъ случаѣ надо приступать къ отысканію поврежденій или погрѣшностей, слѣдуя извѣстной системѣ и пользуясь при этомъ схемой устройства. Ищутъ неисправности прежде всего

- 1) въ батареѣ;
- 2) въ проводахъ;
- 3) въ приборахъ.

Въ батареѣ осматриваютъ одинъ за другимъ всѣ элементы; убѣждаются достаточно ли въ нихъ жидкости или дѣйствующихъ веществъ, не разъѣдены ли цинки, хороши ли контакты между проводниками, зажимами, углями и цинками. Если зажимы покрыты слоемъ окиси или солей, то удаляютъ эти вещества; очищаютъ также концы углей и цинковъ; хорошо также вновь парафинировать тѣ концы углей, на которые насаживаются зажимы.

Если вся установка перестаетъ дѣйствовать сразу, то очень вѣроятно, что причина этого состоитъ въ поврежденіи проводовъ. Неосторожно вбитый гвоздь, сырыя стѣны, кирпичи, пропитанные селитрой, бѣленіе и окраска стѣнъ, газы выдѣляющіеся изъ батарей, все это можетъ быть причиной поврежденія проводовъ.

Если въ проводахъ поврежденій не оказалось, то надо приняться за изслѣдованіе приборовъ. Надо очистить концы проводовъ, подтянуть потуже зажимные винты. Если звонки дѣйствуютъ безъ остановки, то имѣется короткое замыканіе въ самомъ приборѣ или въ кнопкахъ; зачастую бываютъ слабы регулирующие винты, иногда бываетъ пробита платиновая пластинка или же электромагниты имѣютъ чрезмѣрный остаточный магнетизмъ. Бываетъ даже, что звонокъ перестаетъ дѣйствовать вслѣдствіе того, что въ его коробку забиваются пруссаки или тараканы.

## ГЛАВА X.

### Явленія индукціи и индукціонные приборы.

#### Основныя явленія.

*Опытъ 1-й.* Берутъ два проводника АК и А'К', которые помѣщаютъ параллельно другъ возлѣ друга (см. рис. 248). Въ загнутые концы провода АК включаютъ батарею В и ключъ S, а въ петлю провода А'К' включаютъ гальванометръ G, который долженъ быть очень чувствительнымъ (мультипликаторъ). При каждомъ замыканіи тока батареи В, наблюдаютъ отклоненіе стрѣлки гальванометра. Это отклоненіе стрѣлки только мгновенное и его направленіе показываетъ въ тоже время, что токъ, отклоняющій стрѣлку, противоположенъ по направленію съ тѣмъ токомъ, который его возбуждаетъ (индуцируетъ), т. е. съ токомъ отъ батареи. Если послѣ нажатія на ключъ S выждать нѣкоторое время, достаточное для того, чтобы стрѣлка гальванометра пришла въ состояніе покоя, и затѣмъ поднятіемъ ключа разомкнуть токъ отъ батареи, то вновь произойдетъ отклоненіе стрѣлки гальванометра, но уже въ противоположномъ направленіи. Въ разсматриваемыхъ нами явленіяхъ токъ отъ батареи называютъ первичнымъ или главнымъ токомъ, а токъ, возбуждаемый или индуцируемый имъ въ другомъ проводѣ, называютъ вторичнымъ или индукцированнымъ токомъ, а также—индукціоннымъ токомъ.

*Опытъ 2-й.* На двухъ пластинкахъ стекла или шифера укрѣпляютъ при помощи шеллака по спирали изъ хорошо изолированной мѣдной проволоки отъ 0,5 до 0,8 мм. діаметромъ. Діаметръ спиралей

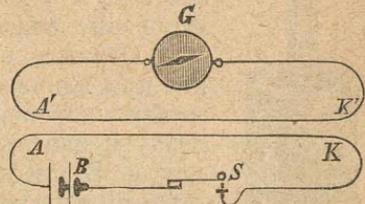


рис. 248.

пусть будетъ равенъ 10 сантиметрамъ. Въ концы проволокъ одной спирали включаютъ гальванометръ (см. рис. 249), а въ концы проволокъ другой — батарею съ ключомъ. Затѣмъ накладываютъ одну спираль на другую такъ, чтобы между ними былъ листъ бумаги или стеклянная пластинка, и производятъ замыканіе и размыканіе тока батареи посредствомъ ключа. При этомъ наблюдатель замѣтитъ, что стрѣлка гальванометра будетъ отклоняться какъ и въ первомъ опытѣ, но только гораздо сильнѣе.

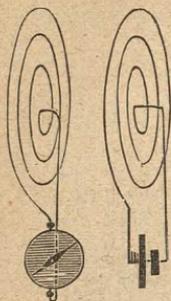


рис. 249.

Садите деревянные кружки толщиной въ 1 см. (см. рис. 250). Соедините концы обмотки катушки съ гальванометромъ, поставленнымъ въ значительномъ отдаленіи, и вдвиньте быстро въ отверстіе катушки сильно намагниченный стальной пруть, діам. въ  $1\frac{1}{2}$  см. и длиною сант. въ 30. Въ такомъ случаѣ стрѣлка гальванометра мгновенно отклонится.

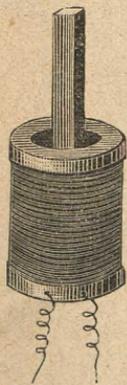


рис. 250.

Обратите вниманіе на направленіе отклоненія стрѣлки при вдвиганіи и затѣмъ при выдвиганіи магнита; затѣмъ переверните магнитъ другимъ полюсомъ къ верху и замѣтте оцять отклоненія стрѣлки гальванометра. Въ послѣднемъ случаѣ направленія отклоненія стрѣлки будутъ противоположны первымъ.

Токи, которые возбуждаются или индуктируются въ обмоткѣ катушки дѣйствіемъ магнита, называются *магнито-индукціонными токами*, а тѣ, которые являются результатомъ воздѣйствія гальваническаго тока на другой проводъ, называются *гальвано-индукціонными токами*.

*Примѣчаніе.* Вышеописанной катушкой можно воспользоваться для того, чтобы намагнитить хорошо закаленный стальной пруть. Для этого вдвигаютъ пруть въ отверстіе катушки и пропускаютъ черезъ нея обмотку токъ отъ сильной батареи. Во время намагничиванія полезно сотрясать сталь, ударяя по ней деревяннымъ молоткомъ или кускомъ дерева.

*Опытъ 4-й.* Около прута изъ мягкаго желѣза, длиною около 15 см. и діам. въ 1 см., обмотайте одинъ слой мѣдной изолированной проволоки (0,8—1 мм. діам.), соедините концы этой обмотки съ батареей и вдвигайте и выдвигайте этотъ электромагнитъ въ отверстіе

вышеописанной катушки, какъ въ это продѣляли раньше съ стальнымъ магнитомъ. Въ этомъ случаѣ отклоненіе стрѣлки гальванометра будетъ еще больше, такъ какъ индукціи магнита и тока дѣйствуютъ совмѣстно. При этомъ наблюдатель замѣтитъ тѣ же четыре возможныхъ случая отклоненія стрѣлки гальванометра, какъ и въ 3-мъ опытѣ. Въмѣсто передвиженія вверхъ и внизъ первичной катушки съ электромагнитомъ можно, какъ это видно на рис. 251, прерывать и замыкать токъ, проходящій по ея обмоткѣ, при помощи зубчатого колеса, вращаемаго рукояткой.

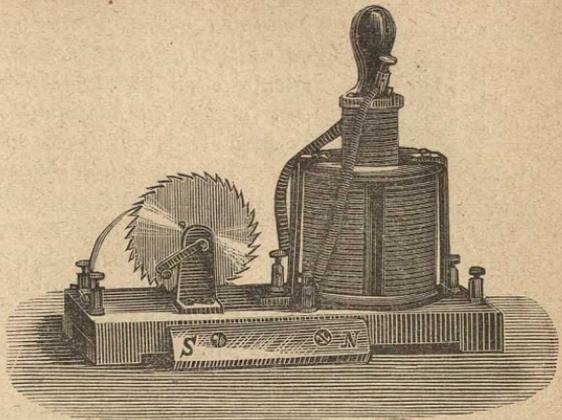


рис. 251.

## Линіи силы и индукционные токи.

Вышеописанные опыты, указываютъ на существованіе близкой связи между явленіями магнитными и электрическими. Когда проводникъ (катушка) находится въ магнитномъ полѣ, которое производится магнитомъ или же первичной катушкой, то въ замкнутомъ проводѣ возбуждается токъ каждый разъ, какъ происходитъ измѣненіе въ магнитномъ полѣ; при этомъ безразлично происходитъ ли это измѣненіе магнитнаго поля отъ переменны въ положеніяхъ индукціонной катушки, или же магнита, или первичной катушки.

Разсмотримъ случай, когда дѣйствуетъ одинъ полюсъ магнита (см. рис. 252). Отъ этого полюса распространяются въ пространство во всѣ стороны линіи силы, но при этомъ онѣ по мѣрѣ ихъ удаленія отъ полюса все болѣе и болѣе удаляются другъ отъ друга. Если взять кольцо, образованное изъ согнутой мѣдной проволоки, и держать его въ плоскости перпендикулярной къ оси магнита, то черезъ это кольцо пройдетъ тѣмъ большее число линій силы, чѣмъ ближе оно будетъ придвинуто къ по-

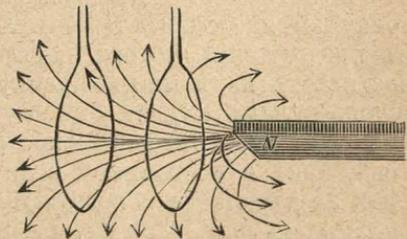


Рис. 252.

лосу магнита. Черезъ приближеніе или удаленіе кольца въ немъ возбуждаются индуктированные токи.

Общее положеніе: «Если замкнутый проводъ находится въ магнитномъ полѣ, то каждое измѣненіе въ числѣ пересекаемыхъ проводомъ линій силы вызываетъ въ немъ появленіе электровозбудительной силы, величина которой зависитъ отъ числа пересекаемыхъ проводомъ въ единицу времени линій силы».

Направленіе индукціоннаго тока. Если по мѣрѣ приближенія къ магниту (см. рис. 253) катушка пересекаетъ все большее и большее число линій силы, то въ обмоткѣ катушки индуцируется токъ, котораго направленіе, если смотрѣть на катушку сверху, противоположно движенію часовой стрѣлки.

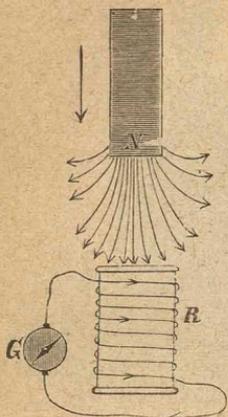


рис. 253.

### Законы индукціи.

Электровозбудительная сила индуктированныхъ токовъ возрастаетъ: 1) съ увеличеніемъ числа оборотовъ обмотки катушки; 2) съ увеличеніемъ силы магнитовъ или съ увеличеніемъ числа оборотовъ обмотки первичной катушки; 3) съ уменьшеніемъ разстоянія между первичной и вторичной катушками; 4) съ введеніемъ въ первичную катушку стержня изъ мягкаго желѣза; 5) съ уменьшеніемъ времени потребнаго для размыканія и замыканія. Для подтвержденія справедливости этихъ положеній можетъ служить приборъ, изображенный на рис. 251. Къ предъидущему надо прибавить, что индукціонный токъ при размыканіи имѣетъ меньшую продолжительность, чѣмъ при замыканіи. Сопротивленіе первичной катушки должно быть равно сопротивленію источника тока.

Нужно кромѣ того замѣтить, что въ противоположность тому, что имѣетъ мѣсто для обыкновеннаго тока, сила индуктированнаго тока измѣняется въ теченіи того крайне малаго промежутка времени, въ продолженіи котораго онъ длится. Сила эта, начиная съ нуля, достигаетъ извѣстнаго максимума, и затѣмъ, снова уменьшаясь, возвращается къ нулю.

Нельзя, слѣдовательно, разсуждать о силѣ индуктированнаго тока, какъ о постоянной величинѣ; говорить можно лишь о количествѣ электричества, возбуждаемаго при такомъ токѣ, а отсюда о средней его силѣ. Последняя получается, раздѣляя количество электричества на продолжительность тока.

## Самоиндукція.

Пусть АВ представляет проводъ, намотанный въ видѣ спирали (см. рис. 254). Если черезъ эту спираль пропустить электрическій токъ, то онъ обѣжитъ ее не мгновенно, а въ извѣстный промежутокъ времени. Въ то время какъ токъ въ точкѣ *a* приобрѣлъ извѣстное напряженіе, въ точкѣ *b* его напряженіе еще равно нулю. Токъ въ *a* возбуждаетъ черезъ это въ точкѣ *b* противоположный токъ, называемый *экстра-токомъ*. Если же наоборотъ токъ разомкнуть, то возбужденный (индуктированный) токъ будетъ имѣть одно и то же направленіе, какъ и токъ батареи. Это взаимодѣйствіе послѣдовательныхъ элементовъ одной и той же цѣпи называется *самоиндукціей*.

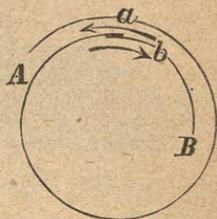


рис. 254.

Экстра-токи бываютъ—замыканія, т. е. возбуждаемыя въ моментъ замыканія цѣпи, и размыканія, возбуждаемыя при размыканіи ея.

Экстра-токъ замыканія—токъ обратный, уменьшающій на мгновеніе силу главнаго тока. Онъ задерживаетъ установленіе въ цѣпи нормальной силы тока.

Экстра-токъ размыканія, напротивъ, прямой, а потому въ моментъ появленія онъ увеличиваетъ силу главнаго тока. Слѣдствіемъ его является продолженіе на мгновеніе дѣйствія послѣдняго.

Подобное же явленіе самоиндукціи происходитъ и въ прямолинейныхъ проводахъ, но только въ болѣе слабой степени.

Самоиндукцію можно еще сравнить съ тѣмъ, что въ механикѣ называется инерціей. Подобно тому, какъ нельзя привести мгновенно въ движеніе покоящійся тяжелый предметъ или же движущійся мгновенно остановить, также нельзя мгновенно возбудить или прервать электрическій токъ. Поэтому иногда называютъ самоиндукцію электрической инерціей.

## Законы самоиндукціи или экстра-токовъ.

Самоиндукція едва замѣтна въ прямыхъ проводахъ; она значительна въ проводахъ, свернутыхъ въ спираль и увеличивается при введеніи въ спираль стержня изъ мягкаго желѣза. Напряженіе самоиндукціонныхъ токовъ возрастаетъ съ числомъ оборотовъ обмотки катушки и съ увеличеніемъ силы первичнаго тока; при постоянствѣ въ силѣ первичнаго тока электровозбудительная сила тока при размыканіи равна таковой же при замыканіи. Экстра-токи замедляютъ измѣненія силы первичнаго тока.

## Приборъ для самоиндукціи.

Укрѣпите ту катушку, которая описана въ 3-мъ опытѣ основныхъ явленій индукціи (рис. 255) \*), на деревянной подставкѣ при помощи винтиковъ снизу и затѣмъ наполни-

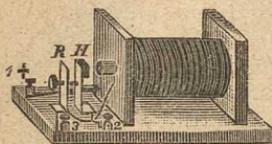


рис. 255.

те отверстіе ея пучкомъ мягкой желѣзной проволоки, толщиною въ 1 мм. Этотъ пучекъ желѣзной проволоки долженъ выступать по обѣ стороны отверстія катушки миллиметровъ на пять. Противъ одного изъ концовъ катушки укрѣпляютъ самопрерыватель, сущность дѣйствія котораго уже извѣстна изъ описанія звонковыхъ приборовъ. Самопрерыватель

устройства изъ тонкой, но твердой, латунной полоски (шириною въ 1 см.), которой нижній загнутый конецъ привинчиваютъ къ дощечкѣ основанія, а къ другому ея концу припаиваютъ кусочекъ мягкаго желѣза *H* въ 1 квадр. см. и толщиною въ 5 мм. Нѣсколько ниже этого молоточка и съ другой (лѣвой) стороны латунной полоски припаиваютъ небольшой кусочекъ листовой платины (см. рис. 255). Къ этому кусочку платины прилегающій регулирующий винтъ съ платиновымъ же штифтомъ. Подставка регулирующаго винта *R* состоитъ изъ латунной же полоски, толщиною въ 2—3 мм. и въ 1,5 см. шириною, укрѣпленной нижнимъ загнутымъ концомъ къ доскѣ основанія. Одинъ конецъ обмотки катушки укрѣпляется подѣ зажимъ 1, другой конецъ укрѣпляется подѣ стойкой *R*. Стойка молоточка *H* соединена проводомъ съ зажимомъ 2, а стойка *R*—съ зажимомъ 3. Зажимы 1 и 2 соединяются проводами съ элементомъ Грене кромѣ того къ зажимамъ 2 и 3 прикрѣпляютъ рукоятки, сдѣланные изъ латунныхъ трубокъ въ 10 см. длиною и въ 2—3 см. діаметромъ.

## Опыты съ самоиндукціоннымъ приборомъ.

Если взятыя влажными руками за вышеупомянутыя рукоятки самоиндукціоннаго прибора, то, смотря по силѣ батареи и по числу оборотовъ обмотки катушки, экспериментаторъ почувствуетъ рядъ болѣе или менѣе сильныхъ, часто слѣдующихъ другъ за другомъ, ударовъ или лучше сказать сотрясеній. Въ случаѣ, если эти сотрясенія слишкомъ сильны для мускуловъ и нервовъ наблюдателя, то

\*) Только къ ея концамъ надо придѣлать деревянные квадратныя насадки, какъ это видно изъ рис. 255.

стоитъ ему только приложить обѣ рукоятки другъ къ другу, какъ всѣ сотрясенія тотчасъ прекратятся, такъ какъ токъ пройдетъ черезъ рукоятки, молоточекъ будетъ притянутъ электромагнитомъ и дѣйствіе прибора прекратится.

### Примѣненіе самоиндукціоннаго прибора къ зажиганію газовыхъ рожковъ.

Электрическія приспособленія для зажиганія газовыхъ рожковъ стали въ послѣднее время все болѣе и болѣе распространяться вслѣдствіе ихъ удобства и безопасности. На рис. 256 изображено одно изъ такихъ приспособленій, которое отличается простотою устройства и вѣрностью дѣйствія. Къ газовому рожку *g* придѣланы два провода *a* и *b*. Положительный проводъ *a* соединенъ съ основаніемъ рожка, откуда токъ проходитъ въ кранъ *e* и въ прутикъ *c*, который приаянъ къ заплечику крана *e* (см. рис. 257). Отрицательный проводъ *b* присоединенъ къ изолирующей пластинкѣ *b*<sub>1</sub> и затѣмъ къ метал-

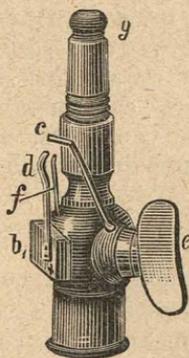


рис. 256.

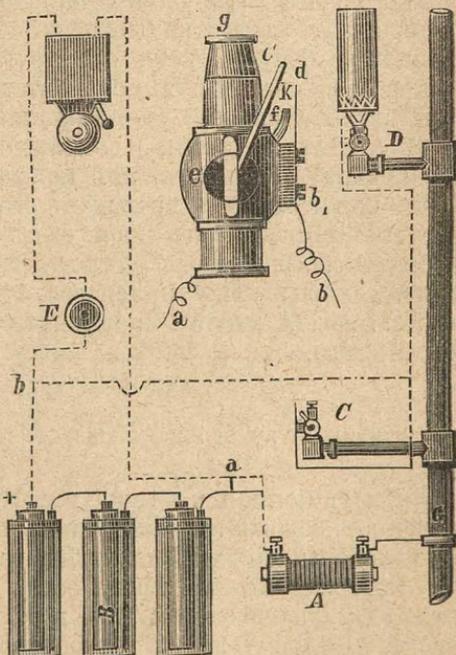


рис. 257.

лической пластинкѣ *d*, укрѣпленной на пластинкѣ *b*<sub>1</sub>. Кранъ *e* имѣетъ

два отверстія, изъ которыхъ большее пропускаетъ газъ къ горѣлкѣ, а другое—меньшее ведетъ газъ къ вспомогательной трубчкѣ *f*. При поворачиваніи крана *g*, когда онъ сдѣлаетъ еще только  $\frac{1}{8}$  оборота, газъ проникаетъ черезъ малое отверстіе въ небольшомъ количествѣ въ трубчкѣ *f*, выходитъ изъ ея верхняго отверстія и воспламеняется отъ электрической искры, которая является въ тоже время при замыканіи тока между прутикомъ *c* и пластинкой *d*. Пламя *k*, появляющееся на концѣ трубчкѣ *f*, зажигаетъ въ свою очередь газъ, выходящій изъ отверстія горѣлки *g*. При дальнѣйшемъ поворотѣ крана *e* малое отверстіе закрывается, доступъ газа въ трубчкѣ *f* прекращается и пламя *k* потухаетъ. Для полученія электрической искры служить обыкновенная батарея, употребляемая для домашней телеграфіи. Въ цѣпь этой батареи включается катушка *A*, которая и преобразуетъ (трансформируетъ) токъ батареи слабого напряженія въ токъ пригодный для произведенія искръ, т. е. въ токъ высокаго напряженія. Чтобы токъ отъ батареи провести къ рожкамъ, достаточно присоединить одинъ изъ проводовъ къ ближайшей газовой трубѣ, а затѣмъ въ каждомъ изъ помѣщеній, гдѣ устроено газовое освѣщеніе, берутъ вѣтвь отъ другаго главнаго провода домашняго телеграфнаго и соединяютъ соотвѣствующимъ образомъ съ газовыми рожками. На рис. 257 В обозначаетъ батарею, *C* и *D* суть газовые рожки (одинъ изъ нихъ обыкновенный, а другой—аргантовый), *E* есть кнопка въ одномъ изъ помѣщеній, *a* есть мѣсто отвлѣченія одного изъ главныхъ проводовъ къ газовой магистрали, *b*—есть мѣсто отвлѣченія другаго провода къ кранамъ газовыхъ рожковъ. Этихъ простыхъ измѣненій въ устройствѣ проводовъ, въ соединеніи тоже съ немногосложными приспособленіями у самихъ горѣлокъ, вполне достаточно для вполне правильнаго дѣйствія автоматическихъ зажигателей газа.

**Индукціонный приборъ; его назначеніе и составныя части; длина искры.**

Индукціонная катушка или Румкорфова спираль, какъ ее обыкновенно называютъ, есть одинъ изъ наиболѣе интересныхъ приборовъ лабораторіи любителя. Многочисленные и разнообразные опыты, которые можно произвести при помощи Румкорфовой спирали, сдѣлали ее однимъ изъ наиболѣе извѣстныхъ и любимыхъ приборовъ. Къ тому же и устройство спирали отличается простотой. Назначеніе индукціонной катушки состоитъ въ томъ, чтобы токъ сильный, но слабого напряженія, преобразовать въ токъ болѣе слабый, но за то гораздо болѣе высокаго напряженія.

На схематическомъ рис. 258 мы даемъ сперва общее понятіе объ устройствѣ и о составныхъ частяхъ индукціонной катушки. Вокругъ пучка мягкой желѣзной проволоки *D* сбѣлана обмотка изъ толстой мѣдной (конечно изолированной) проволоки *AA*; сверхъ обмотки *AA* находится обмотка *BB* изъ гораздо болѣе тонкой проволоки. Концы обмотки *BB* присоединены къ латуннымъ шарикамъ, которые укрѣплены на стекляныхъ подставкахъ. Черезъ отверстія въ шарикахъ пропущены два мѣдныхъ или латунныхъ прутка, толщиною въ 2 мм., концы которыхъ оканчиваются платиновыми остріями. Прутья эти могутъ быть по произволу удаляемы или приближаемы другъ къ другу. Передъ однимъ изъ концовъ пучка изъ желѣзныхъ проволокъ укрѣпленъ автоматическій прерыватель съ молоточкомъ *H* и регулирующимъ винтомъ *R*. Токъ изъ элемента проходитъ черезъ зажимъ *P* къ винту *R*, затѣмъ къ молоточку *H* и черезъ обороты толстой спирали *AA* къ зажиму *P'*, а отъ него возвращается къ отрицательному полюсу элемента. Конденсаторъ *C* включенъ въ цѣпь между подставкой молоточка *H* и стойкой регулирующаго винта *R*.

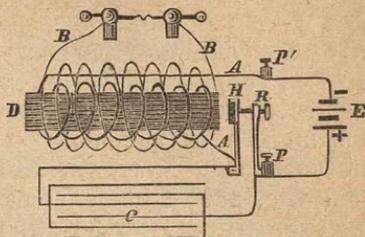


рис. 258.

Длина искры, которую можно получить при помощи индукціонной катушки, зависитъ прежде всего отъ силы тока, проходящаго черезъ первичную обмотку, а слѣдовательно и отъ магнитнаго дѣйствія пучка мягкаго желѣза, и наконецъ отъ длины проволоки вторичной катушки. Кромѣ того на размѣры искры имѣютъ вліяніе размѣры конденсатора, котораго назначеніе состоитъ въ поглощеніи экстратока, затѣмъ способъ устройства прерывателя, хорошая изолировка обмотокъ катушекъ и тонкость ихъ обмотокъ.

Длинѣ искры въ 25 мм. соотвѣтствуетъ напряженіе въ 30000—40000 вольтъ.

Толщина искры зависитъ отъ діаметра проволоки вторичной спирали. Толстая проволока дастъ искру болѣе плотную, чѣмъ тонкая. Для полученія пучкообразной искры надо взять проволоку для вторичной спирали діаметромъ въ 0,2 мм., а для искръ тонкихъ требуется проволока въ 0,1 мм.. Тонкая проволока даетъ искру, производящую мѣстную колющую боль, а болѣе толстая проволока вторичной спирали даетъ искры, которыя вызываютъ сильныя сокращенія мускуловъ.

## Устройство индукціонной катушки.

(Румкорфова спираль).

Основаніемъ прибора служитъ деревянный ящикъ, длиною—40 см., шириною—10 см. и высотой въ 3 см., составленный изъ дощечекъ толщиною въ  $\frac{1}{2}$  см. У этого ящика отъемной дѣлается не крышка, а днище, которое и прикрѣпляется къ корпусу ящика лишь нѣсколькими винтами. Вдоль длинныхъ краевъ крышки ящика (см. рис. 259) приклеиваютъ или привинчиваютъ два квадратныхъ бруска, длиною въ 30 см. каждый и со сторонами въ 1 см.; затѣмъ изготовляютъ квадратную дощечку въ  $\frac{1}{2}$  см. толщиною и со сторонами въ 10 см., въ серединѣ этой дощечки просверливаютъ отверстие немного болѣе  $1\frac{1}{2}$  см. въ діаметрѣ и вклеиваютъ въ это отверстие картонную трубку, длиною въ 16 и діаметромъ въ  $1\frac{1}{2}$  см. (рис. 260). Трубка эта должна быть пропитана шеллакомъ или параф-



рис. 259.

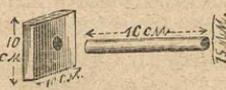


рис. 260.

финомъ. На эту трубку наматываютъ 4 слоя изолированной мѣдной проволоки, діаметромъ въ 1— $1\frac{1}{2}$  мм., пропитываютъ эту обмотку параффиномъ и выводятъ ея концы на наружную часть дощечки,

рис. 263.

рис. 261.

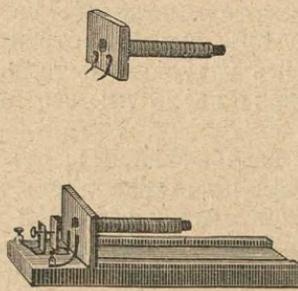
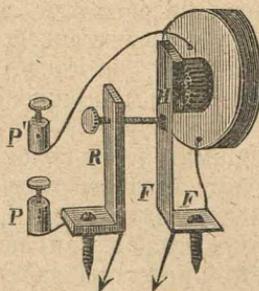


рис. 262.

какъ это изображено на рис. 261. Послѣ этого привинчиваютъ дощечку съ трубкой къ крышкѣ ящика спереди брусковъ, какъ это видно на рис. 262. При этомъ надо наблюдать, чтобы трубка съ об-

моткой была бы совершенно параллельна крышкѣ ящика и брускамъ, на ней находящимся. Внутренность картонной трубки заполняется пучкомъ мягкой желѣзной проволоки; каждая проволочка должна имѣть длину въ 17 см., діам. отъ 1—2 мм., и быть покрыта лакомъ. Назначеніе этого пучка желѣзной проволоки двоякое: 1) онъ служитъ для усиленія дѣйствія первичной или главной обмотки (катушки) и 2) онъ служитъ для приведенія въ дѣйствіе молоточка (см. рис. 263).

Въ индукціонныхъ катушкахъ, которыя устраиваются для медицинскихъ цѣлей, зачастую скрѣпляютъ пучокъ желѣзной проволоки съ одного конца въ дощечкѣ такимъ образомъ, чтобы можно было вдоль пучка передвигать тонкую латунную трубку. Эту трубку снабжаютъ дѣлениями въ миллиметрахъ, по которымъ и можно судить о величинѣ передвиженія. Для этой цѣли одинъ конецъ пучка на 1 см. длины травится для очистки въ соляной кислотѣ и затѣмъ погружается въ расплавленный припой, черезъ что отдѣльныя проволочки крѣпко соединяются другъ съ другомъ. Надвиганіе латунной трубки на пучекъ проволокъ изъ мягкаго желѣза имѣетъ слѣдствіемъ уменьшеніе магнитнаго дѣйствія этого пучка на окружающее пространство, а черезъ это уменьшается и его индуктирующее дѣйствіе на обмотку изъ мѣдной проволоки. Той же цѣли достигаютъ при другомъ устройствѣ прибора выдвиганіемъ или вдвиганіемъ катушки съ обмоткой изъ тонкой проволоки.

Молоточекъ Н состоитъ изъ плоскаго куска очень мягкаго желѣза, толщиною въ  $\frac{1}{2}$  см. и со сторонами въ 1 см. Молоточекъ припаивается или привинчивается (см. рис. 266) къ тонкой пружинящей пластинкѣ F изъ латуни, нейзильбера или стали, длиною въ 6 см. и шириною въ  $1\frac{1}{2}$  см. Нижній конецъ пластинки F загнутъ въ бокъ и прикрѣпленъ къ крышкѣ ящика такъ, что молоточекъ находится какъ разъ противъ выступающаго конца пучка желѣзной проволоки, но не прикасается къ нему, а отстоитъ отъ него на разстояніи въ 3—4 мм. Для цѣлей медицинскихъ пружина F должна совершать быстрыя колебанія, такъ какъ иначе при медленныхъ колебаніяхъ сильные удары тока могли бы вредно дѣйствовать на организмъ человѣка. Позади этой пружины укрѣпляется стойка R, толщиною въ 2—3 мм., служащая поддержкою для регулирующаго винта. Эта стойка имѣетъ прорѣзь, идущій сверху до отверстія для регулирующаго винта. Платиновый штифтъ этого винта упирается въ платиновую же пластинку на пружинѣ F. Одинъ конецъ обмотки первичной катушки укрѣпляется у зажима P', а другой у пружины F. Второй зажимъ P соединенъ проводомъ со стойкой регулирующаго винта R (см. рис. 263 и 265).

Если катушка устраивается для медицинских цѣлей, то передъ зажимами Р и Р' помѣщаютъ вышеописанный приборъ для перемѣны направленія тока, чтобы имѣть возможность совершать эту операцію удобно и быстро.

Затѣмъ изготовляютъ картонную трубку длиною въ 15 см. и такой ширины, чтобы ее можно было надвинуть на первичную катушку безъ тренія. Трубку эту параффинируютъ и приклеиваютъ ее къ двумъ квадратнымъ дощечкамъ. Вновь изготовленная трубка служитъ основой для обмотки вторичной спирали. Проволоку берутъ діаметромъ въ 0,2 мм., длина ея будетъ около 15000 метровъ, а вѣсъ примѣрно—500 граммъ.

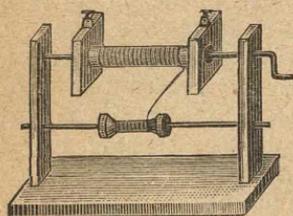


рис. 264.

Одинъ конецъ проволоки вторичной катушки пропускаютъ снаружу черезъ отверстіе въ одной изъ квадратныхъ дощечекъ (см. рис. 264 и 265), а закрѣпляютъ у соответствующаго зажима. Для защиты отъ поврежденій наружную часть проволоки покрываютъ проклеенной бумагой. Намотку проволоки производятъ такимъ образомъ, чтобы одинъ ея оборотъ ложился возможно близко къ другому обороту. Каждый слой, какъ и въ первичной катушкѣ, надо параффинировать и отдѣлить отъ послѣдующаго параффинированной бумагой. Послѣдній слой наматывается съ особенной тщательностью и покрывается растворомъ шеллака. Еще лучше, въ видахъ хорошей

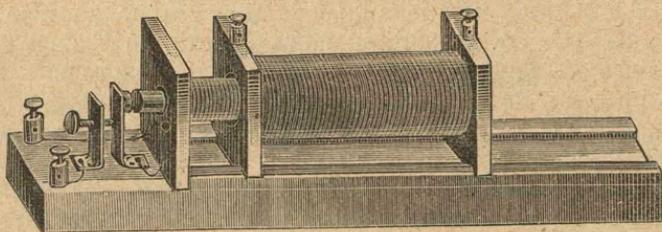


рис. 265.

изоляции, пропустить всю проволоку при намоткѣ чрезъ U-образную стеклянную трубку, наполненную жидкимъ растворомъ шеллака. Первичная и вторичная катушки должны имѣть обмотки, намотанныя въ одноиъ и томъ же направленіи.

Растворъ шеллака, употребляемый для вышеупомянутыхъ цѣлей, изготовляется слѣдующимъ образомъ. Листовой шеллакъ измель-

чаютъ и растираютъ въ хорошемъ спиртѣ при медленномъ подогрѣваніи. Къ насыщенному раствору прибавляютъ еще половинное по объему количество спирта и даютъ стоять нѣкоторое время въ умѣренномъ теплѣ, или же на солнцѣ. Наконецъ, полученный растворъ фильтруютъ черезъ полотно. Съ теченіемъ времени растворъ дѣлается свѣтлымъ.

Параффинъ имѣетъ то преимущество передъ шеллакомъ, что онъ не такъ хрупокъ и даже обезпечиваетъ лучшую изоляцію. Параффинъ расплавляютъ въ плоскомъ металлическомъ сосудѣ, лучше всего въ водяной или песчаной банѣ, такъ какъ непосредственное нагрѣваніе огнемъ ведетъ обыкновенно къ подгоранію. Полоски тонкой, но плотной и безъ отверстій бумаги погружаютъ въ параффинъ и даютъ имъ вполне пропитаться. Затѣмъ полоски вынимаются изъ параффина щипцами, даютъ избытку параффина стечь обратно въ ванну, послѣ чего полоски быстро охлаждаются и высыхаютъ.

*Конденсаторъ.* Экстратоки противоположны тѣмъ токамъ, которые вызываются въ обмоткѣ катушки дѣйствіемъ внѣшняго источника тока, и стремятся къ ихъ ослабленію. Такимъ образомъ появленіе тока въ катушкѣ, его наростаніе и паденіе, замедляется существованіемъ экстратокъ. При перерывахъ тока возбуждается зачастую очень сильный экстратокъ, производящій искры. Въ особенности силенъ бываетъ экстратокъ и происходящая отъ него искра въ томъ случаѣ, когда обмотка, въ которой появляется самоиндукція, состоитъ изъ большого числа плотно прилегающихъ другъ къ другу оборотовъ проволоки и кромѣ того снабжена сердечникомъ изъ мягкаго желѣза. Для удаленія этихъ вредно-дѣйствующихъ экстратокъ и служить конденсаторъ, представляющій собой приборъ, подобный по дѣйствию Лейденской банкѣ. Конденсаторъ можетъ быть изготовленъ изъ полоски хорошо провощенной тафты, длиною въ  $1\frac{1}{2}$  метра и шириною въ 9 см.; по обѣимъ сторонамъ этой полоски проложены длинныя полосы тонкаго листового олова шириною въ 7 см. Тафту, вмѣстѣ съ ея обкладкою, сгибаютъ зигзагомъ попеременно въ разныя стороны, причемъ между каждымъ сгибомъ прокладываютъ полоску изъ пролакированной или параффинированной бумаги.

*Другой видъ конденсатора* (рис. 266 и 267). Изготавливаютъ изъ

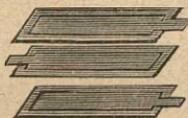


рис. 266.



рис. 267.

листового олова отъ 60 до 100 полосокъ, длиною отъ 20 до 25 см. и въ 7 см. шириною; эти полоски прокладываютъ полосками лакированной или парафинированной бумаги, которая на 2 см. длиннѣе и шире оловянныхъ полосокъ. Оловянные полоски снабжены узкими придатками въ 5—6 см. длиною, которые и выступаютъ на 3—4 см. попеременно то въ одну, то въ другую сторону, изъ-за бумажныхъ прокладокъ. Сверху и снизу полученной такимъ образомъ пачки накладываютъ по листу толстаго картона, или по дощечкѣ и обвязываютъ все въ двухъ мѣстахъ бичевкой. Всѣ оловянные придатки (язычки), выходящіе съ одной стороны, соединяютъ проволокой вмѣстѣ и со стойкой молоточка, а такіе же придатки другой стороны соединяютъ вмѣстѣ и со стойкой регулирующаго винта.

Соединеніе оловянныхъ язычковъ съ проводами дѣлаютъ такъ, что всѣ язычки съ одной стороны оборачиваютъ нѣсколько разъ поперекъ оловянной же узкой полоской, на которую надѣваютъ плоскій мѣдный зажимъ съ припаянной къ нему проволокой.

Таблица размѣровъ индукционныхъ катушекъ.

Вся катушка.		Желѣзный сердечникъ.		Первичная катушка.		Вторичная катушка.		Конденсаторъ.			Число элементовъ, соединенныхъ последовательно.		Длина искры, въ миллиметрахъ.
Длина.	Диаметръ.	Длина.	Диаметръ.	Диаметръ проволоки.	Число слоевъ обмотки.	Диаметръ проволоки.	Вѣсъ обмотки въ граммахъ.	Число оловянныхъ листовъ.	Длина и ширина листовъ въ миллим.		Количество.	Емкость въ микрограммъ.	
									въ миллим.				мм.
76	38	82	6,4	0,55	2	0,12	58	25	50×25	1	1/2	3	
89	47	95	9,5	0,60	2	0,12	116	40	50×38	1	1/2	6	
152	51	176	12,3	0,9	2	0,12	232	50	50×50	2	1/2	12	
178	58	190	19	1,2	2	0,12	340	60	100×100	3	1/2	19	
228	74	240	25	1,3	2	0,15	454	100	180×125	6	1	25	
254	101	266	28,6	1,6	2	0,15	1362	100	230×180	6	1	50	
305	152	317	32	1,6	2	0,20	3060	150	230×180	6	1	75	
355	203	368	48	2,0	2	0,20	5460	200	230×230	6	1	150	

*Третій видъ конденсатора.* Берутъ два листа олова тѣхъ размѣровъ, какъ они обыкновенно встрѣчаются въ продажѣ, т. е.  $1/2 \times 1/3$

метра. По ширинѣ каждаго листа надрѣзають (конечно не до конца) по узкой полоскѣ. Между оловянными листами прокладываютъ листъ провощенной бумаги, который долженъ быть на нѣсколько сантиметровъ длиннѣе и шире олова. Сверху одного изъ оловянныхъ листовъ кладутъ такой же листъ провощенной бумаги и затѣмъ наворачиваютъ все на стеклянную трубку толщиною въ палецъ. Узкія полоски, которыя должны послужить для соединенія конденсатора съ вышеупомянутыми стойками катушки, выводятъ наружу и прикрѣпляютъ у противоположныхъ концовъ трубки шелковыми нитками. Такой конденсаторъ можно легко присоединять къ маленькимъ индукціоннымъ катушкамъ, которыя не имѣютъ своего конденсатора. При этомъ можно замѣтить, что черезъ присоединеніе конденсатора сотрясенія или толчки, доставляемые этими катушками, становятся гораздо болѣе сильными.

Съ батареей въ 2—3 элемента съ двухромокислымъ калиемъ можно получить между полюсами катушки тѣхъ размѣровъ, какіе были указаны выше, искры длиною въ 15—20 миллиметровъ, производяшія замѣтный трескъ.

Явленія, наблюдаемыя при помощи индукціонныхъ катушекъ.

*А. Свѣтотвоя и теплотвоя явленія.* Если между полюсными зажимами индукціонной катушки укрѣпить проволоки діаметромъ въ 1—2 мм. (рис. 258) и сблизить ихъ концы, то между ними появится повидимому непрерывный рядъ красноватыхъ искръ. На самомъ дѣлѣ потокъ искръ не непрерывенъ, а искры появляются при каждомъ замыканіи тока. Если отрицательный полюсный зажимъ замѣнить шарикомъ или дискомъ, то длина искръ увеличится и потокъ искръ раздѣлится на рядъ отдѣльныхъ искръ, направленныхъ отъ острія проволоки къ шару или диску. Если заставить искру проходить черезъ масло или надъ мелко раздробленными металлами (въ порошокъ), то цвѣтъ искры мѣняется въ зависимости отъ взятаго вещества.

Путь электрической искры можно хорошо видѣть, если на кусокъ стекла приклеить двѣ узкихъ оловянныхъ полоски, покрыты ихъ бумагой и затѣмъ закоптить поверхность стекла. Заставляя проходить искру между концами оловянныхъ полосокъ, наблюдаютъ тѣ слѣды, которые она оставляетъ на поверхности закопченнаго стекла.

Если на пути потока искръ поставить тонкую пластинку изъ роговаго каучука, то искры отклоняются отъ прямого пути и обигаютъ пластинку.

Индукціонная искра состоитъ изъ блестящей свѣтовой линіи и изъ оранжево-красной ея оболочки (ореола), которая свѣтится слабѣе. Свѣтовая линія появляется при изслѣдованіи во вращающемся зеркалѣ лишь мгновенно, а ореолъ имѣетъ большую продолжительность. Сильной струей воздуха можно отклонить ореолъ отъ искры.

Индукціонная искра развиваетъ значительное количество теплоты, почему она и можетъ быть употребляема для воспламененія эфира, спирта, фосфора, пороха обыкновеннаго и хлопчато-бумажнаго, для взрыва минъ и т. п. Если къ индукціонному потоку искры приблизить пламя стеариновой свѣчи, то искры отклоняются въ сторону пламени, такъ какъ нагрѣтый и наполненный угольными частицами воздухъ, окружающій пламя, служитъ лучшимъ проводникомъ, чѣмъ обыкновенный воздухъ.

Тепловыя явленія, производимыя индукціоннымъ токомъ, подчиняются слѣдующимъ законамъ:

1) Количество тепла тѣмъ больше, чѣмъ меньше время прохожденія индукціоннаго тока.

2) Количества тепла, развитое въ равные промежутки времени, пропорціональны квадратамъ силы индуктированныхъ токовъ.

В. *Явленія механическія*. Если на кусокъ стекла, картона или роговаго каучука наклеить съ одной стороны листовое олово, то такія пластинки пробиваются индукціонной искрой, когда ихъ поставить между полюсами катушки. Включивъ въ цѣпь лейденскую банку можно пробивать довольно толстыя пластинки стекла. На рис. 268 показанъ способъ включенія въ цѣпь Лейденской банки.

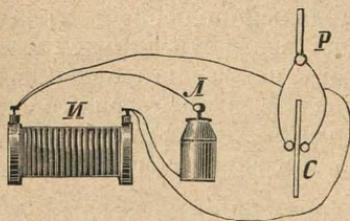


рис. 268.

Отъ каждого полюса катушки И ведутъ по два провода, одинъ проводъ присоединяютъ къ одной изъ обкладокъ банки Л, а другой — къ одной изъ вѣтвей разрядника Р. Тоже дѣлаютъ и съ двумя проводами другого полюса. Между концами вѣтвей разрядника помещаютъ стеклянную пластинку С. При этомъ индукціонныя искры дѣлаются короче, но за то ослѣпительно свѣтлыми и сопровождаются особеннымъ рѣзкимъ трескомъ.

С. *Химическія дѣйствія* индукціонныя искры производятъ лишь тогда, когда заставляютъ дѣйствовать на электролитъ лишь токъ замыканія или размыканія, а не оба вмѣстѣ. Такъ какъ химическія дѣйствія обоихъ этихъ токовъ равны, то при совокупномъ дѣйствіи они и уравновѣшиваютъ другъ друга.

Д. *Физиологическія явленія.* Къ полюснымъ зажимамъ индукціонной катушки присоединяють проводники, прикрѣпленные съ другой стороны къ латуннымъ рукояткамъ. Если такія рукоятки охватить влажными руками и затѣмъ постепенно надвигать бывшую вполнѣ выдвинутой вторичную катушку, то наблюдатель будетъ ощущать все болѣе и болѣе сильныя сотрясенія. Замѣчательно, что нервы и мускулы болѣе слабыхъ лицъ менѣе возбуждаются отъ дѣйствія индукціоннаго тока, чѣмъ лицъ болѣе сильныхъ. Много завистить и отъ того, какимъ образомъ токъ передается организму. При влажныхъ рукояткахъ дѣйствіе тока проникаетъ глубже въ мускулы, чѣмъ при сухихъ; крѣпкое нажатіе на проводники способствуетъ тоже болѣе глубокому проникновенію тока, чѣмъ легкое прикосновеніе; затѣмъ имѣетъ вліяніе и самое состояніе органовъ тѣла. Физиологическія дѣйствія индукціоннаго тока тѣмъ сильнѣе, чѣмъ онъ кратковременнѣе; дѣйствіе тока получается болѣе сильное при сердечникѣ, состоящемъ изъ множества отдѣльныхъ проволокъ, чѣмъ при сердечникѣ изъ одного куска мягкаго желѣза.

### Гейслеровы трубки.

*Опытъ въ разряженномъ пространствѣ.* Самыя красивыя свѣтловыя явленія можно получить съ индукціоннымъ токомъ при пропусканіи тока чрезъ такъ называемыя (по имени ихъ перваго изобретателя) Гейслеровы трубки. Эти трубки изготовляются изъ стекла и имъ придаются самыя разнообразныя формы. Трубки эти герметически запаены и наполнены разными крайне разряженными газами. Для проведенія тока въ концы трубокъ спаиваютъ проводочки изъ платины или алюминія.

При пропусканіи тока отъ катушки отрицательный конецъ трубки кажется наполненнымъ темно-голубымъ сіяніемъ, а положительный полюсъ испускаетъ лучи пурпурокраснаго цвѣта, которые проникають почти до самаго отрицательнаго полюса и обнаруживаютъ слабую бороздчатость (прерывчатость). Чтобы получить эти явленія необходимо соединить электроды трубки проводами съ полюсами вторичной катушки.

Если одинъ изъ электродовъ трубки обломился, то трубку все-таки можно употребить въ дѣло; для этого опускають конецъ трубки съ обломаннымъ электродомъ въ ртуть, куда погружаютъ и одинъ изъ проводовъ отъ катушки.

При продолжительномъ пропусканіи тока черезъ трубку стѣнки

ея покрываются металлическим налетомъ, который имѣеть синеватый оттѣнокъ при серебряныхъ и черноватый при платиновыхъ электродахъ; электроды изъ алюминія подвержены наименьшему разрушенію.

Если одна Гейслерова трубка впаяна въ другую и пространство между ними заполнено жидкостью, то при пропусканіи тока можно наблюдать различныя явленія флуоресценціи въ зависимости отъ состава жидкости. Безцвѣтный растворъ сѣрнокислаго хинина флуоресцируетъ, напримѣръ, прекраснымъ синимъ цвѣтомъ.

Если въ Гейслерову трубку помѣстить различныя драгоценныя камни, то при пропусканіи индукціоннаго тока эти камни начинаютъ издавать свѣтъ, такъ напр. рубинъ свѣтится яркимъ краснымъ цвѣтомъ, смарагдъ — малиновымъ, алмазъ — зеленоватымъ. Трубки съ порошками изъ сѣрнистыхъ соединеній кальція, барія и стронція свѣтятся также различными цвѣтами. Это свѣченіе по прекращеніи прохожденія тока ослабѣваетъ, но все-таки продолжается довольно долгое время. Такое явленіе называется фосфоресценціей.

*Вліяніе магнитовъ на явленія въ Гейслеровыхъ трубкахъ.* Если отрицательный полюсъ Гейслеровой трубки поднести къ полюсамъ сильнаго электромагнита, то голубое сіяніе въ этомъ концѣ трубки будетъ притянуто по направленію къ магниту и образуетъ изогнутую поверхность (см. рис. 269).

Свѣтъ, испускаемый положительнымъ полюсомъ и заполняющій почти всю трубку, претерпѣваетъ при не слишкомъ большомъ разрѣженіи отклоненіе тамъ, гдѣ приближены полюсы магнита (см. рис. 270).

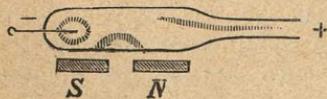


рис. 269.

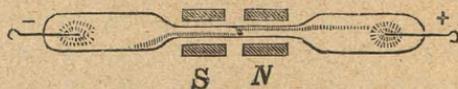


рис. 270.

Всѣ, до сихъ поръ перечисленныя явленія, зависятъ отъ направленныхъ въ одну сторону токовъ размыканія, такъ какъ только эти токи на столько сильны, что могутъ произвести разрядъ черезъ трубку. Если же включить въ цѣпь отъ вторичной катушки Лейденскую банку, то можно получить попеременно направленные токи и тогда голубое сіяніе появляется въ обоихъ концахъ трубки.

*Опыты съ лампами накаливанія.* Къ полюснымъ зажимамъ индукціонной катушки прикрѣпляютъ мѣдныя проволоки въ 1½ мм. діаметромъ и изгибаютъ ихъ кверху такимъ образомъ, чтобы къ ихъ загнутымъ концамъ можно было привѣсить по лампочкѣ накалива-

нія. Лампочки должны быть близки другъ къ другу, но не прикасаться (рис. 271). При пропусканіи тока черезъ катушку лампочки притягиваются другъ къ другу. Если подвѣсить только одну лампочку, а другой полюсъ соединить съ землей, то въ лампочкѣ появляется сіяніе. Эти опыты можно, понятно, разнообразить и видоизмѣнять.

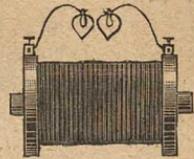


рис. 271.

### Опытъ съ барометрической трубкой и электрическія звѣзды.

Какъ уже было упомянуто выше при описаніи лампочекъ накаливанія, можно достигнуть хорошаго разрѣженія, употребивъ для этого стеклянную трубку длиною въ 1 метръ и наполненную ртутью. Индукціонный токъ преводится въ этомъ случаѣ съ одной стороны проводникомъ, который погружается въ ртуть, а съ другой стороны мѣдной проволокой, проткнутой черезъ ту пробку, которая герметически закупориваетъ верхнее отверстіе трубки. Если барометрическая пустота наполнена разрѣженнымъ воздухомъ, то при пропусканіи тока отъ катушки она свѣтится розовато-фіолетовымъ цвѣтомъ. Въ присутствіи разрѣженного водорода получается свѣченіе бѣловатое, съ азотомъ — оранжевое, съ углекислотой — зеленое, а съ хлористоводороднымъ газомъ — красное.

Если небольшую Гейслерову трубку прикрѣпить къ электродвигателю такимъ образомъ, чтобы во время ея вращенія токъ отъ катушки все-же проходилъ въ нее прерывно, то можно наблюдать очень красивыя звѣзды, лучи которыхъ можно измѣнять, регулируя число прерываній тока. При извѣстной скорости вращенія кажется, что звѣзды вращаются въ обратную сторону.

### Прерыватель Гельмгольца.

У прерывателя, устроеннаго извѣстнымъ физикомъ Гельмгольцемъ, имѣется второй регулирующий винтъ  $S'$  (см. рис. 272), который способствуетъ тому, что теченіе тока отъ батареи никогда не прерывается; кромѣ того сила наведенныхъ токовъ при замыканіи и размыканіи почти одинакова, но при томъ оба они слабѣе. Когда пружина прика-

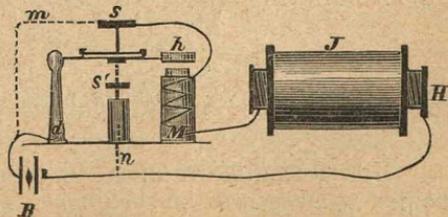


рис. 272.

сается къ винту  $S$ , то токъ проходитъ такъ же, какъ и безъ стойки  $S'$ , то есть токъ направляется по сплошнымъ линиямъ къ первичной катушкѣ  $H$ . Если пружина колеблется между обоими винтами, то токъ направляется къ первичной катушкѣ по направленію  $m-S-M$ . Когда пружина прикасается къ оконечности винта  $S'$ , то токъ можетъ слѣдовать двумя путями: одинъ путь короткій—черезъ  $d-S'-n$ , а другой путь длинный—черезъ  $m-S-M$ . Въ этомъ случаѣ бѣльшая часть тока идетъ по короткому пути, гдѣ онъ встрѣчаетъ наименьшее сопротивленіе, и лишь меньшая часть тока идетъ черезъ обмотку электромагнита  $M$ , такъ какъ здѣсь онъ встрѣчаетъ на пути очень большое сопротивленіе.

Такимъ образомъ достигается то, что первичный (главный) токъ никогда не прерывается; только измѣненіе его силы возбуждаетъ индукціонные токи и такъ какъ экстратоки замыканія и размыканія протекаютъ по первичной катушкѣ, то и величина индукціонныхъ токовъ при этомъ дѣлается приблизительно равною, но за то оба индукціонныхъ тока (замыканія и размыканія) становятся слабѣе.

### Примѣненія индукціонныхъ катушекъ.

Индукціонныя катушки имѣютъ слѣдующія примѣненія:

1) Для полученія токовъ высокаго напряженія; для производства опытовъ съ трубками, наполненными разрѣженными газами (Гейслеровы трубки; трубки Пулуя и Крукса).

2) Для воспламененія минъ при горныхъ и военныхъ работахъ; для одновременнаго зажитанія многихъ газовыхъ рожковъ.

3) Для телефонированія на большія разстоянія; см. главу XI.

4) Въ видоизмѣненномъ видѣ и въ большихъ размѣрахъ индукціонныя катушки употребляются теперь въ электротехникѣ для преобразованія токовъ слабого напряженія въ токи высокаго напряженія и наоборотъ; такіе приборы называются *трансформаторами* и будутъ описаны ниже въ главѣ XIV.

### Большія индукціонныя катушки.

Изготовленіе такихъ индукціонныхъ катушекъ, которыя по своимъ размѣрамъ превосходятъ катушки, приведенныя въ таблицѣ на стр. 306, требуетъ большой опытности и искусства и составляетъ

поэтому спеціальность механиковъ. Мы все таки дадимъ нѣкоторое понятіе о способѣ изготовленія большихъ катушекъ.

Чтобы избѣгнуть пробиванія искрами стѣнокъ катушки, ихъ изготовляютъ вполнѣ изъ рогового каучука (эбонита); стѣнки самой трубки дѣлаютъ въ 5—10 мм. толщиной, а конечныя шайбы или флянцы толщиной до 20 мм. (см. рис. 273).

Для того, чтобы сдѣлать невозможнымъ пробиваніе искрами самой обмотки вдоль по длинѣ катушки (отъ одной проволоки къ другой), раздѣляютъ катушку по длинѣ параффинированными картонными или рогового каучука шайбами; обыкновенно устраиваютъ нечетное число отдѣленій.

Часть эбонитовой трубки обвертываютъ нѣсколькими слоями параффинированной бумаги и затѣмъ надѣваютъ шайбу; также поступаютъ и съ другими частями трубки; подъ конецъ надѣваютъ конечныя толстыя шайбы и тщательно заполняютъ мѣста стыковъ расплавленнымъ параффиномъ.

Когда параффинъ вполнѣ застынетъ и отвердѣетъ, тогда продѣваютъ изнутри одинъ конецъ проволоки черезъ отверстіе у основанія одной изъ конечныхъ шайбъ (напр. лѣвой), а остальную часть проволоки наматываютъ на трубку между конечной шайбой и шайбой № 1. Слои обмотки отдѣляютъ другъ отъ друга прокладками изъ параффинированной бумаги.

Свободный конецъ проволоки просовываютъ черезъ отверстіе въ шайбѣ 1-й и соединяютъ спайкой съ концомъ проволоки, которую наматываютъ на трубку между шайбами 1-й и 2-й. Мѣсто спайки тщательно изолируютъ мягкимъ шелкомъ и параффинированной бумагой. Намотку второго отдѣленія катушки производятъ въ направленіи противоположномъ первому.

Третье отдѣленіе, между 2-й и правой конечной шайбами, наматываютъ такъ же какъ и первое. Начальный конецъ проволоки третьяго отдѣленія припаиваютъ къ оставшемуся концу второго, который для этого продергивается черезъ отверстіе шайбы 2-й. Свободный конецъ проволоки продѣваютъ наружу черезъ отверстіе у основанія правой конечной шайбы и закрѣпляютъ у зажима.

Свободный конецъ проволоки обмотки первого отдѣленія закрѣпляютъ у другого зажима.

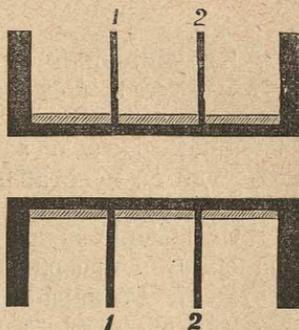


рис. 273

При катушкахъ еще большаго размѣра отдѣльныя части обмотки наматываются при помощи токарнаго станка и затѣмъ надвигаются на общую трубку.

### Возможныя ошибки.

Индукціонная катушка можетъ давать болѣе слабыя искры, чѣмъ слѣдуетъ, когда она отсырѣла. Въ такомъ случаѣ отдѣляютъ катушку отъ прочихъ частей прибора, осторожно нагрѣваютъ ее въ воздушной банѣ и затѣмъ погружаютъ въ расплавленный парафинъ, гдѣ ее и оставляютъ до тѣхъ поръ, пока не прекратится появленіе пузырьковъ.

Ослабленіе искръ можетъ происходить и отъ того, что повреждена обмотка проволоки внутри самой катушки; въ такомъ случаѣ погруженіе въ парафинъ не всегда помогаетъ. Надо размотать и осмотрѣть обмотку вторичной катушки.

Послѣ исправленія поврежденныхъ мѣстъ, наматываютъ опять, пропуская проволоку черезъ расплавленный парафинъ.

Такъ какъ свободные концы (идушіе къ зажимамъ) тонкой проволоки вторичной катушки легко обламываются, то лучше для первыхъ и послѣднихъ оборотовъ обмотки брать проволоку потолще и припаивать ее къ тонкой.

Если искры вторичной катушки ослабѣваютъ, а усиливаются искры первичной, то есть вѣроятность, что испорченъ конденсаторъ. Надо вынуть и разобрать конденсаторъ; поврежденные листки замѣняютъ другими.

Съ теченіемъ времени платиновая пластинка у молоточка пробивается искрами—перегораетъ; въ такомъ случаѣ надо нѣсколько повернуть подставку, чтобы подвести подъ регулирующий винтъ свѣжее мѣсто пластинки.

Иногда случается, что концы проволокъ не хорошо прижаты зажимами и лежатъ свободно; въ такомъ случаѣ надо лишь подвернуть винты потуже.

## ГЛАВА XI.

### Телефоны и микрофоны.

Ни одно изобрѣтеніе по электричеству не распространилось такъ быстро, какъ телефонъ, извѣстный теперь всякому. До сихъ поръ самый простой видъ телефона есть тотъ, который былъ ему приданъ самимъ его изобрѣтателемъ Грэемомъ Белль (Graham Bell) въ 1877 году.

Способъ изготовленія телефона мы опишемъ лишь вкратцѣ, такъ какъ теперь можно достать за очень дешевую цѣну телефоны, хорошо дѣйствующіе на короткихъ разстояніяхъ.

*а. Опытъ.* Берутъ кусокъ круглой закаленной стали длиною отъ 10—12 см. и діаметромъ въ 1 см.; этотъ кусокъ стали намагничиваютъ, подвергая его дѣйствию сильной катушки съ обмоткой изъ толстой проволоки. На одинъ изъ концовъ полученнаго такимъ образомъ магнита надвигаютъ небольшую картонную или деревянную катушку длиною въ 2 см. На эту катушку наматываютъ изолированную шелкомъ мѣдную проволоку толщиной отъ 0,1—0,2 мм., а длиною отъ 50 до 60 метровъ. Концы этой обмотки соединяютъ съ зажимами далеко поставленнаго мультипликатора. Если взять теперь тонкую желѣзную пластинку (см. рис. 274) и приблизить ее къ тому

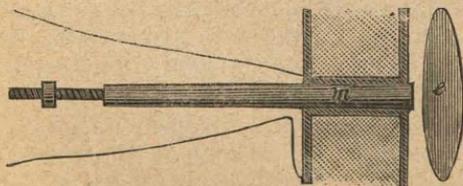


рис. 274.

концу магнита, на которомъ находится катушка, то получимъ отклоненіе стрѣлки мультипликатора, указывающее на появленіе электрическаго тока; при удаленіи пластинки отъ магнита получается токъ противоположнаго направленія (ср. стр. 294). Такимъ образомъ приближеніе и удаленіе желѣзной пластинки

тинки возбуждаетъ въ маленькой катушкѣ переменные индукціонные токи. Другими словами: желѣзная пластинка пересѣкаетъ силовыя магнитныя лініи, исходящія изъ полюса магнита, (см. рис. 275), частью поглощаетъ ихъ и измѣняетъ черезъ это магнитное поле полюса (см. рис. 276), а каждое измѣненіе въ магнитномъ полѣ вызываетъ въ катушкѣ электрическіе токи, которыхъ направленіе мѣняется съ приближеніемъ или удаленіемъ желѣзной пластинки.

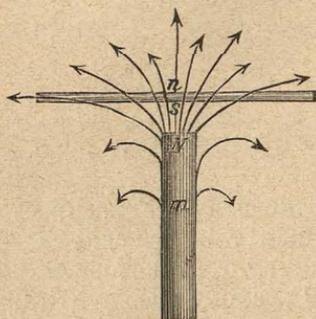


рис. 275.

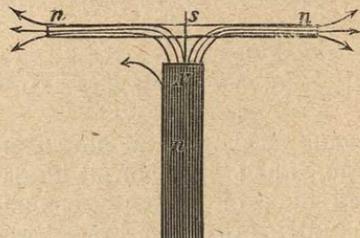


рис. 276.

*в. Примѣненіе опыта.* Возьмемъ два магнита С и D (см. рис. 277), обмотаемъ изолированной проволокой полюса магнитовъ, какъ

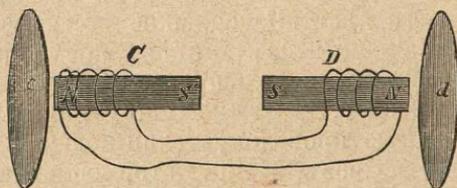


рис. 277.

это указано на рисунокѣ, и приведемъ въ колебательное движеніе желѣзную пластинку *c* передъ полюсомъ магнита С. При этомъ будетъ происходить попеременное усиленіе и ослабленіе магнитнаго поля, а въ проволоочной спирали, окружающей полюсъ магнита С, возникнутъ, слѣдовательно, индукціонные токи, которые перейдутъ по проводамъ въ другую спираль, окружающую полюсъ магнита D, измѣнить напряженіе его магнитизма и тѣмъ заставить желѣзную пластинку *d* совершать тѣже колебанія, которыя производила и пластинка *c*.

Это устройство допускает и обратимость дѣйствія, т. е. колебанія пластины *d* могутъ быть сообщены пластинѣ *c*.

## Устройство телефона.

Круглый стальной магнитный стержень *m* (см. рис. 278) помѣ-

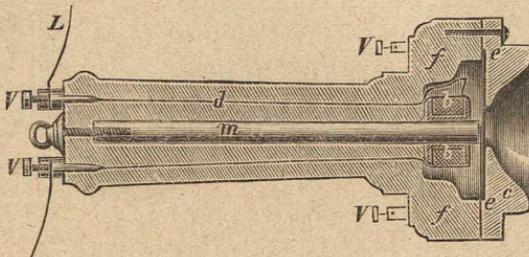


рис. 278.

щаютъ вмѣстѣ съ насаженной на него катушкой *b* въ деревянную трубку подходящей формы.

Внѣшняя болѣе длинная часть этой трубки имѣетъ діаметръ около  $3\frac{1}{2}$  см.; внутри трубка снабжена цилиндрическимъ каналомъ такого размѣра, что магнитный стержень можетъ быть въ него вдвинуть съ нѣкоторымъ треніемъ. Для помѣщенія катушки трубка оканчивается болѣе расширенною частью *f*. Передъ катушкой помѣщаютъ жестяную пластинку діаметромъ въ 57 мм. и толщиною въ  $\frac{1}{4}$  мм., эта пластинка *e* придерживается амбушоромъ *c*, который прикрѣпляется къ расширенію *f* посредствомъ трехъ винтовъ. Внѣшніе провода *L* присоединяются къ зажимамъ *V*, а отъ нихъ уже идутъ тонкія провода *d* внутри трубки къ обмоткѣ катушки *b*. Для регулированія разстоянія полюса магнита *m* отъ пластины *e* противоположный конецъ магнита снабженъ винтовой рѣзью, въ которой вращается особый винтъ съ ушкомъ. Изготовленный такимъ образомъ телефонъ соединяется проводами съ другимъ подобнымъ же телефономъ и затѣмъ можетъ служить какъ для передачи, такъ и для приема рѣчи.

Опытъ показалъ, что самые хорошіе результаты получаются въ томъ случаѣ, когда полюсъ стального магнита снабжается желѣзною насадкой, на которую уже и надѣвается индукціонная катушка.

Нѣсколько легче изготовить телефонъ другого вида, изобра-

женный на рис. 279. Остовъ такого телефона состоитъ изъ трехъ отдѣльныхъ частей, свинченныхъ затѣмъ вмѣстѣ. Мундштукъ *e* представляетъ собой воронку изъ лакированного картона или листовой латуни, прихваченную къ скошенному краю полого деревяннаго цилиндра. Среднюю часть остова составляетъ тоже деревянны

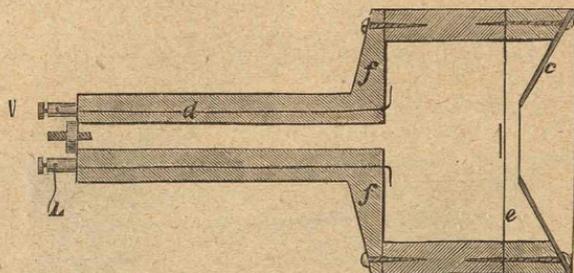


рис. 279.

цилиндръ, только нѣсколько болѣе длинный, въ которомъ и помѣщается катушка телефона. Этотъ цилиндръ привинчивается къ расширенной части деревянной или металлической трубки *f*, представляющей ручку телефона. Діафрагма телефона *c*, состоящая изъ тонкой жестяной пластинки, зажимается между обоими вышеупомянутыми деревянными цилиндрами. Концы тонкой обмотки катушки припаиваются къ концамъ болѣе толстыхъ проволокъ *d*, проходящихъ черезъ ручку и закрѣпленныхъ у зажимовъ D и L.

### Размѣры телефона.

Телеграфное вѣдомство въ Швейцаріи установило слѣдующіе размѣры и слѣдующее устройство телефоновъ.

Внѣшняя оболочка телефона состоитъ изъ рогового каучука. Магнитъ прямой и составленъ изъ четырехъ стальныхъ пластинъ, каждая изъ нихъ имѣетъ 11,5 см. длины, 1,6 см. ширины и 3 мм. толщины. На тотъ конецъ магнита, который обращенъ къ мундштуку, насаженъ цилиндръ изъ мягкаго желѣза діаметромъ въ 7 мм. и 18 мм. длиною. Катушка, намотанная около желѣзнаго сердечника, состоитъ изъ 2500 оборотовъ мѣдной изолированной проволоки діаметромъ въ 0,15 мм. и съ сопротивленіемъ въ 100 омъ. Желѣзный сердечникъ, выступающій нѣсколько впереди катушки, долженъ удерживать грузъ по крайней мѣрѣ въ 300 граммъ.

Вибрирующая желѣзная пластинка имѣетъ діаметръ равный 57 мм., а толщина ея равна 0,25 мм. Эта пластинка зажимается

между крышкой и тѣломъ амбушюра безъ посредства упругаго кольца; разстояніе пластины отъ магнита должно быть равно 0,5 мм.

### Сущность процесса телефонирования.

При помощи двухъ тщательно устроенныхъ телефоновъ, соединенныхъ между собою проводами, можно переговариваться на разстояніи нѣсколькихъ сотенъ метровъ. Обыкновенно каждый изъ участниковъ имѣетъ по два телефона, одинъ для подачи, а другой для приѣма рѣчи. Говорить надо не слишкомъ быстро и не повышая голоса; мундштукъ надо держать на разстояніи 15 см. отъ отверстія рта.

При телефонированіи съ помощью двухъ одинаковыхъ приборовъ происходятъ слѣдующія явленія:

1) Воздушныя звуковыя волны, вызванныя голосомъ говорящаго человѣка, достигаютъ пластинки телефона и приводятъ ее въ колебательное движеніе.

2) Колеблющаяся пластинка телефона производитъ измѣненія въ магнитномъ полѣ передаточнаго телефона.

3) Эти измѣненія магнитнаго поля вызываютъ появленіе индукціонныхъ токовъ въ катушкѣ телефона.

4) Возбужденные такимъ образомъ индукціонные токи въ катушкѣ телефона передаются по проводу къ телефону—приемнику.

5) Въ принимающемъ телефонѣ индукціонные токи катушки вызываютъ соответствующія измѣненія магнитнаго поля.

6) Вслѣдствіе этихъ измѣненій магнитнаго поля пластинка приѣмнаго телефона приходитъ въ колебательное движеніе.

7) Эти колебательныя движенія пластинки производятъ воздушныя волны, которыя и воспринимаются барабанной перепонкой уха слушателя.

Между телефономъ и ухомъ можно установить слѣдующую аналогію: Желѣзная пластинка соответствуетъ барабанной перепонкѣ, пространство, въ которомъ находится катушка, подобна внутренней полости уха, магнитъ соответствуетъ улиткѣ и лабиринту, а проволока обмотки катушки—нервамъ, идущимъ къ головному мозгу.

Явленія, зависящія отъ силы магнита и размѣровъ желѣзной пластинки.

Если пластинка очень тонка, а стальной магнитъ силенъ, то пластинка оказываетъ на силовыя линіи такое слабое воздѣйствіе,

что онѣ проникаютъ черезъ нее совершенно свободно. Въ такомъ случаѣ пластинка превращается въ поперечный магнитъ, при чемъ та сторона пластинки, которая обращена къ сѣверному полюсу магнита, дѣлается южнымъ, а противоположная сторона — сѣвернымъ ея полюсомъ (см. рис. 275). Совершенно иное происходитъ въ томъ случаѣ, когда пластинка въ состояніи отклонить и привлечь къ себѣ большую часть силовыхъ линий (см. рис. 276). Въ этомъ случаѣ пластинка превращается въ кольцевой магнитъ; въ ея центрѣ получается южный полюсъ, а вся ея окружность соответствуетъ сѣверному полюсу. Послѣдній случай конечно наиболѣе благоприятенъ для дѣйствія телефона и всѣ многочисленные видоизмѣненія телефона суть результатъ стремленія удовлетворить этому условію.

Колебанія пластинки обусловлены тремя различными силами. Во первыхъ на нее дѣйствуетъ внутренняя сила упругости, стремящаяся сохранить пластинку въ состояніи равновѣсія; во вторыхъ на нее вліяютъ электромагнитныя силы желѣзнаго сердечника и наконецъ она подвергается ударамъ звуковыхъ воздушныхъ волнъ. Въ телефонѣ, который служитъ *передатчикомъ*, энергія ударовъ воздушныхъ волнъ превращается въ электромагнитную индукцію. Въ телефонѣ-*пріемникѣ* энергія электрическаго тока превращается въ энергію звуковыхъ колебаній воздуха.

### Передача разговора посредствомъ телефоновъ.

На рис. 280 изображены двѣ телефонныя станціи, соединенныя

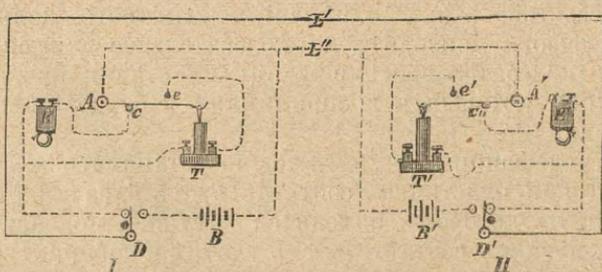


рис. 280.

между собою проводами. При началѣ разговора необходимо подать сигналъ объ этомъ сосѣдней станціи, что и производится посредствомъ звонка. Если на станціи I нажать на кнопку D, въ то время какъ телефоны T и T' висятъ на крючкахъ пружинныхъ рычаговъ

А и А', то токъ батареи В пойдетъ черезъ L' D' K' с' A' L'' и вернется обратно къ В; при этомъ придетъ въ дѣйствіе звонокъ К' на станціи II и тѣмъ подастъ сигналъ, что станція I желаетъ вступить въ разговоръ со станціей II.

При снятіи телефоновъ T и T' съ рычаговъ А и А' путь току черезъ с и с' прерывается, но за то телефоны оказываются включенными въ линію.

Рычаги, вращающіеся около точекъ А и А', прилегаютъ къ контактамъ е и е'; индукціонные токи, возбуждающіеся при разговорѣ въ телефонѣ Т, текутъ отъ Т (черезъ правый зажимъ) черезъ е А L'' А' е' T' (отъ лѣваго къ правому зажиму) къ D' L' D и обратно къ лѣвому зажиму телефона Т.

Иногда бываетъ выгодно употреблять только одну батарею; въ этомъ случаѣ необходимо ввести еще третью линію провода L''' для дѣйствія кнопки D' (см. рис. 281).

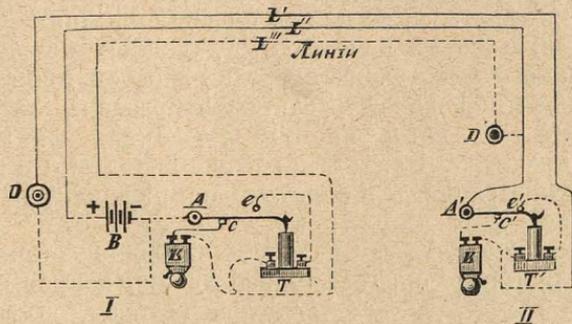


рис. 281.

Если нажать на кнопку D станціи I, при телефонахъ T и T' висящихъ на крючкахъ рычаговъ А и А', токъ батареи В потечетъ отъ цинка (—) черезъ D L' K' с' A' L'' и обратно къ мѣди (+).

Сопротивленіе проводовъ имѣетъ большое вліяніе на ясность передачи звуковъ. Чѣмъ это сопротивленіе меньше, тѣмъ лучше будетъ передача при сохраненіи неизмѣнными прочихъ условий. Поэтому для длинныхъ телефонныхъ линій употребляютъ мѣдную проволоку, обладающую самой высокой степенью проводимости.

### Микрофонъ.

а. Назначеніе микрофона. Пока разстояніе между двумя телефонами не велико, оба аппарата дѣйствуютъ хорошо. На болѣе зна-

чительныхъ разстоянiяхъ дѣлаются чувствительными нѣкоторые недостатки, присущіе телефону, какъ передаточному прибору. Пластинка передатчика производитъ такія незначительныя колебанія, что ихъ путь можетъ быть измѣренъ лишь сотыми долями миллиметра. Если стремятся увеличить размѣръ этихъ колебаній, то вслѣдствіе несовершенной упругости пластинки и неравномѣрности магнитнаго поля теряется ясность передачи звуковъ. Увеличеніе силы магнитнаго поля имѣетъ тоже свои границы, вслѣдствіе достижения желѣзнымъ сердечникомъ предѣла насыщенія; это обстоятельство кладетъ употребленію телефоновъ узкія границы.

Кромѣ того телефонамъ присущъ еще тотъ недостатокъ, что на большихъ разстоянiяхъ они передаютъ высокіе звуки въ ущербъ ясности низкихъ. Посредствомъ употребленія *микрофона* вмѣсто *телефона-передатчика* является возможность устранить вышеперечисленные недостатки телефона. Съ помощью микрофона можно производить токи бѣльшей силы и подходящимъ выборомъ размѣровъ прибора преодолѣвать даже очень большія внѣшнія сопротивленія, не теряя значительно въ ясности передаваемыхъ звуковъ. Притомъ устройствомъ самого микрофона поражаетъ своей простотой; правда, что примѣненіе микрофона требуетъ употребленія гальваническихъ элементовъ, но такъ какъ они нужны уже для звонковыхъ приборовъ, то лишнiихъ расходовъ дѣлать не приходится и потому микрофоны употребляются какъ передаточные приборы даже на короткихъ разстоянiяхъ.

*в. Простѣйшіе микрофоны.* Когда свободно соприкасаются два проводника, то мѣсто соприкасанія обладаетъ извѣстнымъ сопротивленіемъ, которое измѣняется съ силой надавливанія одного проводника на другой.

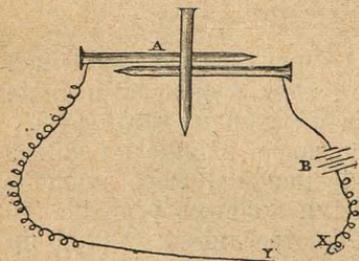


рис. 282.

Если положить, напри-  
мѣръ, параллельно два проволочныхъ гвоздя (рис. 282), соединить ихъ съ обоими полюсами батареи и замкнуть цѣпь третьимъ гвоздемъ, положеннымъ поперекъ двухъ первыхъ, то у мѣста соприкасанія верхняго гвоздя съ обоими нижними сопротивленіе зависитъ отъ давленія, съ какимъ верхній гвоздь прижимается къ нижнимъ. Если прижать верхній гвоздь

то сопротивление уменьшится, а токъ усилится. Но совсѣмъ нѣтъ надобности въ такомъ сильномъ нажиманіи, чтобы произвести колебаніе въ силѣ тока, такъ какъ оно происходитъ уже и тогда, когда

мы дунемъ на верхній гвоздь или будемъ говорить; если ввести въ цѣпь телефонъ, то въ него будутъ слышны малѣйшія измѣненія давленія между гвоздями. Если говорить передъ гвоздями, то каждая звуковая волна будетъ попеременно увеличивать и уменьшать давленіе между гвоздями и произведетъ колебанія тока, которые воспроизведутъ въ телефонѣ подобный же звукъ. Если ударить по столу, на которомъ лежатъ гвозди, то ударъ приведетъ гвозди въ движеніе одинъ относительно другого, и тѣмъ измѣнитъ давленіе между ними, вслѣдствіе чего произойдутъ колебанія тока и звуки въ телефонѣ. Но для появленія звука въ телефонѣ достаточно гораздо болѣе слабыя дѣйствія—достаточно уже положить на столъ карманные часы и ихъ тиканіе будетъ слышно въ отдаленномъ телефонѣ.

Отсюда уже можно видѣть, что подобныя приспособленія для измѣненія сопротивленія производятъ дѣйствія гораздо болѣе сильныя, чѣмъ телефонъ въ качествѣ передаточнаго прибора; получится еще болѣе чувствительный приборъ, если вмѣсто металлическихъ гвоздей взять угольныя палочки.

На вертикальной, очень тонкой деревянной дощечкѣ закрѣпляютъ перпендикулярно къ ней двѣ угольныя пластинки К и К' (см. рис. 283), снабженныя полушарообразными углубленіями. Въ

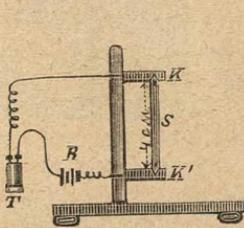


рис. 283.

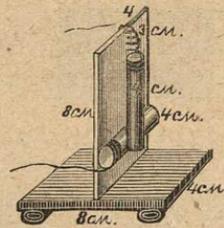


рис. 284.

эти углубленія вставлены заостренные концы угольной палочки S, имѣющей длину въ 4 см. Пластика К соединена проводомъ съ телефономъ Т, а пластина К'—съ батареей В, которая въ свою очередь соединена съ телефономъ Т. Горизонтальная дощечка служитъ основаніемъ всему прибору.

Другая форма микрофона изображена на рис. 284. На горизонтальной доскѣ, служащей основаніемъ, укрѣплена другая болѣе тонкая вертикальная дощечка; къ этой послѣдней прикрѣплена (мастикой или сургучомъ) горизонтальная палочка, одинъ изъ концовъ которой соединенъ проводомъ съ батареей, не изображенной на рисункѣ. Другая круглая угольная палочка подвѣшена вертикально

на тонкой мѣдной проволочной спирали и лежитъ однимъ своимъ концомъ на вышепомянутой горизонтальной палочкѣ. Проволочная спираль соединена проводомъ съ телефономъ, который въ свою очередь соединенъ съ батареей. Чтобы предохранить оба прибора отъ внѣшнихъ сотрясеній, они поставлены на куски резиновыхъ трубокъ

*с. Дѣйствіе микрофоновъ.* Если говорить передъ тонкими (1,5—2 мм. толщиною) еловыми дощечками, сзади которыхъ укрѣплены вышепомянутыя угольные палочки, то колебанія дощечекъ будутъ измѣнять сопротивленія въ мѣстахъ соприкасанія угольныхъ палочекъ и пластинокъ; это повлечетъ за собой измѣненія въ силѣ тока, а слѣдовательно и въ силѣ магнитнаго поля приѣмныхъ телефоновъ. Подобные приборы отличаются даже излишней чувствительностью; когда колебанія деревянныхъ дощечекъ дѣлаются слишкомъ сильными, въ телефонѣ появляется посторонній шумъ, мѣшающій передачѣ.

*д. Видоизмѣненныя формы микрофона.* Излишняя чувствительность микрофона можетъ быть уменьшена тѣмъ, что ставятъ угольную палочку съ заостренными концами вкось между двумя угольными же пластинками, какъ это изображено на рис. 285. Той же цѣли достигаютъ помѣщеніемъ сзади вертикально стоящей угольной палочки (см. рис. 286), кусочка твердой бумаги, согнутой подъ угломъ.

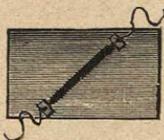


рис. 285.

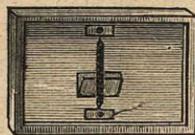


рис. 286.

Упругости бумаги, упирающейся въ уголекъ, достаточно, чтобы уменьшить излишнюю подвижность палочки и уничтожить непріятный шумъ.

Можно также достигнуть того же результата постановкой нѣсколькихъ вертикальныхъ палочекъ между двумя горизонтальными пластинами, какъ это видно на рис. 287, или же, какъ это дѣлаетъ

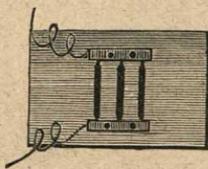


рис. 287.

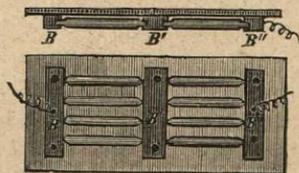


рис. 288.

Адерь, помѣстить горизонтально два ряда угольныхъ палочекъ между тремя угольными же пластинами В В' В'', привинченными къ тонкой деревянной дощечкѣ (см. рис. 288).

### Микрофонныя пластинки, угли и контакты.

Величина микрофонныхъ пластинокъ (дощечекъ, декъ) измѣняется въ зависимости отъ толщины и упругости матеріала; наибольшія пластинки имѣютъ 20 см. въ длину и въ ширину. Пластинки эти изготовляются изъ разнообразныхъ веществъ: еловаго дерева, рогового каучука, очень тонкаго стекла, слюды, картона, бумаги, тонкой жести и даже изъ пробки. Дерево, картонъ и бумага очень гигроскопичны, т. е. легко впитываютъ сырость изъ воздуха, черезъ что они дѣлаются мягкими и измѣняются въ размѣрахъ; для устраненія этихъ явленій они должны быть хорошо пропитаны лакомъ.

Дощечки изъ еловаго дерева, толщиной въ 2—3 мм., длиною въ 15—20 см. и шириною отъ 10 до 15 см., должны быть безъ сучковъ. Такія дощечки сперва обклеиваются по краямъ узкими полосками изъ резиновой ткани, а затѣмъ уже укрѣпляются на соответствующую рамку. При употребленіи металлическихъ пластинокъ ихъ изолируютъ отъ угольныхъ поперечинъ прокладками изъ картона. Къ деревяннымъ пластинкамъ угольныя поперечины прямо привинчиваются, а къ металлическимъ прикрѣпляются сургучомъ, такъ какъ клей притягиваетъ влагу.

Угольныя палочки для микрофоновъ приготовляются такъ же, какъ и угли для освѣщенія. Микрофонные угли можно выпиловать изъ углей для освѣщенія; отрѣзаютъ куски длиною въ 3—4 см. и толщиной въ 4—5 мм. и затѣмъ заостряютъ концы.

Микрофоны, которые были описаны нами выше, принадлежатъ къ числу микрофоновъ *со сложными контактами*, т. е. угольки соприкасаются въ нихъ во многихъ точкахъ.

Теперь мы опишемъ устройство микрофона Блэка, который имѣетъ лишь *одинъ контактъ*.

Контактъ этого микрофона образуется платиновымъ штифтомъ А (рис. 289), припаяннымъ къ тонкой пружинѣ F. Штифтъ А упирается въ колеблющуюся металлическую пластинку В, а также и въ угольную пластинку К, укрѣпленную къ пружинѣ *f*. Обѣ пружины F и *f* укрѣплены, изолировано другъ отъ друга, къ горизонтальному плечу металлическаго рычага S. Подвигивая болѣе или менѣе винтъ V, можно производить большее или меньшее нажатіе уголька К на штифтъ А и этого штифта на пластинку А. Совер-

пенно плоская тонкая вибрирующая металлическая пластина А имѣеть примѣрно 6 см. въ діаметрѣ.

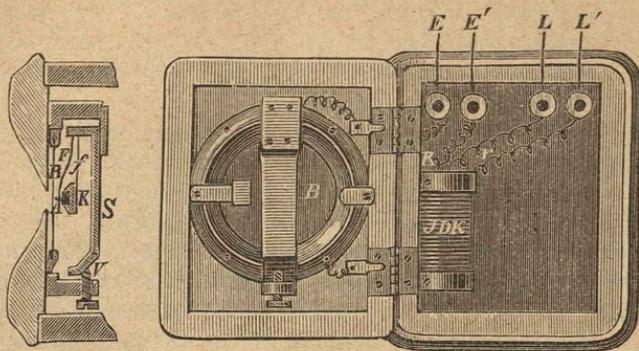


рис. 289.

### Микрофонъ Эдиссона 1875.

Между двумя деревянными кольцеобразными рамками  $OO'$  и  $NN'$  зажата упругая пластинка  $LL$  (см. рис. 290). Низкій цилиндръ  $C$  наполненъ угольнымъ порош-

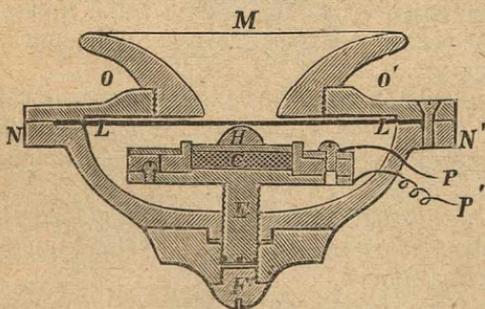


рис. 290.

комъ, а сверху и снизу соприкасается съ круглыми платиновыми пластинками, которыя соединены съ проводами  $P$  и  $P'$ . На верхней платиновой пластинкѣ лежитъ конусъ  $H$  изъ каучука или пробки. Винтъ  $F$  вращается въ оправѣ изъ рогового каучука и приводитъ въ движеніе цилиндръ  $E$ , посредствомъ котораго можно регулировать по произволу давленіе, производимое на слой угольнаго порошка

въ цилиндрѣ  $C$ .

Сопротивленіе угольнаго слоя  $C$  равно приблизительно 1 ому. Если говорить въ мундштукъ  $M$ , то пластинка  $ZZ$  приходитъ въ колебательное движеніе, которое передается слою угольнаго порошка и измѣняютъ степень его проводимости.

Измѣненіе проводимости объясняется тѣмъ обстоятельствомъ, что при увеличеніи давленія на два твердыхъ тѣла, соприкасаю-

щихся другъ съ другомъ, увеличивается вслѣдствіе ихъ упругости поверхность соприкосновенія ихъ. Число соприкасающихся точекъ такимъ образомъ увеличивается, а вмѣстѣ съ этимъ возрастаетъ и та поверхность, черезъ которую можетъ проходить токъ. Вслѣдствіе этого уменьшается сопротивление всей системы и сила тока увеличивается. Нѣчто подобное происходитъ и при сжатіи порошкообразныхъ проводниковъ.

Вслѣдствіе давленія уменьшаются промежутки между проводящими частицами, поверхность точекъ соприкосновенія увеличивается, а вмѣстѣ съ нею возрастаетъ и проводимость.

На томъ же принципѣ основано устройство и универсальнаго микрофона-передатчика Берлинера, изображеннаго въ разрѣзѣ на рис. 291. Звуковыя волны входятъ въ амбушюръ S, ударяютъ въ металлическую пластинку M и производятъ ее въ колебательное движеніе. На нѣкоторомъ разстояніи отъ діафрагмы M помѣщается угольная плитка, снабженная концентричными бороздами съ треугольнымъ поперечнымъ сѣченіемъ; эта плитка поддерживается винтомъ G, выходящимъ наружу. Угольную плитку окружаетъ войлочный цилиндрокъ, доходящій до діафрагмы. Свободное пространство между діафрагмой и угольной плиткой заполнено угольнымъ порошкомъ, на который надавливаетъ колеблющаяся діафрагма, какъ было объяснено выше.

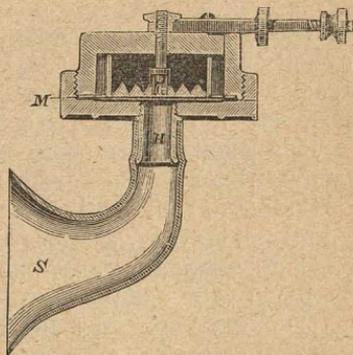


рис. 291.

Передатчикъ Берлинера дѣйствуетъ при помощи 4—5 элементовъ съ перекисью марганца, и при этомъ передаетъ разговоръ и въ особенности музыку на столько громко и ясно, что звуки слышны на всю комнату. Вслѣдствіе этого микрофонъ Берлинера употребляется на многихъ желѣзныхъ дорогахъ.

### Микрофоны съ индукціонной катушкой.

Первичный токъ отъ батареи въ весьма рѣдкихъ случаяхъ направляется непосредственно въ принимающій телефонъ. Это бываетъ лишь на короткихъ разстояніяхъ и въ такомъ случаѣ обмотка ка-

тушки телефона состоитъ изъ болѣе толстой проволоки (0,6 мм. діам.), а сердечникъ телефона сдѣланъ изъ мягкаго желѣза, такъ какъ такой стержень чувствительнѣе къ измѣненіямъ въ силѣ тока, чѣмъ стержень стальной. При большихъ разстояніяхъ между подающимъ микрофономъ и принимающимъ телефономъ сопротивление линіи становится весьма значительнымъ и сила тока ослабляется. Удовлетворительныхъ результатовъ все же достигаютъ тѣмъ, что включаютъ въ цѣпь батареи небольшую индукціонную спираль (см. рис. 292).

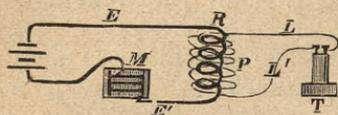


рис. 292.

Токъ отъ батареи течетъ въ микрофонъ М, затѣмъ въ первичную обмотку катушки К и по линіи Е обратно къ батарее. Измѣненія силы тока, производимыя колебаніемъ діафрагмы микрофона и его угольковъ, вызываютъ соответствующіе индукціонные токи во

вторичной обмотки  $r$ , которые и направляются по линіи  $LL'$  къ пріемному телефону Т.—*Примѣчаніе.* На рис. 289, изображающемъ микрофонъ Блэка, для обозначенія направленія тока приняты тѣ же буквы, что и на схематическомъ рисункѣ.

Приведемъ нѣсколько данныхъ относительно величины сопротивления нѣкоторыхъ телефоновъ и микрофоновъ.

Сопротивленіе телефона Белля со стальнымъ магнитомъ равно 70 омамъ; діаметръ проволоки обмотки равенъ 0,16 мм.

Сопротивленіе телефона Сименса съ подковообразнымъ магнитомъ равно 180—200 омовъ.

Сопротивленіе телефона Адера равно 75 омамъ.

Сопротивленіе угольковъ микрофона колеблется отъ 1 до 100 омовъ, смотря по устройству контактовъ.

Сопротивленіе первичной индукціонной катушки равно 0,5—1 ома, а вторичной—отъ 150 до 200 омовъ.

### Приборы телефонной станціи.

На каждой телефонной станціи должны находиться слѣдующіе приборы:

- 1) одинъ подающій микрофонъ съ принадлежащей къ нему батареей и индукціонной катушкой;
- 2) одинъ или два принимающихъ телефона;
- 3) призывные приборы.

Сопротивленіе цѣпи, въ которую включены микрофонъ, батарея и первичная обмотка индукціонной катушки, должно быть возможно

мало, чтобы слабыя измѣненія угольныхъ контактовъ могли вызывать значительныя измѣненія въ силѣ тока. Отсюда слѣдуетъ, что для батареи необходимо употреблять элементы съ небольшимъ внутреннимъ сопротивленіемъ, а также и то, что первичная обмотка катушки должна представлять лишь незначительное сопротивление току.

Для той цѣпи, въ составъ которой входятъ батарея, микрофонъ и первичная обмотка, обыкновенно бываетъ достаточно 3 элементовъ съ перекисью марганца, соединенныхъ послѣдовательно. Электровозбудительная сила этихъ элементовъ сравнительно велика (1,46), а внутреннее сопротивление мало, если употребляютъ агломератъ въ видѣ брикетовъ и большія цинковыя пластины. Для микрофона Адера нужно имѣть 3 элемента, высотой въ 12 см., соединенныхъ параллельно.

Батарея, предназначенная для приведенія въ дѣйствіе звонковыхъ приборовъ, находящихся на большомъ разстояніи, должна состоять изъ тѣмъ большаго числа элементовъ, чѣмъ больше это разстояніе. Обыкновенно число элементовъ такой батареи все таки не превышаетъ 6—7 штукъ, соединенныхъ послѣдовательно.

Кромѣ элементовъ съ перекисью марганца можно почти съ тѣмъ же удобствомъ употреблять элементы съ мѣднымъ купоросомъ или съ ѣдкимъ кали.

Нѣтъ необходимости имѣть на каждой станціи двѣ отдѣльныя батареи; можно отъ большой батареи, предназначенной для приведенія въ дѣйствіе призывныхъ звонковыхъ приборовъ, отдѣлить 2—3 элемента для дѣйствія микрофона, какъ это показано схематически на рис. 293.

Линія, соединяющая двѣ станціи, состоитъ обыкновенно изъ двухъ проводовъ; можно обойтись и однимъ проводомъ, если соединить (тщательно припаявъ) отрицательный полюсъ батареи съ газо-или водопроводомъ, или же установивъ сообщеніе съ землею погруженіемъ металлическихъ пластинъ въ сырую землю или же въ воду колодца.

Соединеніе съ землею сопряжено съ нѣкоторыми неудобствами. Металлическія пластины, погруженные въ землю или въ воду, подвергаются разѣданію отъ воздѣйствія на нихъ разныхъ веществъ и вслѣдствіе этого возникаютъ мѣстные токи, которые производятъ въ телефонахъ крайне непріятный шумъ. Иногда наблюдается появленіе земныхъ токовъ, которые по цѣлымъ днямъ нарушаютъ пра-



рис. 293.

вильное дѣйствіе телефонныхъ и телеграфныхъ линий. Эти явленія находятся въ тѣсной связи съ сѣверными сіяніями.

Вслѣдствіе вышеприведенныхъ причинъ при устройствѣ телефонныхъ линий избѣгаютъ соединеній съ землей, а примѣняютъ обратный проводъ, что имѣетъ еще и ту хорошую сторону, что вредныя дѣйствія телефонной и телеграфной индукціи отъ близлежащихъ телефонныхъ и телеграфныхъ проводовъ распредѣляются равномерно на прямой и обратный проводъ и при этомъ взаимно уничтожаются или же ослабляются. Хотя вѣроятность весьма мала, чтобы начинающій электрикъ встрѣтился съ такими вредными явленіями, но въ случаѣ ихъ появленія необходимо для ихъ устраненія провести второй проводъ параллельно и возможно близко къ первому, но все же такъ, чтобы изоляція между ними была достаточная.

Для короткихъ разстояній, а также и внутри зданій, употребляютъ для проводовъ мѣдную проволоку въ 0,8—0,9 мм. діаметромъ. Для большихъ разстояній берутъ луженую желѣзную проволоку отъ 2 до 6 мм. діаметромъ, или же проволоку изъ кремнистой бронзы діаметромъ отъ 0,8 до 1 мм. Проволока изъ кремнистой бронзы отличается легкостью, хорошей проводимостью и большой крѣпостью на разрывѣ.

Телефонные провода укрѣпляются при помощи фарфоровыхъ изоляторовъ на деревянныхъ столбахъ, отстоящихъ другъ отъ друга на 80 метровъ, если проволока желѣзная, и на 150 метровъ, если проволока изъ кремнистой бронзы.

Передача разговора по телефону, при помощи проводовъ изъ желѣзной проволоки, возможна лишь на короткія разстоянія—сравнительно съ проводами изъ проволоки мѣдной или изъ кремнистой бронзы. Эта разница обусловлена тѣмъ, что электрическія волны распространяются въ желѣзѣ такъ, какъ обыкновенныя волны въ густой жидкости.

#### Примѣрный расчетъ стоимости устройства двухъ микротелефонныхъ станцій внутри зданія.

	р.	к.
2 станціонныхъ аппарата . . .	30	—
6 элементовъ . . . . .	9	—
4 крючка . . . . .	—	40
<sup>1</sup> / <sub>2</sub> кило луженыхъ штифтовъ . . .	—	25
1 кило проводника . . . . .	2	—
прорезиненая лента . . . . .	—	10
Всего на . . . . .	41 р.	75 к.

## Схематическое изображеніе дѣйствія двухъ микро-телефонныхъ станцій.

На рис. 294 изображено схематически расположеніе приборовъ

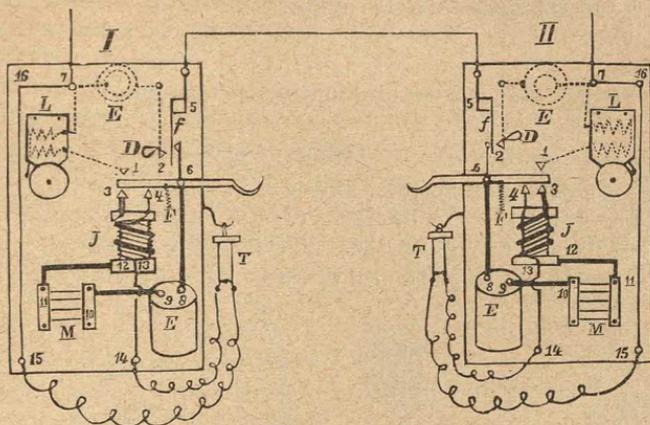


рис. 294.

двухъ микро-телефонныхъ станцій, а также и направленіе тока при сигнализаци и при разговорѣ.

Призывной и отвѣтный звонковый сигналъ подается нажатіемъ кнопокъ DD и звонками LL, причемъ телефоны TT должны висѣть на своихъ крючкахъ. Сигнальный токъ изображенъ пунктирными линиями; если на станціи I пружина  $f$  прикасается къ контакту 2, то токъ идетъ черезъ 5 по внѣшней линіи къ станціи II 5, затѣмъ черезъ 6 телефоннаго рычага, который въ этомъ случаѣ прижимается подвѣшеннымъ къ нему телефономъ къ контакту 1, отсюда токъ идетъ въ звонокъ L и черезъ 7 уходитъ въ землю. Сообщеніе съ землею можетъ быть конечно замѣнено обратнымъ проводомъ.

Микрофонный токъ изображенъ толстыми линиями; онъ идетъ отъ элемента 9 къ микрофону 10, выходитъ изъ него черезъ 11 и вступаетъ черезъ 13 въ первичную обмотку катушки; оттуда онъ идетъ черезъ контактъ 3 по телефонному рычагу 6 и обратно къ элементу 8.

Индуктированный телефонный токъ, возбужденный въ катушкѣ микрофоннымъ токомъ, изображенъ тонкими линиями; онъ идетъ изъ станціи I отъ катушки 4 черезъ рычагъ 6, черезъ 5, по внѣшнему проводу къ станціи II, здѣсь черезъ 5, 6, телефонный рычагъ къ 4,

черезъ вторичную обмотку къ 13 и 14, затѣмъ черезъ телефонъ къ 15, 16 и черезъ 7 въ землю.

Для цѣлей педагогическихъ все это устройство можетъ быть укрѣплено на большой деревянной доскѣ; элементы въ этомъ случаѣ можно взять такъ называемые сухіе.

### Нѣкоторые занимательные приборы.

*а. Полющій конденсаторъ Долбира.* Конденсаторъ, описанный на стр. 305 и изображенный на рис. 266 и 267, можетъ служить, при соблюденіи нѣкоторыхъ опредѣленныхъ условій, и въ соединеніи съ индукціонной катушкой—телефоннымъ приѣмникомъ. Токъ отъ батареи В (рис. 295) проходитъ черезъ микрофонъ М и первичную обмотку катушки J. Концы вторичной обмотки катушки присоединяются къ зажимамъ конденсатора с. Можно значительно усилить дѣйствіе конденсатора, если включить въ одну изъ вѣтвей проводовъ вторичной катушки батарею В'.

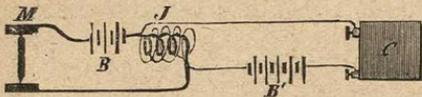


рис. 295.

элементовъ этой батареи зависитъ отъ величины поверхности того конденсатора, для заряда котораго она должна служить.

*б. Телефонный приѣмникъ безъ діафрагмы* можетъ быть устроенъ при помощи магнита небольшихъ размѣровъ, но сильно намагниченнаго; напримѣръ для это цѣли можно взять кусокъ часовой пружины и снабдить его катушкой изъ очень тонкой проволоки (рис. 296).

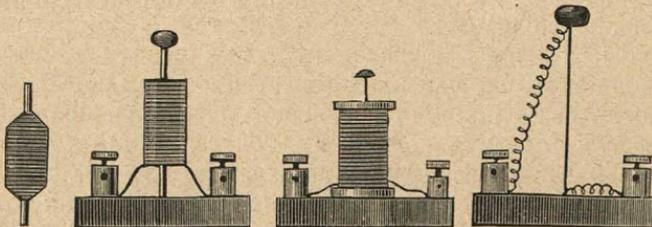


рис 296. рис. 297.

рис. 298.

рис. 299.

*с. Устройство телефона безъ діафрагмы и магнита.* Такой телефонъ можетъ быть изготовленъ изъ желѣзнаго прутика, длиною при-  
мѣрно въ 5 см. и толщиною въ 1—2 мм. Одинъ конецъ прутика

укрепляют въ дощечку (см. рис. 297), а на другой конец помѣщают какую нибудь тяжесть, напримѣръ свинцовый шарикъ. Прутикъ окружается затѣмъ катушкой изъ мѣдной (конечно изолированной) проволоки, которой концы прикрѣпляютъ къ зажимамъ.

*d.* Приемникомъ можетъ служить даже катушка изъ тонкой проволоки, приклеенная къ дощечкѣ (рис. 298). При этомъ надо лишь соблюсти, чтобы обороты обмотки лежали бы другъ на другѣ свободно. Если же катушка намотана туго, то она все-таки можетъ служить приемникомъ, если въ нее воткнуть прутикъ изъ мягкаго желѣза или же намагниченную швейную иглу.

*e.* Даже гвоздь изъ мягкаго желѣза, вколоченный въ дощечку и съ грузомъ на шляпкѣ, можетъ передавать звуки, если пропустить черезъ него токъ отъ микрофона (см. рис. 299); еловую дощечку, служащую основаніемъ этого прибора, надо приложить къ уху.

*f.* *Говорящая перчатка.* Если въ опытѣ съ конденсаторомъ замѣнить этотъ послѣдній двумя рукоятками (см. рис. 300) и эти рукоятки дать держать двумъ лицамъ, которыя приблизятъ свободныя руки, одѣтыя въ перчатки, къ ушамъ третьяго лица, то это лицо будетъ слышать то, что говорится передъ микрофономъ. Въмѣсто перчатокъ экспериментаторы могутъ взять въ руки по куску бумаги и держать ихъ около ушей третьяго лица.

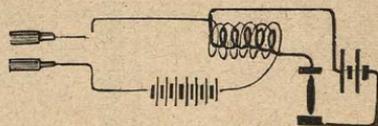


рис. 300.

### Схема устройства полной телефонной станции съ индукторомъ.

На рис. 301 *M* есть микрофонъ-передатчикъ; призывнымъ аппаратомъ служитъ индукторъ *J* съ двойнымъ Т-образнымъ якоремъ. Линія *L* присоединена къ двуплечему рычагу *H*, который, при подвѣшенномъ на его крючокъ телефонѣ, подымается правымъ плечомъ вверхъ и при этомъ упирается въ контактъ *a*. Къ этому пружинному контакту *a* присоединенъ звонковый аппаратъ, состоящій изъ индуктора *J* и звонка *K*. Если снять съ крючка телефонъ, то правое плечо рычага *H* падаетъ внизъ и приходитъ въ соприкосновеніе съ контактной пружиной *b*, которая находится въ сообщеніи съ индукціонной катушкой микрофона *M* и съ телефономъ *T*. Такимъ образомъ черезъ снятіе телефона съ крючка происходитъ автоматическое разобщеніе линіи отъ призывнаго аппа-

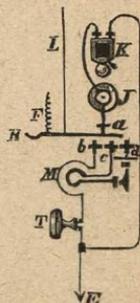


рис. 301.

рата и ея соединеніе съ разговорнымъ аппаратомъ. Въ тоже время нажатіемъ рычага *H* на контакты *c* и *d* замыкается цѣпь, идущая отъ батареи; при подвѣшиваніи телефона на крючокъ эта цѣпь опять размыкается.

Общій видъ расположенія аппаратовъ телефонной станціи.

Отдѣльные приборы, составляющіе въ совокупности телефонную станцію, прикрѣпляются обыкновенно къ одной общей доскѣ (см. рис. 302), которую и вѣшаютъ на крючки, вбитые въ стѣну. На рис. 303 изображены отдѣльные приборы съ открытыми дверцами,

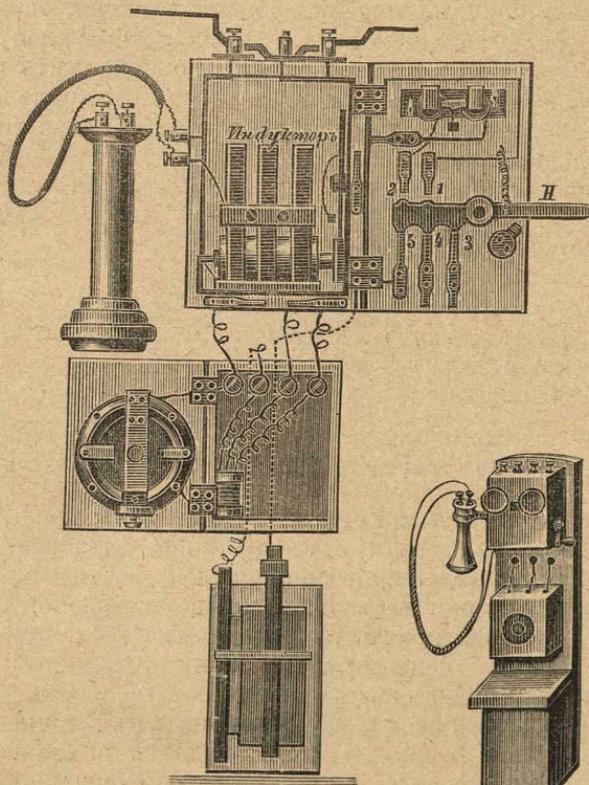


рис. 303.

рис. 302.

такъ что видно внутреннее расположеніе частей и кромѣ того ихъ взаимныя соединенія. Въ верхнемъ ящикѣ помѣщается индукторъ со

звонкомъ и рычагъ для подвѣшиванія телефона. Въ среднемъ ящикѣ помѣщенъ микрофонъ съ его катушкой, а въ нижнемъ находится батарея.

Замыкателемъ и размыкателемъ служить рычагъ Н, котораго внутреннее плечо можетъ приходиться въ соприкосновеніе съ контактами 1, 2, 3, 4 и 5. Соединенія соотвѣтствуютъ вышеприведенной схемѣ.

Сопротивленіе индуктора весьма велико, а именно около 1000 омовъ, такъ что оно гораздо больше сопротивленія линіи и прочихъ приборовъ. Поэтому, желательно, чтобы это сопротивленіе было соединено съ проводомъ линіи только во время производства вызова. Эта цѣль достигается особеннымъ пружиннымъ контактомъ, который производитъ короткое замыканіе обмотки индуктора. При нажатіи на этотъ пружинный контактъ, обмотка индуктора включается въ линію и тогда можно производить вызовъ.

Если передатчикомъ служить одноконтантный микрофонъ, то обыкновенно бываетъ достаточно одного элемента, который и помѣщается въ ящикѣ подъ микрофономъ. Крышка ящика служитъ одновременно поддержкой для бумаги, на которой дѣлаютъ замѣтки во время разговора.

### Телефонное сообщеніе съ движущимся поѣздомъ.

На рис. 304 изображенъ схематически аппаратъ, придуманный Л. Фельпсомъ (L. Phelps), посредствомъ котораго есть возможность

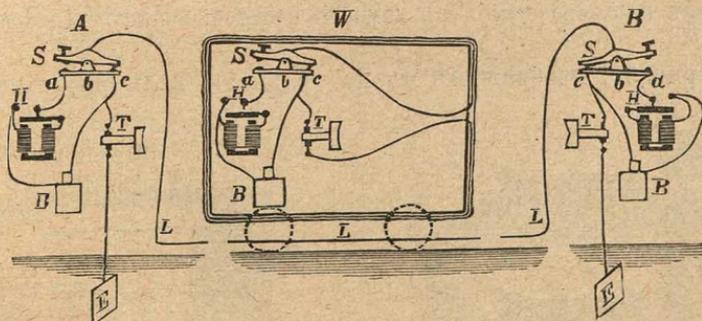


рис. 304.

телефонировать со станціи на поѣздъ, находящійся въ движеніи, и наоборотъ. На станціяхъ А и В, а также и на поѣздѣ въ вагонѣ W,

имѣются слѣдующіе приборы: батарея В, молотокъ Вагнера Н, котораго якорь такъ быстро колеблется, что онъ производитъ явственно слышимый, не особенно низкій по тону, звукъ. Отъ молотка Н проводъ идетъ къ задней части *a* ключа Морзе S, а отъ его середины *b* дальше къ станціи В. Этотъ внѣшній проводъ L лежитъ между рельсами, а слѣдовательно подъ вагономъ W, передвигающагося поѣзда. Одинъ полюсъ батареи соединенъ съ обмоткой электромагнита молотка Н, а другой — соединяется проводомъ съ передней частью *c* ключа Морзе S, также съ телефономъ Т и черезъ него наконецъ съ пластиной Е, зарытой въ землю.

Вагонъ W по его длинѣ обмотанъ многими оборотами изолированной проволоки и притомъ такимъ образомъ, чтобы эта обмотка приходилась возможно близко къ проводу L. Концы обмотки введены во внутрь вагона W, какъ это видно изъ рис. 304, и присоединены къ находящимся тамъ приборамъ.

Если на станціи А нажать ключъ S, то цѣпь замкнется и токъ пройдетъ черезъ молотокъ Н на линію L; вслѣдствіе колебаній молотка, токъ проходящій по линіи L, прерывается, и потому онъ вызываетъ индукціонные токи въ близко лежащей обмоткѣ вагона W. Этимъ достигается то, что какъ на станціи В, такъ и въ вагонѣ W въ телефоны ТТ можно слышать тѣ звуки, которые производятся колебаніемъ молотка Н на станціи А.

Наоборотъ, если ключъ S будетъ нажать въ вагонѣ W, то возбуждаются токи въ проводѣ линіи L, которые и производятъ телефонные сигналы на станціяхъ А и В.

Приборы для воспроизведенія въ комнатѣ вышеописаннаго телефонированія.

На рис. 305 изображенъ въ натуральную величину такой моло-

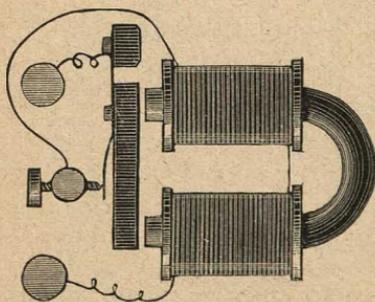


рис. 305.

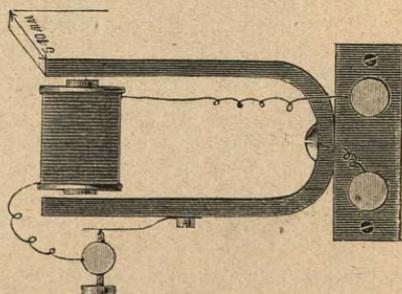


рис. 306.

токъ, который былъ изготовленъ авторомъ для демонстраціи въ комнатѣ возможности телефоннаго сообщенія съ поѣздомъ. Можно также употребить для этой цѣли электрической камертонъ, изображенный на рис. 306. Три слоя проволоочной обмотки якоря Вагнера состоятъ изъ проволоки діаметромъ въ 0,5 мм. и намотаны непосредственно на желѣзный сердечникъ. Обмотка катушки электрическаго камертона состоитъ изъ 10—12 слоевъ проволоки въ 0,3 мм. діаметромъ, обмотанной бумагой. Дальнѣйшее устройство понятно на основаніи того, что уже изложено выше при описаніи звонковыхъ приборовъ.

Вмѣсто вагона можно употребить дощечку толщиною въ 1 см., длиною въ 12 и высотой въ 8 см. Эту дощечку снабжаютъ желобками глубиною въ 1 см., которыя изготовляются изъ узенькихъ полосъ, вырѣзанныхъ изъ дерева сигарныхъ ящичковъ. Въ эти желобки наматываютъ проволоку діаметромъ въ 0,3 мм. въ количествѣ приблизительно 50 оборотовъ и концы этой обмотки прикрѣпляютъ къ зажимамъ, которые ввинчиваютъ по сторонамъ доски. Вмѣсто станціи В и земли проводятъ второй проводъ обратно къ элементу, но на довольно значительномъ разстояніи отъ линіи L.

Если экспериментаторъ будетъ передвигать дощечку, изображающую вагонъ, и держать въ тоже время около уха телефонъ, то онъ услышитъ въ него сигналы Морзе, которые помощникъ производитъ въ А при помощи молотка Н. Сравните: телеграфированіе при помощи звонковыхъ приборовъ и ключа Морзе.

## ГЛАВА XII.

### Электрическій телеграфъ и электрическіе часы.

Цѣль телеграфироваія; существенныя части телеграфной станціи.

Цѣль телеграфироваія, какъ это указываетъ уже самое названіе, состоитъ въ передачѣ сигналовъ (знаковъ) между двумя болѣе или менѣе удаленными мѣстами.

Если двѣ станціи А и В (рис. 307) соединены проводами изъ



рис. 307.

металлической проволоки, въ которыя включены: батарея, ключъ въ А и гальванометръ въ В, то при всякомъ нажатіи на ключъ въ А отклоненіе стрѣлки гальванометра въ В будетъ указывать на прохожденіе тока по линіи. Если заранѣе условиться относительно системы замыканій и размыканій тока, то есть возможность передать со станціи А на станцію В цѣлый рядъ сообщеній. Это приспособленіе даетъ возможность посылать сигналы лишь въ одномъ направленіи, что въ большинствѣ случаевъ недостаточно.

Въ виду этихъ соображеній каждая станція снабжена ключомъ Т (рис. 308), служащимъ для подачи сигналовъ, батареей Р, гальваноскопомъ G, который служитъ пріемникомъ и наконецъ призывнымъ звонковымъ приборомъ. Обратнымъ проводомъ служитъ земля.

*Дѣйствіе приборовъ.* Ключи Т всегда находятся въ сообщеніи съ линіей, но не съ батареей; если нажать ключъ Морзе Т на станціи А, то токъ пойдетъ по линіи и черезъ  $g'$   $G'$  а' въ землю; при этомъ стрѣлка  $G'$  отклонится; батарея Р' остается внѣ дѣйствія при подачѣ

сигналовъ со станціи А, но начинаетъ работать при нажатіи на ключъ Морзе на станціи В.



рис. 308.

Для наблюденія отклоненій стрѣлки гальванометра удобнѣе употребить вертикальный гальванометръ, изображенный на рис. 93 и описанный на стр. 106. Отклоненія стрѣлки такого гальванометра ограничиваютъ въ обѣ стороны на  $30^\circ$  тѣмъ, что укрѣпляютъ на циферблатѣ соответствующимъ образомъ два штифта и посылаютъ токъ въ гальваноскопъ то въ одномъ, то въ другомъ направленіи.

Направленіе тока измѣняютъ посредствомъ особеннаго коммутатора, изображеннаго на рисункѣ 309. Этотъ коммутаторъ состоитъ изъ четырехъ пружинящихся латуныхъ пластинокъ толщиной въ 1 мм., шириною въ 1 см. и длиною въ 10 см. Пружина В' лежитъ непосредственно на доскѣ, служащей основаніемъ прибора; другія же полосы загнуты вверхъ. Пластины А и А' соприкасаются съ пластиною В и снабжены на концахъ фарфоровыми или деревянными кнопками. Къ зажимамъ В и В' присоединены провода батарей, а къ зажимамъ А и А'—провода, идущіе къ гальваноскопу.

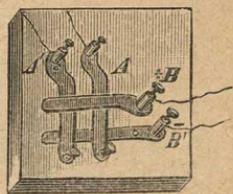


рис. 309.

*Путь тока.* При нажатіи внизъ полоски А' положительный токъ идетъ отъ В черезъ А къ гальваноскопу и обратно черезъ А' и В' къ цинку; нажимаемъ полоску А, направляемъ положительный токъ отъ В къ А', затѣмъ черезъ гальваноскопъ обратно черезъ А къ В' и къ цинку. Соединеніе гальваноскопа съ приборомъ надо устроить такъ, чтобы при нажатіи правой полоски (А) токъ отклонялъ бы стрѣлку гальваноскопа тоже *вправо*.

Съ помощью отклоненій стрѣлки вправо и влѣво можно составить слѣдующую азбуку: пусть отклоненіе вправо *n* соответствуетъ

по азбукѣ Морзе — точкѣ, а отклоненіе влѣво л — черточкѣ; тогда получимъ:

а	б	в	г	д	е, э	ж	з		
пл	лппп	плл	ллп	лпп	п	пппл	ллпп		
и, і	к	л	м	н	о	п	р		
пп	ллл	лппп	лл	лп	ллл	ллпп	ллп		
с	т	у	ф, ѳ	х	ц	ч	ш		
ппп	л	плл	пллп	пппп	лллп	лллп	лллп		
щ	ъ, ь	ы	ѣ	ю	я	й			
лллп	лллп	лллп	пллпп	пллп	пллп	пллп			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
пллл	пллл	пплл	пплп	пппп	лппл	лппл	лллп	лллп	лллп

### Ударный приборъ.

Вышеприведенный способ телеграфированія основанъ на впечатлѣніяхъ глаза, теперь же мы опишемъ другой способъ передачи сигналовъ, основанный на слуховыхъ впечатлѣніяхъ.

На рис. 310 изображенъ ударный приборъ въ половину натуральной величины; можно однако устроить удобный приборъ такой же и даже еще меньшей величины и не смотря на то такой приборъ можетъ подавать весьма слышные сигналы. Одинъ изъ зажимовъ электромагнита соединенъ съ однимъ изъ полюсовъ батареи; въ проводъ другого полюса батареи къ второму зажиму электромагнита включенъ ключъ. Подставки для валика, на которомъ укрѣпленъ одинъ конецъ ключа, могутъ быть

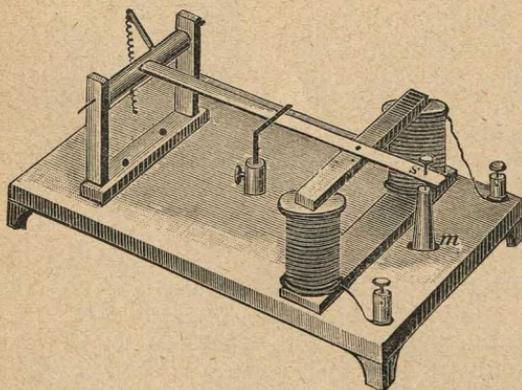


рис. 310.

сдѣланы изъ латунныхъ полосокъ толщиной въ 2 мм. и шириною

въ 1 см., загнутыхъ подъ прямымъ угломъ. Штифтъ S ударяетъ по вершинѣ столбика *m* при каждомъ замыканіи тока. Для полученія звучнаго удара лучше устроить такъ, чтобы штифтъ ударялъ по латунной дощечкѣ, поддерживаемой двумя столбиками.

Для сигнализациі при помощи этого аппарата употребляютъ азбуку Морзе. Всѣ правила, которыя были изложены при описаніи сигнализациі съ помощью звонковыхъ приборовъ, сохраняютъ свою силу и для ударнаго прибора. Чтобы различать ясно точки отъ черточекъ, необходимо подавать сигнальные удары съ большой правильностью. Этотъ способъ телеграфированія требуетъ большого навыка, но употребляется даже на общественныхъ телеграфахъ, напр. въ Америкѣ. Подобное телеграфированіе годится въ особенности для временныхъ установокъ. Хорошо устроенный ударный приборъ требуетъ для работы даже на довольно значительномъ разстояніи лишь одного небольшого элемента, такъ что приборъ съ элементомъ можетъ быть легко переносимъ въ карманѣ. Для дальнихъ разстояній электромагниты ударнаго прибора обматываются болѣе тонкой проволокой (0,3 мм.), чѣмъ для короткихъ разстояній (0,5 мм.). Звонки для вызова излишни, такъ какъ быстрое замыканіе и размыканіе тока достаточно для привлеченія вниманія корреспондента, если онъ находится вблизи.

### Пишущій приборъ Морзе <sup>1)</sup>.

Пишущій приборъ Морзе, изображенный на рис. 311, снабженъ часовымъ механизмомъ, который нуженъ для сообщенія правильнаго и постепеннаго движенія узкой бумажной полоскѣ, проходящей передъ пишущимъ штифтомъ. Мы ограничимся описаніемъ болѣе простаго прибора, изображеннаго на рис. 312, который тѣмъ не менѣе вполне достаточенъ для того, чтобы понять этотъ способъ телеграфированія. Лица, пріобрѣтшія навыкъ въ устройствѣ электрическихъ приборовъ, будутъ въ состояніи замѣнить часовой механизмъ небольшимъ электро-двигателемъ, котораго описаніе будетъ помѣщено ниже.

Сердечники электромагнитовъ имѣютъ 5 см. длины и 7 мм. въ діаметрѣ; соединительная полоска или ярмо, въ которую они ввинчены или вклепаны, длиною въ 5 см., шириною въ 1 см. и въ  $\frac{1}{2}$  см.

<sup>1)</sup> *Примѣч.* Болѣе подробное описаніе прибора Морзе можно найти въ соч. Вильке «Электричество и его примѣненія». Изд. Щепанскаго.

толщиною. На каждую деревянную катушку намотано 20 метровъ изолированной мѣдной проволоки діаметромъ отъ 0,4 до 0,5 мм. Якорь электромагнита прикрѣпленъ къ одному изъ концовъ деревяннаго или металлическаго рычага, на другомъ концѣ котораго укрѣпленъ пи-

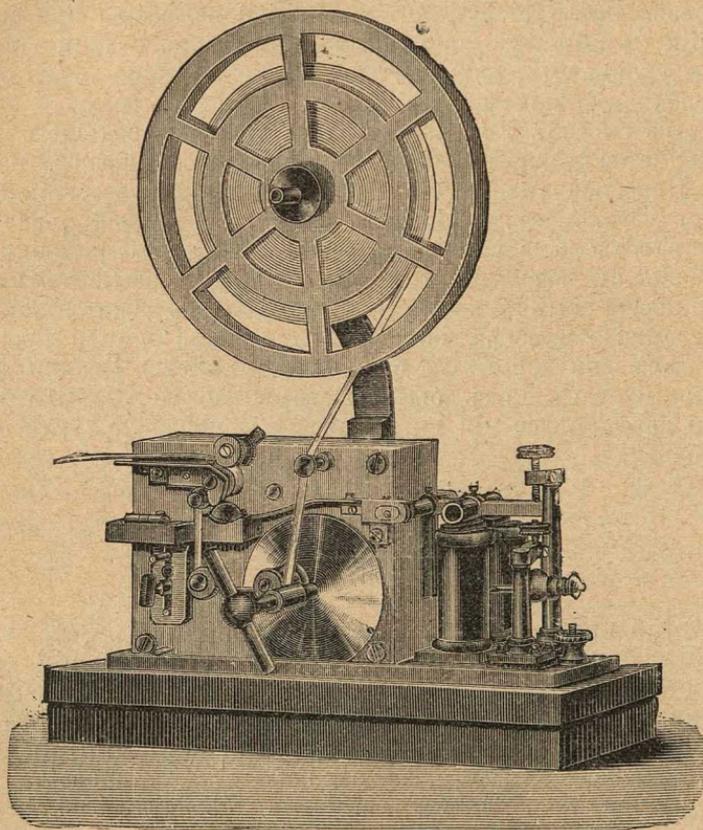


рис. 311.

шущій штифтъ. Кусокъ вязальной иглы служитъ осью, а подставки сдѣланы изъ латунныхъ полосокъ длиною въ 7 см., загнутыхъ подъ прямымъ угломъ. Тотъ конецъ рычага, который снабженъ пишущимъ штифтомъ, притягивается нѣсколько книзу посредствомъ слабой спиральной пружины. Для приведенія въ движеніе бумажной ленты устроены два валика, которыхъ оси покоятся на двухъ подставкахъ;

изъ этихъ подставокъ передняя удалена для болѣе яснаго пониманія расположенія валиковъ. Верхній валикъ (изъ дерева, латуни или свинца) имѣетъ 4 см. длины, 2 см. въ діаметрѣ и концы его оси покоятся въ косыхъ прорѣзахъ боковыхъ металлическихъ подставокъ. Косые прорѣзы способствуютъ

тому, что верхній валикъ нажимается собственной своей тяжестью на нижній. Верхній валикъ имѣетъ въ серединѣ круговой желобокъ, въ который можетъ входить пишущій штифтъ, укрѣпленный на лѣвомъ плечѣ рычага. Нижній валикъ толщиной въ 5 см. и нѣсколько длиннѣе верхняго. Поверхность нижняго валика обклеена сукномъ.

При помощи изогнутой рукоятки можно вращать нижній валикъ. Сперва ставятъ на мѣсто нижній валикъ, затѣмъ пробуютъ оставлять ли пишущій штифтъ (можетъ быть просто кусокъ твердаго карандаша) явственные знаки на бумагѣ при пропусканіи тока отъ одного элемента. Послѣ этого ставятъ на мѣсто и верхній валикъ. Бумажную полоску пропускаютъ сперва черезъ прорѣзъ съ хорошо сглаженными краями, вырѣзанный въ латунной пластинкѣ толщиной въ 2 мм., затѣмъ обводятъ около верхняго валика и пропускаютъ въ промежутокъ между верхнимъ и нижнимъ валиками. Скорость вращенія нижняго валика лучше всего опредѣляется опытомъ изъ длины точекъ и черточекъ, получаемыхъ на бумажной лентѣ при нажатіи ключа, включеннаго въ цѣпь проводовъ подобно тому, какъ это было описано при ударномъ приборѣ.

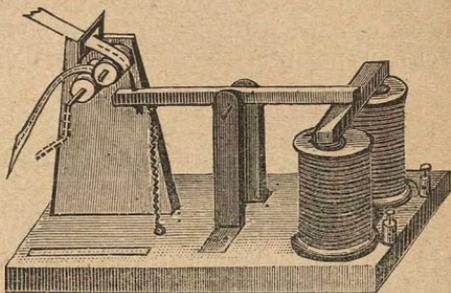


рис. 312.

### Электромагниты для приборовъ Морзе, употребляемыхъ на телеграфныхъ линияхъ.

Желѣзные сердечники этихъ электромагнитовъ должны быть вполне хорошо прокалены и послѣ пропусканія черезъ ихъ обмотку тока отъ 100 элементовъ Калло не должны показывать и слѣдовъ остаточнаго магнетизма.

Обмотка катушекъ состоитъ изъ мѣдной проволоки, изолированной шелкомъ; проводимость проволоки должна быть не менѣе 90% проводимости чистой мѣди.

Каждая катушка состоитъ изъ 7000 оборотовъ проволоки въ 0,21 мм. діаметромъ, съ сопротивленіемъ не болѣе 250 омовъ. Внѣшній слой обмотки наматывается изъ проволоки толщиною въ 0,44 мм. Толщина всѣхъ слоевъ обмотки вмѣстѣ взятыхъ не должна превышать 1 см. Готовая катушка покрывается слоемъ лака изъ іудейской смолы. Обѣ катушки должны имѣть одинаковое число оборотовъ и разница ихъ сопротивленій не должна превышать 4 омовъ.

### Схема соединеній двухъ телеграфныхъ станцій.

На рис. 313 буквой А и А' обозначены пишущіе приборы, О и О'—соединенныя съ ними мѣстныя батареи, R и R'—релэ, которые служатъ для замыканія тока этихъ батарей; S и S' суть ключи,

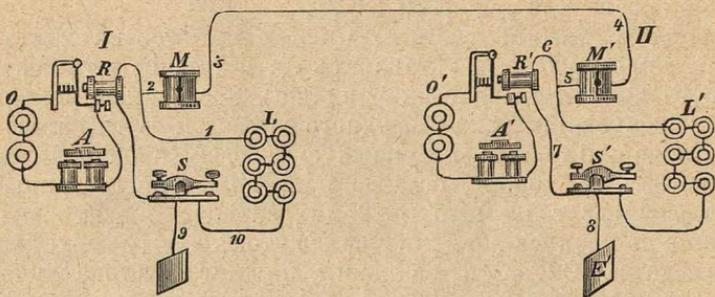


рис. 313.

а М и М' — мультипликаторы съ вертикально-стоящими стрѣлками, по отклоненію которыхъ телеграфистъ можетъ узнать о прохожденіи тока по линіи. Когда оба ключа S и S' находятся въ состояніи покоя и слѣдовательно цѣпи обѣихъ батарей для линіи L и L' разомкнуты, то все-таки ключи релэ включены въ провода такимъ образомъ что между обѣими станціями существуетъ непрерывное соединеніе. Если на станціи I нажать рычагъ ключа внизъ, то цѣпь батареи L замкнется и токъ, минуя релэ R, пойдетъ черезъ 1, 2, M, 3, 4, M', R', 7, S', 8 и E', между тѣмъ какъ другой токъ изъ L течетъ черезъ 10, S, 9 къ E. Такимъ образомъ токъ пройдетъ черезъ R', якорь релэ будетъ притянутъ, мѣстная батарея О' замкнется и приведетъ въ дѣйствіе пишущій приборъ А'. Итакъ, черезъ нажатіе ключа S замыкается цѣпь большой батареи на станціи посы-

лающей и цѣль мѣстной батареи на станціи получающей; при этомъ релѣ и пишущій аппаратъ станціи посылающей остаются въ покоѣ.

Источниками тока служатъ обыкновенно гальваническія батареи изъ элементовъ Даниеля, Мейдингера и другихъ постоянныхъ элементовъ. Въ послѣднее время начали замѣнять гальваническія батареи аккумуляторными батареями, которые требуютъ меньшаго ухода и занимаютъ гораздо меньшее мѣсто.

Провода состоятъ обыкновенно изъ желѣзной оцинкованной проволоки; но въ недавнее время начали также употреблять проволоку и изъ кремнистой бронзы.

Вертикальный гальванометръ (см. рис. 314), употребляемый на телеграфныхъ станціяхъ, сохранилъ еще тотъ видъ, который онъ имѣлъ при существованіи стрѣлочнаго телеграфа. Представимъ себѣ, что рамка мультипликатора РР (сравните стр. 102), обмотанная тремя слоями изолированной шелкомъ проволоки, укрѣплена на вертикальной дощечкѣ; магнитная стрѣлка вращается внутри этой рамки на горизонтальной оси (напр. изъ швейной иглы), которой концы покояются въ двухъ стеклянныхъ шляпкахъ; съ магнитной стрѣлкой М соединенъ указатель Ц,двигающійся передъ латуннымъ циферблатомъ.

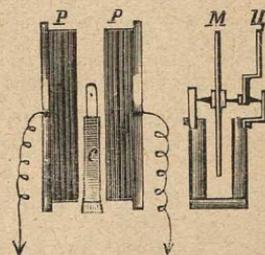


рис. 314.

### Электрическіе указательные приборы; указательный телеграфъ.

а. При изготовленіи электрическихъ указательныхъ приборовъ для обмотокъ катушекъ употребляютъ проволоку толщиною отъ 0,3 до 0,6 мм., считая ее безъ изолировки; притягательная сила электромагнитовъ должна быть опредѣлена для каждого отдѣльнаго случая посредствомъ предварительныхъ опытовъ, измѣняя силу тока или-же число оборотовъ обмотки.

Наиболѣе цѣлесообразные размѣры желѣзныхъ сердечниковъ слѣдующіе: длина 6 см. при діаметрѣ отъ 6 до 8 мм. и при толщинѣ обмотки отъ 11 до 12 мм. Такимъ образомъ общій діаметръ электромагнита можетъ быть  $(11 + 8 + 11)$  или  $(12 + 10 + 12)$  миллиметровъ.

Якорь долженъ быть не длиннѣе, или-же немногимъ длиннѣе, крайняго разстоянія между желѣзными сердечниками. Масса якоря должна быть настолько велика, чтобы обезпечивать притяженіе даже

съ наибольшаго разстоянія. Притяженіе электромагнитомъ тяжелаго якоря уменьшается медленнѣе, чѣмъ притяженіе легкаго якоря; гораздо выгоднѣе увеличить «ходъ» якоря, чѣмъ малое его передвиженіе повышать удлинениемъ рычага. Желѣзные сердечники и якорь никогда не теряютъ моментально своего магнетизма; чтобы устранить возможность «прилипанія» якоря, необходимо устроить такъ, чтобы онъ никогда не касался сердечниковъ. Поэтому снабжаютъ верхушки сердечниковъ короткими латунными штифтами или латунными же пластинками; иногда покрываютъ якорь гальванопластически мѣдью. Слѣдуетъ якоря съ квадратнымъ сѣченіемъ предпочесть якорямъ съ круглымъ сѣченіемъ, такъ какъ масса желѣза у первыхъ находится ближе къ полюсамъ электромагнитовъ, чѣмъ у вторыхъ.

Хотя вышеизложенныя общія указанія относительно электромагнитовъ уже были упомянуты въ правилахъ ихъ устройства, но мы сочли нужнымъ ихъ здѣсь повторить, такъ какъ для начинающаго всегда бываетъ затруднительно примѣнять общія положенія къ частнымъ случаямъ.

b. Опишемъ теперь какимъ образомъ возможно обыкновенные часы преобразовать въ электрическіе (см. рис. 315).

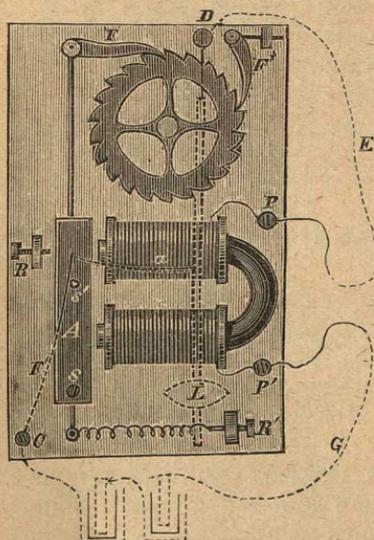


рис. 315.

Сердечники электромагнита обмотаны на протяженіи 7 см. и имѣютъ 9 мм. въ діаметрѣ; діаметръ проволоки равенъ 0,5 мм. и на каждой катушкѣ имѣется по восьми слоевъ этой проволоки. Якорь А имѣетъ квадратное сѣченіе, котораго стороны равны 1 см. Этотъ якорь вращается около штифта S и снабженъ въ верхней части продолженіемъ, состоящимъ изъ твердой латунной проволоки діаметромъ въ 2 мм. На концѣ этой проволоки укрѣпленъ язычекъ F, который подъ вліяніемъ своего собственнаго вѣса прилегаетъ всегда къ зубцамъ храпового колеса. F' — другой язычекъ, котораго положеніе можетъ быть регулировано, служить для воспрепятствованія зубчатому

колесу вращаться въ обратную сторону. Въ R помѣщенъ регулирующий винтъ, котораго назначеніе состоитъ въ томъ, чтобы ограничивать отклоненіе якоря А, а въ R' имѣется другой регулирующий

винтъ съ спиральной пружиной, который служить для натяженія нижняго конца якоря А. Если соединить зажим Р съ однимъ полюсомъ батареи, а въ зажимъ Р' укрѣпить проводъ G, концомъ котораго прикасаться затѣмъ къ другому полюсу батареи, то при каждомъ такомъ прикосновеніи, якорь А будетъ притягиваться, а зубчатое колесо будетъ подвигаться на одинъ зубецъ вправо подъ вліяніемъ толчка язычка F. Если на ось зубчатаго колеса укрѣпить указатель, который бы могъ вращаться передъ круговымъ циферблатомъ, по окружности котораго обозначены буквы, то при каждомъ замыканіи тока указатель передвигался бы на слѣдующую букву. При помощи *ключа* есть возможность заставить указатель быстро переходить съ одной буквы на другую, а также и остановиться нѣсколько времени надъ той буквой, которую желаютъ передать. Въ этомъ состояла сущность указательнаго (или стрѣлочнаго) телеграфа, который въ настоящее время уже не употребляется. Читеніе депеши, передаваемой по такому телеграфу, весьма удобно и нѣтъ надобности изучать особенную азбуку; одно изъ удобствъ этого телеграфа состоитъ въ томъ, что указатели двухъ, соединенныхъ между собою проводами, подобныхъ телеграфныхъ приборовъ не всегда показываютъ на одну и ту же желаемую букву.

с. Представимъ себѣ, что вмѣсто циферблата съ буквами и указателемъ къ вышеописанной системѣ зубчатаго колеса съ электромагнитомъ присоединенъ маятникъ DL, подвѣшенный въ точкѣ D. Верхній конецъ маятника оканчивается пружиной, которая зажимается въ прорѣзѣ штифта D; маятникъ снабженъ кромѣ того боковымъ придаткомъ *a* съ платиновымъ наконечникомъ. При движеніи маятника DL влѣво его придатокъ *a* упирается въ платиновую пластинку, припаянную къ концу пружины F', имѣющей ширину въ 1 см. Въ спокойномъ положеніи пружина F'' упирается на латунный штифтъ *s'*, ввинченный въ якорь А и изолированный при помощи надѣтой на него стеклянной трубочки. Когда придатокъ маятника *a* прикасается къ F'', тогда токъ идетъ черезъ F''—С—батарею—G—Р'—Р—Е и D; при этомъ якорь А притягивается электромагнитомъ, зубчатое колесо передвигается на одинъ зубецъ вправо, а пружина F'' сообщаетъ придатку *a*, а слѣдовательно и всему маятнику DL толчекъ, побуждающій его отклониться вправо. Маятникъ и зубчатое колесо будутъ до тѣхъ поръ двигаться, пока токъ сохранитъ достаточно силы для преодоленія напряженія спиральной пружины. Чтобы смягчить рѣзкость удара якоря А о конецъ винта R, на этотъ послѣдній насаживаютъ небольшой кусокъ пробки, резины или кожи; тоже дѣлаютъ и съ концами полюсовъ электромагнита.

Для превращенія обыкновенныхъ стѣнныхъ часовъ безъ боя въ

часы электрическіе, необходимо удалить грузъ или заводную пружину и затѣмъ регулировать движеніе маятника поднятіемъ или опусканіемъ его чечевицы L. При помощи двухъ большихъ элементовъ Мейдингера можно приводить въ дѣйствіе въ теченіи около 6 мѣсяцевъ такіе часы съ маятникомъ длиною въ 25 сантиметровъ. Если въ цѣпь включить при этомъ вертикальный гальванометръ, обладающій небольшимъ сопротивленіемъ, то по отклоненію его стрѣлки можно будетъ судить о томъ происходитъ ли замыканіе тока при каждомъ ударѣ маятника, а также и объ измѣненіи силы батареи.

Хотя устройство такихъ часовъ доставляетъ большое удовольствіе любителю и онъ охотно и терпѣливо производитъ регулировку движенія маятника, но все-таки электрическіе часы съ маятникомъ относятся скорѣе къ области интересныхъ курьезовъ.

### Центральные часы.

Вышеописанное устройство часовъ съ указателемъ можетъ быть примѣнено къ передачѣ времени первичныхъ центральныхъ часовъ вторичнымъ (побочнымъ) часамъ. Съ этой цѣлью на краѣ обода храповаго колеса центральныхъ часовъ укрѣпляютъ штифтъ перпендикулярно къ плоскости этого колеса. На этотъ штифтъ опирается изолированная пружина, которая расположена такимъ образомъ, что она замыкаетъ токъ при каждомъ полномъ оборотѣ храповаго колеса. Если въ эту цѣпь включить вышеописанные часы съ указателемъ, то при каждомъ полномъ оборотѣ храповаго колеса центральныхъ часовъ зубчатое колесо вторичныхъ будетъ передвигаться на одинъ зубецъ, а указатель передвигаться по циферблату наприм. на одну минуту.

### Часы съ репетиціей.

Въ часахъ съ репетиціей сбоку виситъ обыкновенно шнурочекъ, за который надо дернуть, чтобы часы пробили вновь и тѣмъ указали истекшій часъ времени. Въ безсонныя ночи часто бываетъ желательно знать хотя бы приблизительно время, не прибѣгая къ зажиганію свѣчи. Съ этой цѣлью къ основанію часовъ съ репетиціей привинчиваютъ сильный электромагнитъ (длина плечъ примѣрно 6 см., толщина сердечниковъ 1 см., отъ 8 до 10 слоевъ обмотки изъ проволоки діаметромъ въ 0,5 мм.) и прикрѣпляютъ шнурокъ отъ ча-

совъ къ его якорю, величину передвиженія котораго устанавливають при помощи регулирующаго винта. Приборъ этотъ соединяють проводами съ батареей изъ двухъ элементовъ Лекланше и въ цѣпь вводятъ нажимную кнопку, которую помѣщаютъ возлѣ постели. При нажатіи на кнопку токъ замыкается, якорь притягивается электромагнитомъ, шнурокъ натягивается и ударный механизмъ часовъ приходитъ въ дѣйствиѣ. Той же цѣли можно достигнуть примѣненіемъ вертикальной проволочной спирали, которая при замыканіи тока стремится втянуть въ себя желѣзный сердечникъ.

Мы не рѣшаемся распространяться далѣе относительно примѣненія электричества къ часамъ, такъ какъ любитель-электрикъ лишь въ исключительныхъ случаяхъ можетъ обладать спеціальными познаніями по устройству разнаго рода часовъ.

---

## ГЛАВА XIII.

### Магнитоэлектрическіе двигатели.

#### Сущность устройства электродвигателей.

Каждый приборъ, предназначенный для преобразования электрической энергіи въ механическое движеніе (звонковые приборы, телеграфы и т. п.), можетъ быть названъ электродвигателемъ. Обыкновенно придаютъ названіе электродвигателя только тѣмъ приборамъ, которые подъ вліяніемъ дѣйствія электрическаго тока приходятъ въ болѣе или менѣе продолжительное *вращательное* движеніе.

Такъ какъ быстрое вращеніе этихъ приборовъ обуславливаетъ частыя размыканія и замыканія тока, то для обмотокъ электромагнитовъ слѣдуетъ употреблять проволоку достаточной толщины.

#### Колесо Барлова.

Колесо Барлова (см. рис. 316) есть старѣйшій изъ такихъ приборовъ. Практическаго примѣненія это колесо имѣть не можетъ, но оно хорошо демонстрируетъ взаимодействіе электрическаго тока и магнетизма.

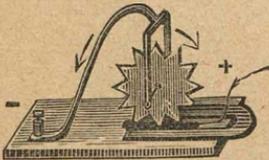


рис. 316.

На концѣ вилообразнаго проводника укрѣплена ось звѣздообразнаго колеса (легкое зубчатое колесико часовъ годится для этой цѣли); зубцы этого колеса очень немного погружены въ ртуть, наполняющую узкій желобокъ изъ дерева или картона. По обѣимъ сторонамъ этого желобка и возможно близко къ зубчатому колесу помѣщены полюсы сильнаго стального магнита или электромагнита. Источникомъ тока берутъ сильный элементъ, напр. бутылочный элементъ Гренэ, положи-

тельный полюсъ котораго соединяють проводомъ съ ртутью, а отрицательный съ зажимомъ, находящимся влѣво. При этомъ расположеніи токъ идетъ отъ окружности колеса къ центру его; сѣверный полюсъ магнита помѣщаютъ къ западу отъ колеса, а южный — къ востоку отъ него; въ такомъ случаѣ колесико вращается по направленію движенія часовой стрѣлки, движеніе происходитъ вслѣдствіе взаимнаго отталкиванія тока, проходящаго черезъ колесико, и магнитнаго поля магнита. Если переменить направленіе тока, или-же переменить положеніе магнита, то направленіе вращенія колесика измѣнится на противоположное. Если

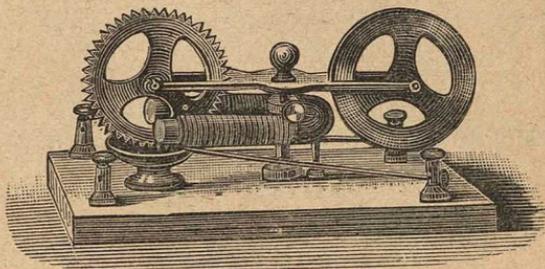


рис. 317.

вмѣсто стального магнита употребить электромагнитъ (см. рис. 317), то одинъ и тотъ же токъ пропускають черезъ обороты электромагнита, а также черезъ ртуть и колесико.

### Работа и стоимость работы электродвигателей.

Большая притягательная сила электромагнитовъ дала поводъ къ попыткамъ примѣненія этой силы для приведенія въ дѣйствіе машинъ. Если источникомъ тока взять гальваническія батареи съ цинкомъ и сѣрной кислотой, то расходъ на эти матеріалы дѣлаетъ примѣненіе магнитоэлектрическихъ машинъ слишкомъ дорогимъ. 1 килограммъ каменнаго угля развиваетъ при горѣніи 7000 единицъ тепла или калорій (количество тепла, которое нужно для повышенія температуры 1 грамма воды на 1° Цельзія, называется малой калоріей или граммъ-калоріей; количество тепла, необходимое для повышенія температуры 1 килограмма воды на 1° Цельзія, называется большой калоріей). Окисленіе 1 килограмма цинка въ батареѣ и полученный черезъ это токъ развиваетъ всего лишь 1240 большихъ калорій, т. е. въ 5,6 раза меньше того количества, которое даетъ 1 килограммъ угля. Принимая цѣну 1 пуда угля равной 16 коп., а цѣну 1 пуда цинка равной 3 рублямъ и 20 коп. получимъ, что стоимость 7000 большихъ калорій, полученныхъ при горѣніи 1 кило угля,

равна 1 коп., а тоже количество большихъ калорій, полученныхъ при окисленіи цинка (не считая расхода на сѣрную кислоту) обойдется въ 20 коп.  $\times$  5, 6, т. е. въ 1 р. 12 коп. Имѣя однако въ виду, что при помощи паровой машины мы можемъ утилизировать въ видѣ работы лишь  $\frac{1}{10}$  долю всего количества тепла, развиваемаго 1 кило угля при горѣніи, получимъ, что одинаковыя по стоимости количества угля и цинка производить неодинаковыя количества работы, а именно для угля эта работа будетъ въ 11,2 раза больше чѣмъ для цинка.

Магнитоэлектрическіе двигатели могутъ быть съ выгодною примѣняемы тогда, когда требуется незначительная, но постоянная сила.

### Электродвигатель Риччи.

*а. Устройство двигателя.* U-образный стальной магнитъ укрѣпленъ вертикально стоймя на деревянной доскѣ (см. рис. 318), причѣмъ его полюсы обращены вверхъ. Въ серединѣ, между плечами магнита, помѣщается латунная или стальная ось, вращающаяся на острияхъ между двумя точками опоры. Къ этой оси прикрѣпленъ электромагнитъ АВ (въ данномъ случаѣ коротко загнутый кусокъ круглаго желѣза, но можетъ быть и полный двуплечный подковообразный магнитъ). Полюсы этого электромагнита при вращеніи оси проходятъ какъ разъ надъ полюсами стального магнита. Надъ электромагнитомъ прилаженъ коммутаторъ, состоящій изъ деревяннаго или эбонитоваго кружка, на окружность котораго насажено латунное кольцо, состоящее однако изъ двухъ половинокъ, которыя отдѣлены другъ отъ друга двумя промежутками и черезъ это не находятся въ проводящемъ соединеніи.

рис. 318.

Концы проволокъ отъ обмотки электромагнита припаяны къ этимъ двумъ половинкамъ кольца. По окружности полукольца скользятъ двѣ латунныхъ пружины ПП' (см. рис. 319), которыхъ концы прихвачены подъ зажимы, ввинченные въ одну изъ стоекъ деревянной рамы. Эти зажимы соединяются проводами съ полюсами батареи.

*б. Путь тока.* (Рис. 318). Пусть положительный токъ идетъ черезъ заднюю пружину на полукольцо *b*, затѣмъ черезъ обмотку электромагнита къ полукольцу *i* и къ передней пружинѣ, откуда и возвращается черезъ зажимъ и проводъ къ батарее. При этомъ конецъ А у электромагнита превращается въ южный полюсъ, а конецъ В—въ сѣверный, и потому они оба притягиваются полюсами стального магнита. Если электромагнитъ займетъ перпендикулярное положеніе, то задняя пружина перейдетъ на полукольцо *i*, а передняя—на полукольцо *b'*, и тогда воспослѣдуетъ черемѣна полюсовъ электромагнита, такъ что А будетъ отталкиваться сѣвернымъ (N) полюсомъ стального магнита, а В—южнымъ (S) его полюсомъ; вслѣдствіе этого вращеніе электромагнита будетъ продолжаться въ томъ же направленіи.

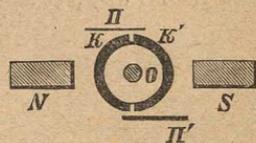


рис. 319.

*с. Видоизмѣненіе.* (Рис. 320). Стальной магнитъ можетъ быть замѣненъ электромагнитомъ и тотъ же самый токъ можно пропустить сперва черезъ обмотку неподвижнаго электромагнита (черезъ задній зажимъ), затѣмъ черезъ коммутаторъ, который въ этомъ случаѣ состоитъ изъ двухъ плоскихъ латунныхъ полуколець (съ выступами или безъ нихъ), укрѣпленныхъ на подставкѣ прибора.

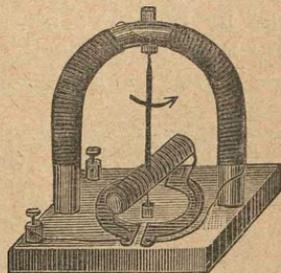


Рис. 320.

*д. Еще электрическія звѣзды.* Если въ двигателѣ Ритчи пропустить вертикальную ось черезъ верхнюю деревянную перекладину и на ея продолженіи помѣстить второй коммутаторъ, а къ нему прикрѣпить перпендикулярный деревянный брусокъ, то къ этому бруску можно подвѣсить небольшую Гейслерову трубку и ея концы соединить проводами съ полукольцами верхняго коммутатора. Въ такомъ случаѣ можно при помощи небольшой индукціонной катушки, полюса которой соединены проводами съ полукольцами верхняго коммутатора посредствомъ щетокъ (скользящихъ контактовъ) получить опять уже вышеупомянутыя звѣзды.

## Электродвигатель съ кривошипомъ.

На рис. 321 изображенъ приборъ, въ которомъ токъ дѣйствуетъ не постоянно, а прерывисто. Небольшой маховикъ (изъ металла, дерева или папки) приводится во вращеніе посредствомъ рычага съ

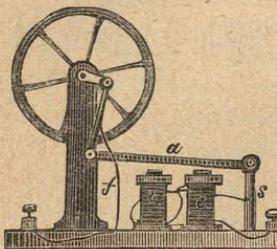


рис. 321.

кривошипомъ, при чемъ желѣзный рычагъ (якорь) *a* попеременно опускается и поднимается. Маховикъ получаетъ двигательный импульсъ лишь тогда, когда якорь *a* притягивается электромагнитомъ *e* внизъ. Это происходитъ тогда, когда шатунъ прикасается къ пружинѣ *f*. Въ этотъ моментъ токъ, проходящій сперва черезъ электромагнитъ *e*, затѣмъ черезъ стойку *s*, рычагъ *a* и пружину *f*, замыкается и якорь *a* притягивается, пока не достигнетъ самаго низкаго положенія; при этомъ шатунъ отклоняется влѣво и перестаетъ прикасаться къ пружинѣ *f*. Маховикъ продолжаетъ вращаться далѣе, благодаря присущей ему инерціи, пока части прибора не придутъ опять въ положеніе, указанное на рис. 321, послѣ чего маховику опять сообщается движеніе отъ рычага *a*. Масштабъ  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$  натур. величины.

## Электродвигатель со спицами.

Одна изъ наиболѣе распространенныхъ формъ маленькихъ

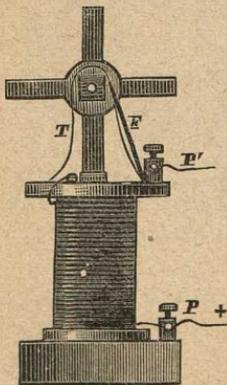


рис. 322.

электродвигателей изображена на рис. 322. Подобный электродвигатель состоитъ изъ вертикально стоящаго одно или двулучаго электромагнита. Надъ этимъ электромагнитомъ вращается между двумя металлическими стойками (которыя не изображены на рисункѣ) ось колеса съ 4 или 8 спицами. На этой оси помѣщенъ прерыватель тока, который при колесѣ съ 4 спицами можетъ состоять изъ латуннаго квадратнаго выступа, толщиною въ 3 мм. и со сторонами въ 1 см. Этотъ выступъ устанавливается такимъ образомъ, чтобы пружина *F*, соединенная съ полюснымъ зажимомъ *P'*, не прикасалась къ одному изъ его угловъ какъ разъ въ тотъ моментъ, когда одна изъ спицъ колеса

проходить надъ электромагнитомъ. Токъ идетъ отъ зажима Р черезъ обмотку электромагнита къ одной изъ металлическихъ стоекъ, затѣмъ черезъ ось къ прерывателю и къ пружинѣ F, отъ нее переходитъ къ зажиму Р' и обратно въ батарею.

На ось насаженъ небольшой шкивъ, черезъ который перекинутъ шнуръ. Этотъ двигатель можетъ служить для приведенія въ дѣйствіе небольшого насоса или же, если его положить горизонтально на небольшую повозку, то можно заставить его передвигать эту повозку, при чемъ токъ проводится къ двигателю черезъ рельсы. Гальваническій элементъ можно поставить и на самую повозку, но въ этомъ случаѣ быстрое вращеніе колеса со спицами должно быть замедлено при передачѣ движенія колесамъ повозки. Масштабъ  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ .

### Двигатель съ коромысломъ.

Устройство этого двигателя, изображеннаго на рис. 323, основано, какъ и дѣйствіе вертикальнаго гальванометра, на притяженіи мягкаго желѣза соленоидами. Е и Е' суть катушки соленоидовъ, обмотка которыхъ состоитъ изъ 8 оборотовъ проволоки въ 0,8 мм. діаметромъ. — Т' есть квадратная деревянная стойка со сторонами въ 1,5 см. На эту стойку Т насажена металлическая вилка; между сторонами которой помѣщается ось коромысла. Маховое колесо діаметромъ въ 10 см. вращается на оси, укрѣпленной между двумя латунными стойками толщиной въ 2 мм. На задней сторонѣ маховика припаяна латунная полоска, служащая кривошипомъ для штанги РІ. На передней сторонѣ маховика на его ось насаженъ эксцентрикъ *n*, который производитъ при вращеніи временные контакты съ латунными пружинами *f* и *f'*, чѣмъ и замыкаетъ токъ. Якоря соленоидовъ сдѣланы изъ круглаго мягкаго желѣза; они подвѣшены къ коромыслу посредствомъ проволокъ; на правомъ якорѣ насаженъ противовѣсъ для уравновѣшенія лѣвой стороны коромысла и штанги. Концы проволокъ, поддерживающихъ якоря, снабжены ушками, которыя просунуты черезъ отверстія, пропилен-

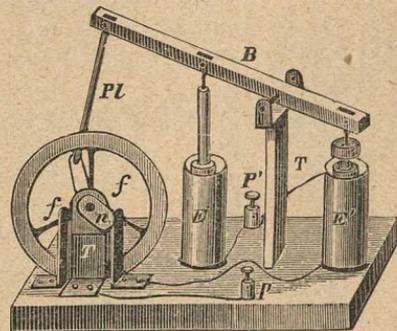


рис. 323.

ныя въ коромыслѣ; черезъ каждое ушко проходитъ поперечная проволока, которая и придерживаетъ ушко въ коромыслѣ. Подобнымъ же образомъ укрѣплена къ коромыслу и штанга Р. Катушки соленоидовъ должны имѣть внутреннія отверстія настолько великими, чтобы допускать свободное опусканіе и поднятіе якорей.

Путь прохожденія тока слѣдующій: отъ зажима Р къ стойкѣ Т, черезъ эксцентрикъ  $n$  къ  $f'$  и Е' и затѣмъ черезъ зажимъ Р' къ цинку батареи; когда эксцентрикъ  $n$  прикоснется къ другой пружинѣ  $f$ ; то токъ пойдетъ въ катушку Е и ея якорь будетъ втянутъ; тогда лѣвая часть коромысла В наклонится внизъ.

### Вращение тока около магнита.

На одно изъ плечъ сильного подковообразнаго стального магнита, цилиндрическаго сѣченія, насаженъ сосудъ изъ цинка (см. рис. 324), состоящій изъ двухъ колецъ и одного общаго днища. Промежутокъ между кольцами заполненъ слабой сѣрной кислотой. Къ внутренней стѣнкѣ цинковаго сосуда прикрѣплена цинковая же скоба, которая опирается на верхнюю плоскость магнита. Въ серединѣ этой скобы укрѣплена мѣдная или латунная стойка съ чашечкой, въ которую налита ртуть. Въ эту чашечку упирается стальной штифтъ, на которомъ вращается прямоугольникъ изъ мѣдной проволоки. Къ нижнимъ концамъ этой проволоки прикрѣплено кольцо изъ тонкой мѣди, которое погружено въ слабую сѣрную кислоту, находящуюся въ цинковомъ сосудѣ. Въ полученномъ такимъ образомъ элементѣ имѣемъ теченіе тока отъ мѣднаго кольца по мѣднымъ проволочкамъ въ чашечку со ртутью оттуда черезъ цинковую скобу и цинковый сосудъ въ жидкость и черезъ нее обратно къ мѣдному кольцу; мѣдное кольцо будетъ вращаться.

рис. 324.

Можно было бы сдѣлать сосудъ изъ мѣди, а кольцо изъ—цинка, тогда вращеніе колеса происходило бы въ обратномъ направленіи. На рис. 325 имѣемъ схематическое изображеніе вліянія магнитныхъ силовыхъ линій на электрическій токъ. Принимаютъ, обыкновенно, что силовыя линіи исходятъ изъ сѣвернаго полюса N въ окружающее пространство. Если при этомъ сквозь плоскость бумаги поднимается въ Е электрическій токъ, то его силовыя линіи описываютъ концентрическіе круги, направленіе которыхъ противоположно движенію часовой стрѣлки. Эти электрическія силовыя линіи встрѣчаются съ

магнитными силовыми линиями и вызываютъ вращеніе въ направленіи часовой стрѣлки. (Сравните тангенсъ буссоли). Изученіе этихъ явленій облегчаетъ пониманіе дѣйствія магнитоэлектрическихъ, а также и динамоэлектрическихъ машинъ.

### Вращеніе магнита около тока.

Цилиндрической стальной магнитъ *sm* снабженъ сверху и внизу стальными остриями для того, чтобы онъ бы могъ свободно вращаться вокругъ своей оси. Нижнее острие погружено въ чашечку со ртутью, черезъ посредство которой устанавливается сообщеніе между нижнимъ концомъ магнита и зажимомъ *a*. На серединѣ магнита насажено кольцо, къ которому прикреплена мѣдная проволока, съ загнутымъ внизъ концомъ. Загнутый конецъ мѣдной проволоки погруженъ въ ртуть, находящуюся въ кольцеобразномъ сосудѣ, укрѣпленномъ на деревянной стойкѣ. Такимъ образомъ токъ имѣетъ возможность проходить лишь по нижней части магнита. Кольцеобразный сосудъ для ртути сдѣланъ изъ дерева. Токъ идетъ отъ зажима *a* въ нижнюю половину магнита, затѣмъ черезъ мѣдную проволоку входитъ въ ртуть деревяннаго сосуда, откуда по другой мѣдной проволокѣ направляется къ зажиму *e*; магнитъ будетъ вращаться вокругъ своей оси.

Чтобы опредѣлить направленіе вращенія въ вышеописанномъ случаѣ (когда вращается часть прибора, съ проходящимъ черезъ него токомъ, см. рис. 326), надо поступить слѣдующимъ образомъ: положить лѣвую руку на проволоку такъ, чтобы ладонь смотрѣла по направленію неподвижнаго магнита, который находится на противоположной сторонѣ проволоки; четыре пальца руки должны быть расположены въ направленіи движенія тока; въ такомъ случаѣ отогнутый большой палецъ укажетъ на направленіе вращенія проволоки, проводящей токъ.

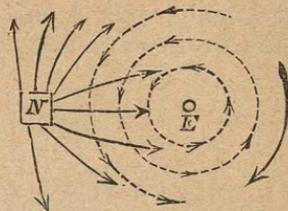


рис. 325.

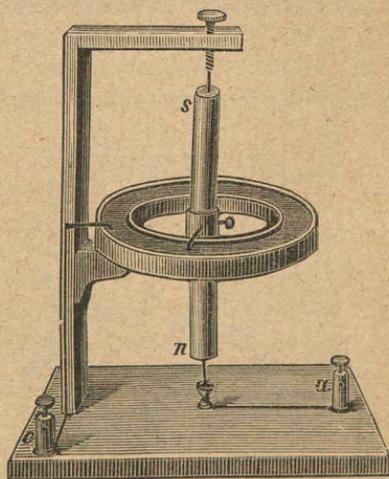


рис. 326.

Если же магнитъ подвижной и проволока, проводящая токъ, можетъ вращаться, то слѣдуетъ положить лѣвую руку на магнитъ такъ, чтобы четыре пальца были расположены по направленію прохожденія тока и ладонь руки—обращена къ магниту; въ такомъ случаѣ отогнутый большой палецъ укажетъ направленіе вращенія.

### Вращение тока под влиянием другого тока.

На стальномъ остриі вращается проволока *np*, изогнутая въ видѣ буквы *n* (см. рис. 327).

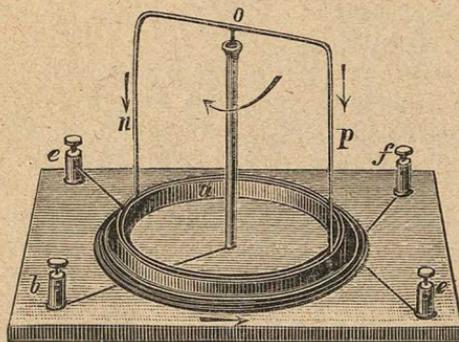


рис. 327.

Стальное острие опирается въ чашечку съ ртутью, которая соединяется посредствомъ вертикальной латунной стойки и изолированной мѣдной проволоки съ зажимомъ *b*. Токъ проходитъ изъ зажима *b* въ стойку, идетъ по плечамъ проволоки *n* и *p* въ кольцеобразный желобъ *a*, наполненный ртутью, и оттуда къ зажиму *c*. Желобъ *a* выточенъ изъ дерева и имѣетъ ширину въ 1 см. при глубинѣ въ 1 см. Около этого желоба

обматывается нѣсколько оборотовъ мѣдной проволоки или же мѣдной полосы, которой отдѣльные обороты изолированы другъ отъ друга бумажной лентой. Концы этой спирали соединены съ зажимами *e* и *f*.

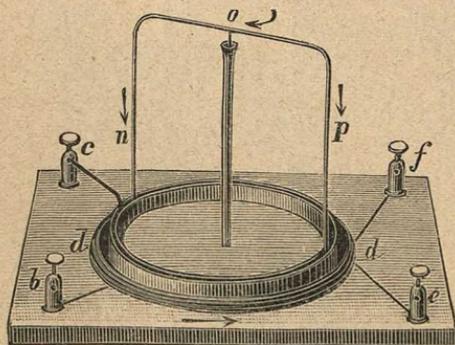


рис. 328.

Если желобъ для ртути и для мѣдной обмотки изготовить изъ одного и того же деревяннаго диска, то получимъ устройство, изображенное на рис. 328; токи въ этомъ случаѣ будутъ вращаться какъ указано стрѣлками.

Чтобы лучше уяснить себѣ вращеніе подвижнаго провода, надо вообразить себѣ, что около обмотки спирали и около плечъ *n* и *p*

проходить концентрическія силовыя линіи и, что онѣ пересѣкаются взаимно, какъ какъ это указано на рис. 331.

### Вращательный приборъ Гарте.

Внутри неподвижной деревянной рамки АВ (рис. 329), обмотан-

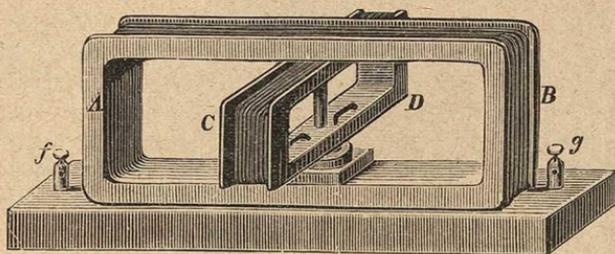


рис. 329.

ной многими оборотами изолированной мѣдной проволоки <sup>2</sup>отъ 1 до 1,5 мм. діаметромъ, расположена легкая подвижная рамка CD. Эта рамка CD вращается на стальныхъ остріяхъ, опирающихся на стеклянные колпачки, которые вдѣланы въ неподвижную раму. Движеніе подвижной рамки CD можетъ быть устроено точно такъ, какъ показано на рис. 330. Обмотка этой рамки состоитъ изъ одного ряда мѣдной изолированной проволоки діаметромъ въ  $\frac{1}{2}$  мм. Свободные концы этой обмотки погружены въ деревянный желобъ съ ртутью, который раздѣленъ двумя тонкими деревянными перегородками на двѣ половины. Уровень ртути благодаря капиллярности стоитъ нѣсколько выше этихъ перегородокъ, такъ что хотя концы проволоки и погружены въ ртуть, но они проходятъ надъ перегородками. Въ обмотку рамы АВ токъ проходитъ черезъ зажимы *f* и *g*, а къ ртути, находящейся въ желобѣ, проходитъ снизу черезъ провода *h* и *k*. Въ обоихъ случаяхъ источникомъ тока употребляютъ два элемента Бунзена, или же два элемента съ двухромкислымъ кали.

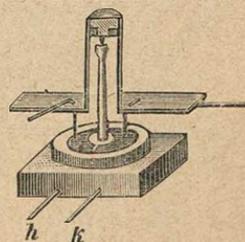


рис. 330.

*Пересѣкающимися токами* называются такіе токи, которые находясь въ одной плоскости, взаимно пересѣкаются или же, если они

не находятся въ одной плоскости, то все-таки имѣютъ одну точку наименьшаго удаленія. Два пересекающихся тока всегда стремятся стать другъ къ другу параллельно, такъ чтобы протекать въ одномъ и томъ же направленіи. Отсюда видно, что существуетъ притяженіе между тѣми частями тока, которыя направляются къ точкѣ пересѣченія, а также и между тѣми, которыя идутъ отъ нея. Отталкиваніе происходитъ между токомъ, который идетъ къ точкѣ пересѣченія и другимъ токомъ, идущимъ отъ нея.

Если въ наружной рамѣ АВ токъ течетъ отъ А къ В, а во внутренней рамѣ отъ С къ D, то токи обѣихъ рамъ взаимно притягиваются, такъ какъ токи отъ А и отъ С направлены оба отъ точки пересѣченія. Поэтому рамы становятся параллельно. Если послѣ этого проволоки внутренней рамы переменяютъ свое положеніе относительно внутреннихъ рамокъ ртутнаго желоба, то токъ потечетъ сперва въ этой обмоткѣ въ обратномъ направленіи, т. е. отъ D къ С и поэтому рама эта продолжаетъ вращаться вслѣдствіе наступившаго отталкиванія въ сторону часовой стрѣлки.

Пусть круги  $O$  и  $O_1$  изображаютъ на рис. 331 тѣ силовыя ли-

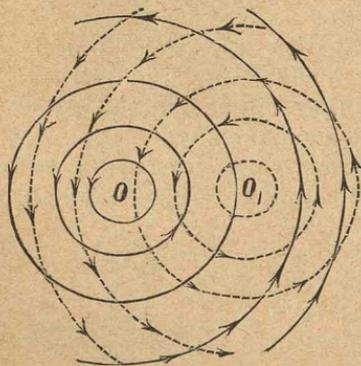


рис. 331.

нии, которыя вызываются токами, протекающими черезъ АВ и CD, и кромѣ того въ такой моментъ, когда токи идутъ въ одномъ и томъ же направленіи. Въ такомъ случаѣ силовыя линіи обѣихъ токовъ имѣютъ одинаковое направленіе и они пересекаются внутри  $OO_1$ , такимъ образомъ, что стремятся взаимно ослабить другъ друга, между тѣмъ какъ внѣ  $OO_1$ , они взаимно усиливаютъ. Поэтому вслѣдствіе ослабленія внутри, а также вслѣдствіе усиленія извнѣ, должна возникнуть сила, которая до тѣхъ поръ сближаетъ обѣ спирали, пока ихъ силовыя линіи не совпадутъ.

Если послѣ этого направленіе тока будетъ переменно на обратное, то силовыя линіи пройдутъ около  $O_1$  въ противоположномъ направленіи т. е. слѣва на право; въ этомъ случаѣ усиливаются силовыя линіи между  $O$  и  $O_1$ , а внѣ ихъ силовыя линіи взаимно ослабляются, результатомъ этого является взаимное отталкиваніе обѣихъ спиралей.

Электродвигатели, построенные на основаніи принциповъ динамомашинъ, даютъ лучшіе результаты, чѣмъ вышеописанные гальваномоторы. См. динамоэлектрическіе двигатели ниже.

## ГЛАВА XIV.

### Магнитоэлектрическія и динамоэлектрическія машины.

Магнитоэлектрической машиной называется такая машина, которая приводится въ дѣйствіе механическимъ двигателемъ и подъ вліяніемъ магнитовъ производитъ электрической токъ; она такимъ образомъ есть обращенный электродвигатель. Подобная производящая токъ машина состоитъ изъ двухъ существенныхъ частей: 1) изъ системы проводовъ, вращающихся въ магнитномъ полѣ и притомъ такъ расположенныхъ, что токи, въ ней развивающіеся, можно собирать посредствомъ коммутатора и щетокъ; 2) изъ магнитнаго поля, которое вызывается стальными магнитами или электромагнитами N и S. Полюса N и S имѣютъ цилиндрическія выточенные углубленія, внутри которыхъ и вращается система проводовъ, называемая якоремъ или арматурой. (См. рис. 332).

Если магнитное поле машины получается отъ стальныхъ магнитовъ, то производительность машины зависитъ отъ величины этихъ магнитовъ и отъ ихъ магнитнаго момента. Важнѣйшую часть машины составляетъ все-таки вращающійся въ магнитномъ полѣ якорь, на устройство котораго и надо обратить особенное вниманіе.

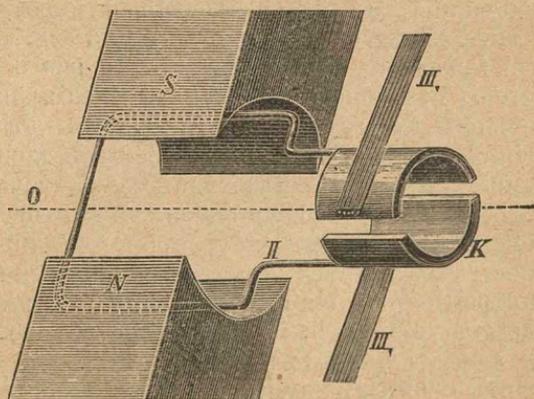


рис. 332

на устройство котораго и надо обратить особенное вниманіе.

Въ поясненіе напомнимъ, что, если магнитный стержень находится въ пространствѣ равномернаго магнитнаго поля, напр. въ магнитномъ полѣ земли, и расположенъ перпендикулярно къ силовымъ линіямъ, т. е по направленію востоко-западъ, то этотъ стержень будетъ повернутъ около своей оси; сила, обуславливающая это вращеніе называется его магнитнымъ моментомъ и равна произведенію изъ величины силы магнитнаго поля на полюсную силу магнита, умноженную на разстояніе полюсовъ магнита отъ его оси вращенія. Сравни съ тангенсъ-буссолью.

### Двойной Т-образный якорь.

Якорь, изображенный на рис. 333, былъ названъ самимъ его

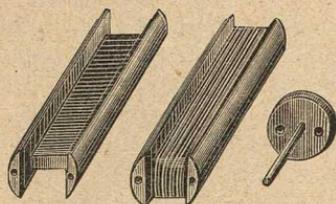


рис. 333.

изобрѣтателемъ Сименсомъ по его виду двойнымъ Т-образнымъ якоремъ. Этотъ якорь долженъ быть сдѣланъ изъ очень мягкаго желѣза. Можно конечно его и отлить, но лучше сдѣлать якорь изъ ковannaго желѣза. Изготовленіе якоря требуетъ конечно терпѣнія и ловкости; но оба эти качества должны быть пріобрѣтены практическимъ электрикомъ, если онъ же-

лаетъ получить удовлетворительные результаты. Берутъ брусокъ круглаго желѣза діаметромъ въ 3 см. и 15 см. длиною. Этотъ кусокъ желѣза обрабатываютъ грубымъ напилькомъ по длинѣ такъ, чтобы образовались два углубленія шириною въ 2 см. Толщина стѣнки между обѣими выемками должна быть отъ 8 до 10 мм. На такую глубину опиляютъ и концы бруска и затѣмъ закругляютъ края. На Т-образныхъ оконечностяхъ высверливаютъ по 2 отверстія и снабжаютъ ихъ винтовой рѣзкой для того, чтобы послѣ намотки на якорь проволоки можно было прикрѣпить къ оконечностямъ круглыя латунныя пластины толщиной въ 3 мм. и діаметромъ въ 3 см. Въ середину этихъ латунныхъ кружковъ ввинчиваютъ и припаиваютъ по такому же штифту толщиной въ 6—7 мм. и длиною сантиметровъ въ пять. Эти круглыя штифты должны служить осями вращенія для цилиндра.

Можно цилиндръ для якоря изготовить также и иначе; а именно берутъ кусокъ плоскаго желѣза толщиной отъ 8—10 мм. и шириною въ 2 см. Къ нему привинчиваютъ двѣ соотвѣтствующей длины полоски изъ полукруглаго желѣза въ 1 см. толщиной и 3 см. шириною.

При хорошемъ выполненіи этотъ способъ требуетъ не меньшей работы, чѣмъ предъидущій. Такимъ образомъ приготовленный цилиндръ тщательно прокаливается; затѣмъ окалина счищается съ него при помощи наждачной бумаги, послѣ чего цилиндръ покрываютъ растворомъ шеллака.

На заводахъ якоря для небольшихъ динамомашинъ, питающихъ нѣсколько 4 и 8 свѣчныхъ лампочекъ, изготовляются изъ штампованнаго листоваго желѣза. Эти пластины имѣютъ толщину отъ  $\frac{1}{2}$  до  $\frac{3}{4}$  мм., ихъ хорошо прокалываютъ, очищаютъ отъ окалины, затѣмъ ихъ собираютъ такимъ образомъ, что между каждыми двумя пластинами находится прокладка изъ пролакированной бумаги тѣхъ же размѣровъ, какъ и сами пластины. Всѣ пластины стягиваются затѣмъ сквозными болтами съ гайками. Преимущества этого болѣе труднаго способа изготовленія якорей будутъ изложены нами при описаніи устройства якорей динамомашинъ.

На рис. 334 изображена якорная пластина въ натуральную величину для предлагаемой нами магнито-электрической машины.

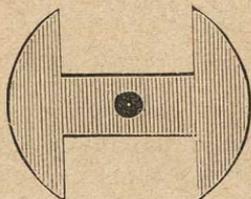


рис. 334.

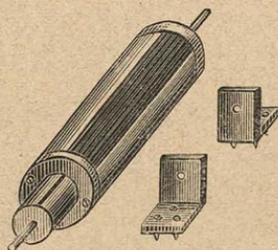


рис. 335.

Проволока обмотки якоря укладывается отъ руки возможно параллельно по длинѣ якорныхъ углубленій. Само собой разумѣется, что обмотка должна производиться въ одномъ и томъ же направленіи. Обматываніе продолжаютъ до тѣхъ поръ, пока не получится полный цилиндръ опять діаметромъ въ 3 см. (рис. 335).

Если желаютъ имѣть машину, дающую много вольтъ или *высокое напряженіе*, то надо взять для обмотки тонкую, шелкомъ обмотанную, мѣдную проволоку діаметромъ отъ 0,2 до 0,3 мм. Если же желаютъ получить больше *амперъ* т. е. *сильный токъ*, то для обмотки берутъ проволоку діаметромъ отъ 0,6 до 1 мм.

Послѣ окончанія обмотки привинчиваютъ къ обѣимъ оконечностямъ вышеупомянутыя латунныя дощечки и на одну изъ осей припаиваютъ шкивъ діаметромъ отъ 3 до 4 см. для передачи вра-

щенія шнуромъ. На другую ось, къ которой выходятъ концы проволокъ обмотки, насаживаютъ коммутаторъ, различно устроенный. смотря по тому желаютъ ли имѣть токъ переменный или постоянный.

а. для полученія переменнаго тока—мѣдное или латунное кольцо, которое должно быть изолировано отъ штифта (оси) посредствомъ прокладки изъ лакированной бумаги или же деревяннымъ кольцомъ

б. для полученія постояннаго тока—два мѣдныхъ или латунныхъ полу-кольца, которые привинчиваются къ деревянному цилиндру, насаженному на ось. (При этомъ надо наблюдать за тѣмъ, чтобы винты отнюдь не касались оси (см. рис. 335 и 336). Для этого на деревянное кольцо насаживаютъ полное мѣдное и затѣмъ распиливаютъ оба вмѣстѣ диаметрально по длинѣ и лучше нѣсколько вкось.

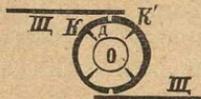


рис. 336.

Въ первомъ случаѣ (переменный токъ) припаиваютъ одинъ конецъ проволоки обмотки къ оси якоря, а другой конецъ къ кольцу. Во второмъ случаѣ (постоянный токъ) припаиваютъ концы проволоки къ обѣимъ половинамъ кольца коммутатора или коллектора. Концы проволоки должны быть протянуты черезъ отверстія въ конечномъ дискѣ якоря и изолированы отъ него.

Готовый якорь прикрѣпляютъ наконецъ къ доскѣ длиною въ 30 см. и шириною въ 20 см. Оси якоря упираются въ двѣ стойки высотой въ 3 см. Каждая стойка состоитъ изъ латунной полоски отъ 2 до 3 мм. толщиной и шириною въ 2 см., каждая полоска изогнута подъ прямымъ угломъ и прикрѣплена тремя шурупами къ доскѣ основанія (см. рис. 337).

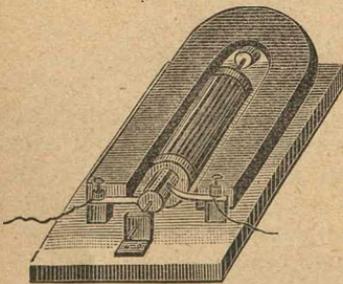


рис. 337.

Если на одну изъ осей насажено лишь сплошное кольцо, то одинъ изъ зажимовъ соединяется съ передней стойкой, а къ другому зажиму прикрѣпляется твердая латунная или мѣдная пружина, которая скользитъ по металлическому кольцу; при этомъ устройствѣ получается переменный токъ.

Если же на концѣ оси укрѣплена коммутаторъ (коллекторъ), состоящій изъ двухъ полуколецъ, то по обѣ стороны коммутатора приклеиваютъ двѣ деревянныхъ стойки и къ нимъ привинчиваютъ посредствомъ зажимовъ двѣ пружины или щетки, предназначенныя для собиранія тока. Одна изъ деревянныхъ

стоекъ должна быть выше другой на толщину коллектора. Приборъ въ такомъ видѣ даетъ постоянный токъ.

Остается теперь только укрѣпить около якоря стальной магнитъ или систему таковыхъ для того, чтобы образовать магнитное поле. Размѣры этого магнита слѣдующіе: толщина 1 см., длина отъ 20 до 25 см., ширина 10 см. (толщина якоря (3 см.) включена въ эту величину). Плечи магнита должны быть точно параллельны другъ относительно друга и быть возможно близко къ якорю. Чтобы середина магнита соответствовала серединѣ якоря, помѣщаютъ якорь на деревянные подкладки, а для избѣжанія передвиженія магнита въ ту или другую сторону его укрѣпляютъ при помощи деревяннаго бруска. Въ этомъ деревянномъ брускѣ продѣлываютъ углубленія, которыми и обхватываютъ плечи магнита; брусокъ прикрѣпляется къ доскѣ основанія при помощи длинныхъ мѣдныхъ винтовъ.

### Магнитоэлектрическая машина и двигатель съ двойнымъ Т-образнымъ якоремъ по системѣ Трувэ.

Длина подковообразнаго магнита отъ полюсныхъ оконечностей до вершины дуги 145 мм. Внутреннее разстояніе между плечами равно 33 мм. Толщина всѣхъ пластинъ магнита равна 25 мм. Диаметръ якоря — 32 мм.; его длина 60 мм. Всѣ магнитовъ 1,7 килограмма. Всѣ всего прибора равенъ 2,85 килогр. Количество работы, развиваемой въ 1 секунду при пользованіи приборомъ какъ двигателемъ равно

	0,04	0,20	0,45	0,75	1,4	1,8	килограмма
при	1	2	3	4	5	8	элементахъ Бунзена.

*Замѣчанія относительно устройства и работы двойнаго Т-образнаго якоря.* Для успѣшной работы магнито-электрической машины имѣть большое значеніе форма якоря. Если губы якоря (закругленные части) нѣсколько малы, такъ что они не заполняютъ пространство между полюсами стальныхъ магнитовъ, то намагничиваніе сердечника якоря измѣняется скачками. Начиная съ нейтральнаго положенія одна изъ губъ якоря при вращеніи сперва постепенно теряетъ свой магнитизмъ, затѣмъ при положеніи перпендикулярномъ предыдущему остается одно мгновеніе вполнѣ размагниченной, чтобы вслѣдъ за этимъ приобрести южный магнитизмъ, пройти другую нейтральную линію, потерять южный магнитизмъ, опять остаться одинъ моментъ размагниченной, а затѣмъ, возвратясь въ первоначальное положеніе, приобрести опять сѣверный магнитизмъ.

Противоположность такому якорю составляетъ другой, у котораго губы такъ широки, что онѣ при горизонтальномъ положеніи простираются отъ одного полюса стального магнита до другаго. Въ такомъ случаѣ губа якоря никогда не можетъ вполнѣ размагнититься, но въ крайнемъ ея положеніи одна половина будетъ имѣть южную а другая сѣверную полярность. Намагничиваніе измѣняется непрерывно и медленно. Въ обоихъ случаяхъ приборы не годятся для приведенія въ дѣйствіе звонковъ, но они могутъ производить большое количество электрическаго тока.

Надлежащая форма якоря и подходящее качество желѣза имѣютъ большое вліяніе на форму кривой тока; какъ то, такъ и другое опредѣляется путемъ опыта. Сильные магниты и очень мягкое желѣзо составляютъ необходимыя условія. Кромѣ того якорь долженъ вполнѣ точно заполнять то пространство, которое образовано башмаками магнитовъ (полюсными насадками, т. е. такими кусками желѣза, которые навинчены на полюса магнита и цилиндрически высверлены, см. рис. 332).

#### Нѣкоторые опыты съ магнитоэлектрическими машинами.

1) Если обмотка якоря состоитъ изъ толстой проволоки и ось его снабжена коллекторомъ, то подобная машина можетъ при быстромъ вращеніи якоря дать токъ, равный току 3—4 элементовъ, и замѣнить слѣдовательно такое же количество элементовъ при гальванопластическихъ или гальваностегическихъ работахъ.

2) При толстой обмоткѣ магнито-электрическая машина можетъ служить и двигателемъ и тѣмъ оказывать существенныя услуги, напр. приводить въ движеніе швейную машину или другой подходящій приборъ. Для этого надо черезъ обмотку якоря пропускать токъ отъ какой нибудь батареи элементовъ или аккумуляторовъ. Примѣненіе магнитоэлектрическаго двигателя еще важнѣе тамъ, гдѣ можно имѣть токъ отъ центральной станціи.

3) Если обмотка якоря состоитъ изъ тонкой хорошо изолированной и пролакированной проволоки и на оси нѣтъ коллектора, то при вращеніи машины даже отъ руки можно ощущать подергиванье мускуловъ, прикасаясь влажными пальцами другой руки къ зажимамъ. Эти подергиванія подобны тѣмъ, которыя получаютъ при разрядѣ Лейденской банки или же при прикосновеніи къ проводамъ вторичной обмотки Румкорфовой спирали.

4) Въ послѣднемъ случаѣ мы имѣемъ дѣло съ магнитоэлектрической машиной, дающей *переменный токъ*. Эти переменные токи

высокаго напряженія годны для передачи сигналовъ на большія разстоянія. Для переменныхъ токовъ употребляютъ звонковые приборы, снабженные якорями изъ стальныхъ магнитовъ. Если стальной магнитный стержень ввести между плечами электромагнита такимъ образомъ, чтобы онъ могъ между ними вращаться, то при пропусканіи гальваническаго тока черезъ обмотку электромагнитовъ стальной магнитъ будетъ притянутъ однимъ полюсомъ и оттолкнутъ другимъ. Если направление тока переменить, то стальной магнитъ будетъ отталкиваться тѣмъ полюсомъ электромагнита, который только что его притягивалъ, и притянутъ другимъ — отталкивавшимъ его. Электромагниты, снабженные подобными стальными магнитными якорями называются *поляризованными электромагнитами для переменныхъ токовъ*. На рис. 338 изображенъ звонковый приборъ, предназначенный для дѣйствія переменнымъ токомъ. Стальной магнитъ загнутъ подъ прямымъ угломъ и та часть его, которая виситъ перпендикулярно, расширена; горизонтальная часть магнита вращается между двумя остріями, которыя упираются въ углубленія, сдѣланные въ узкихъ сторонахъ магнита. Вертикальная часть подвѣшена передъ полюсомъ большаго электромагнита, котораго обмотка состоитъ изъ проволоки діаметромъ въ 0,3 мм.

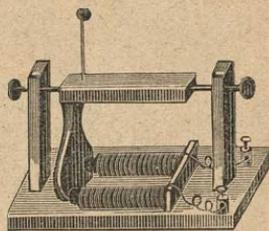


рис. 338.

Переменные токи, проходящіе черезъ обмотку электромагнитовъ, побуждаютъ якорь отклоняться то въ ту, то въ другую сторону, а вмѣстѣ съ якоремъ колеблется одновременно и вращенный въ него молоточекъ; онъ качается между двумя звонками, укрепленными къ перекладинѣ, поддерживаемой столбикомъ, который не изображенъ на рисункѣ. Масштабъ  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ .

5) — На рис. 339 изображенъ звонковый приборъ съ *поляризованными электромагнитами для переменныхъ токовъ*. Если обыкновенный электромагнитъ (двулучный) укрепить на одномъ изъ полюсовъ стального магнита, то оба полюса электромагнита будутъ одноименны т. е., напримѣръ если электромагнитъ прикрѣпленъ къ сѣверному полюсу стального магнита, то оба его полюса будутъ тоже сѣверными. Если между этими сѣверными полюсами электромагнита колеблется намагниченный якорь со своимъ южнымъ полюсомъ, то онъ будетъ притягиваться одновременно обоими вѣтвями электромагнита, но наклонится къ той, къ которой онъ будетъ находится ближе. Если при этомъ пропустить токъ черезъ обмотку электромагнита, то въ одномъ изъ его сердечниковъ сѣверный маг-

нитизмъ будетъ ослабленъ, а въ другомъ—усиленъ. Если якорь уже прилегаетъ къ тому сердечнику, котораго магнитизмъ усилился, то якорь останется неподвиженъ; если же онъ прикасается къ другому сердечнику, то якорь будетъ передвинутъ по направленію къ болѣе сильно намагниченному сердечнику. Если черезъ такимъ образомъ *поляризованный электромагнитъ* пропустить переменный токъ, то онъ приведетъ якорь въ поперебнное движеніе. Обыкновенно въ такихъ случаяхъ укрѣпляютъ якорь ко второму магнитному полюсу.

На рис. 339 и 340 изображенъ звонокый приборъ въ  $\frac{1}{2}$  на-

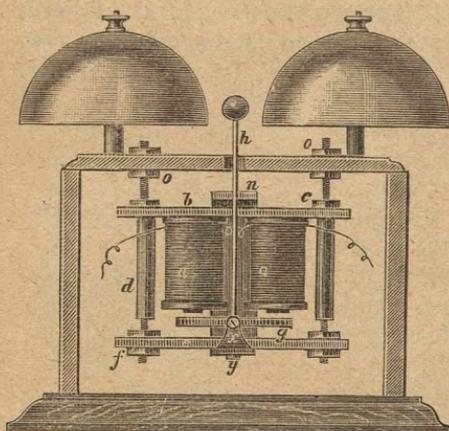


рис. 339.

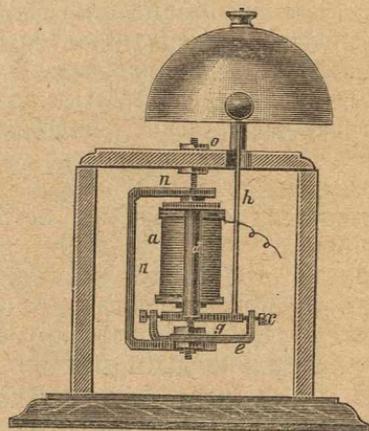


рис. 340.

туральной величины и при томъ на рис. 339 въ продольномъ разрѣзѣ, а на рис. 340—въ поперечномъ; *aa* катушки электромагнита, котораго сердечники вклепаны въ ярмо *b*. Это ярмо укрѣплено при помощи двухъ винтовъ *cc* къ мѣднымъ проволокамъ *dd*, которыхъ нижніе концы соединены посредствомъ винтовъ *ff* съ латунной пластинкой *ee*. Къ якорю *g* изъ мягкаго желѣза прикрѣпленъ молоточекъ *h*; якорь *g* свободно вращается между остріями винтовъ *xx*. Сѣверный полюсъ стального магнита *n* привинченъ къ ярму электромагнита *b*, а южный полюсъ—привинченъ къ пластинкѣ *e*. Вся совокупность магнитовъ съ ихъ якорями привинчивается посредствомъ винтовъ *oo* къ верхней деревянной доскѣ особенной рамы, на которой укрѣплены также и два звонка. При этомъ молоточекъ *h* колеблется между этими звонками.

Если по обмоткамъ *aa* протекаетъ токъ, то онъ ослабляетъ магнитизмъ одного полюса и усиливаетъ магнитизмъ другого, такъ

что якорь съ одной стороны притягивается, а съ другой отталкивается: въ слѣдующій затѣмъ моментъ источникъ тока посылаетъ токъ въ *aa* въ противоположномъ направленіи, полярность электромагнита измѣняется, а вмѣстѣ съ нею измѣняется также и притяженіе якоря.

При устройствѣ подобнаго звонковаго прибора прежде всего изготовляютъ электромагнитъ, затѣмъ обтачиваются латунныя поддержки *dd*, которыя на концахъ снабжаются винтовой рѣзью. На рис. 341 изображена пластинка *g* въ планѣ и въ разрѣзѣ. Стальной магнитъ *m* изготовляется изъ стальной полосы толщиною въ 3 мм. и шириною въ 30 мм. Придавъ этому магниту соответствующую форму и просверливъ въ немъ отверстіе, подвергаютъ его закалкѣ. Закалываніе лучше всего производить вечеромъ, такъ какъ тогда можно удобно замѣтить надлежущую красноту отжига. Для обмотки электромагнита берутъ очень тонкую проволоку, напр., 0,15 до 0,2 мм. въ діаметрѣ, такъ какъ переменные токи, которые будутъ черезъ нее проходить, обладаютъ высокимъ напряженіемъ, но небольшой силой. Послѣ окончанія обмотки погружаютъ катушки въ расплавленный парафинъ.

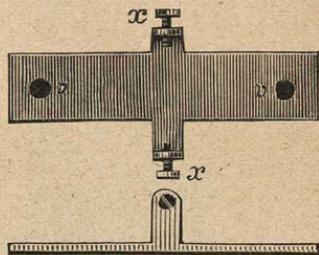


рис. 341.

Двойной Т—образный якорь въ соединеніи съ электромагнитомъ. Динамомашина.

Если въ вышеописанной магнитоэлектрической машинѣ замѣнить стальной магнитъ такимъ электромагнитомъ, у котораго полюсныя насадки (башмаки) имѣютъ выточенные цилиндрическія углубленія, такъ что якорь можетъ вращаться въ пространствѣ ими образуемомъ, при этомъ пропустить черезъ обмотку электромагнита сильный токъ отъ какой нибудь батареи, и въ то же время приводить въ быстрое вращеніе якорь, то можно получить отъ якоря гораздо болѣе сильный токъ, чѣмъ при употребленіи стальныхъ магнитовъ. Якорные токи усиливаются по мѣрѣ усиленія магнитнаго поля; но и въ этомъ случаѣ мы все таки имѣемъ еще дѣло съ магнитоэлектрической машиной (см. рис. 342).

Эту машину можно однако преобразовать въ динамо-машину, т. е. въ такую машину, электромагниты которой возбуждаются то-

комъ якоря или частью его тока. Если весь токъ якоря пропустить черезъ обмотку электромагнитовъ (индуктора) и черезъ внѣшнюю цѣпь, то такая машина носить названіе машины съ *последовательнымъ возбужденіемъ* (см. рис. 343). Этотъ типъ машинъ весьма экономиченъ, но способенъ лишь къ сравнительно небольшому числу примѣненій; въ особенности этотъ типъ пригоденъ для освѣщенія дуговыми лампами. Индукторы обмотаны толстой проволокой съ незначительнымъ сопротивленіемъ.

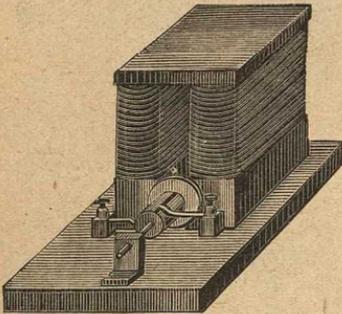


рис. 342.

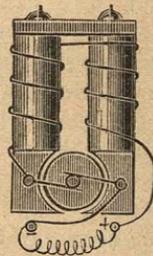


рис. 343.

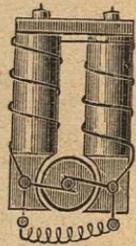


рис. 344.

Если часть тока, получаемого отъ якоря, направить въ обмотку индуктора, а другую часть черезъ щетки во внѣшнюю цѣпь, то получается машина съ *отвѣтвленіемъ* или иначе — *шесть-машина* (см. рис. 344). Сопротивленіе обмотки индуктора рассчитано такъ, что только вполнѣ опредѣленная часть (напр. 5%) всего тока отвѣтвляется въ эту обмотку. Подобныя машины преимущественно употребляются для освѣщенія лампами накаливанія, для заряженія аккумуляторовъ, для гальванопластики, гальваностегіи, телеграфіи и для медицинскихъ цѣлей.

Возбужденіе электромагнитовъ посредствомъ тока, пропускаемаго по двумъ обмоткамъ индуктора, представляетъ соединеніе двухъ первыхъ системъ. Одна изъ обмотокъ индуктора состоитъ изъ тонкой и длинной проволоки и соединена съ обѣими щетками; другая обмотка, лежащая надъ или подъ первой, состоитъ изъ короткой и толстой проволоки и включена въ главную цѣпь. Такія машины называются *компаундъ-машинами* или машинами «*со смѣшанной обмоткой*» (см. рис. 345). Эти машины даютъ возможность согласовать количество электрической энергіи, даваемое машиной, съ потребленіемъ

энергии во внешней цепи, но за то обмотка ее индукторов весьма сложна. Легче всего рассчитать конструкцию машины с отвлечением (шенть-машины). Поэтому мы и помещаем ниже указания для устройства таковой.

### Кольцевой якорь Модель динамомашины.

Двойной Т-образный якорь удержался при устройствѣ магнито-электрическихъ машинъ со стальными магнитами. Для постройки динамо-машинъ этотъ якорь былъ замѣненъ другимъ—*кольцевымъ*. Дѣйствіе такого кольцевого якоря можно проще всего изучить на легко изготовляемой *модели* (см. рис. 346).

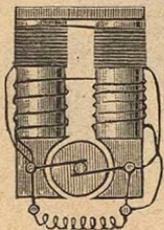


рис. 345.

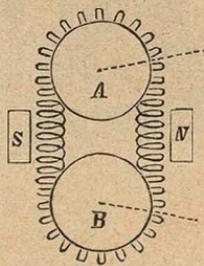


рис. 346.

Берутъ два желѣзныхъ шкива А и В, которые снабжены по окружности полукруглыми желобами; эти шкивы укрѣпляются на деревянной доскѣ на нѣкоторомъ разстояніи другъ отъ друга. Оба шкива должны вращаться на своихъ осяхъ А и В. Желѣзная безконечная спираль перекинута черезъ желоба обоихъ шкивовъ. Если къ одному изъ шкивовъ придѣлать рукоятку, напр. изъ толстой проволоки, то можно приводить этотъ шкивъ въ движеніе. Между обоими шкивами устанавливаютъ подковообразный магнитъ. Если затѣмъ привести въ движеніе одинъ шкивъ, то начнетъ вращаться и другой, а также и безконечная спираль; соединивъ шкивы проводами съ гальванометромъ можно замѣтить существованіе слабого тока. Если шкивы соединить съ полюсами гальванической батареи, то все устройство приходитъ во вращеніе. Въ обоихъ случаяхъ шкивы дѣйствуютъ какъ щетки; въ первомъ случаѣ устройство дѣйствуетъ, какъ магнитоэлектрическая машина, а во второмъ—какъ электродвигатель.

Теперь мы опишем другую модель, которая предназначена собственно не для производства сильного тока, но скорѣе для возможной наглядности и можетъ служить какъ производителемъ тока, такъ и двигателемъ.

На рис. 347 видно, что между двумя полюсами электромагнита,

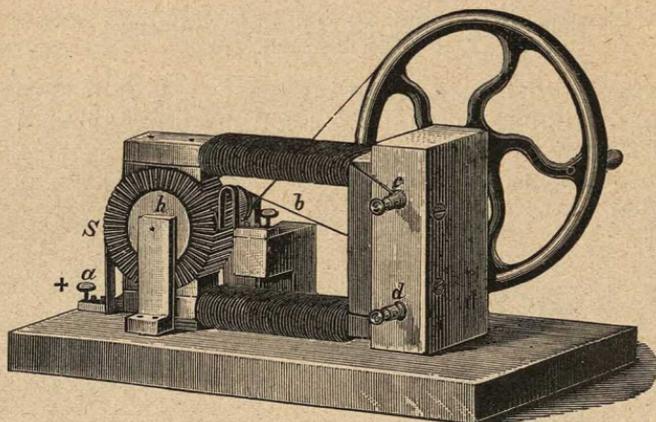


рис. 347.

котораго плоскія плечи снабжены цилиндрически выточенными насадками, помѣщено кольцо; основа его намотана изъ мягкой желѣзной проволоки; это основа покрыта изолирующей оболочкой изъ пролакированной шелковой матеріи, и затѣмъ такимъ образомъ обмотана *голой* мѣдной проволокой, что отдѣльные ея обороты расположены другъ отъ друга на нѣкоторомъ разстояніи и образуютъ нѣчто въ родѣ винтовой круговой рѣзьбы. Кольцо насаживается на деревянный или рогового каучука цилиндръ со стальной осью. Къ цилиндру кольцо прикрѣпляется посредствомъ шеллака. Осъ цилиндра опирается на деревянные стойки и съ одной стороны (сзади) на нее насаженъ небольшой шкивъ съ желобомъ для приводнаго шнура. Съ лѣвой и съ правой стороны кольца (якоря) расположены контактные пружины, которыя прикрѣплены къ зажимамъ *a* и *b*. Эти пружины скользятъ по мѣдной обмоткѣ кольца. Зажимы *a* и *b* устроены такъ, что ихъ можно нѣсколько передвигать для того, чтобы можно было регулировать нажатіе пружинъ на кольцо.

Если черезъ зажимы *a* и *b* пропустить токъ, то онъ раздѣлится на двѣ равныя части въ обѣ половины обмотки кольцевого якоря, такъ что его желѣзный сердечникъ преобразится въ двойной электро-

магнитъ (см. рис. 368), котораго одноименные полюса лежатъ вмѣстѣ въ одной и той же горизонтальной плоскости, проходящей черезъ ось якоря. При намоткѣ мѣдной проволоки на кольцо якоря правымъ винтовымъ ходомъ мѣсто вхожденія тока обращается въ южный полюсъ, а мѣсто выхожденія — въ сѣверный полюсъ. Если такимъ образомъ зажимъ *a* соединенъ съ положительнымъ, а зажимъ *b* — съ отрицательнымъ полюсомъ, то какъ верхняя, такъ и нижняя половина кольцеобразнаго якоря образуютъ электромагнитъ, у котораго южный полюсъ расположенъ влѣво, а сѣверный — вправо. Если кольцевой якорь приводить во вращеніе, то мѣста полюсовъ перемѣщаются въ желѣзномъ сердечникѣ якоря такъ, что они всегда остаются въ точкахъ прикосновенія контактныхъ пружинъ къ обмоткѣ якоря. Если вмѣсто зажима *b* соединить съ отрицательнымъ полюсомъ батареи зажимъ *d*, а зажимъ *b* и *c* соединить мѣдной проволокой, то верхнее плечо электромагнита представить сѣверный полюсъ, а нижнее — южный, такъ что верхній полюсъ будетъ притягивать влѣво лежащій двойной полюсъ якоря, а нижній полюсъ электромагнита будетъ притягивать вправо лежащій двойной полюсъ якоря, а влѣво лежащій отталкивать. Черезъ это кольцевой якорь придетъ во вращеніе вправо, если смотрѣть на него съ передней части прибора.

### Размѣры модели.

- 1) Деревянные стойки, къ которымъ прикрѣпленъ электромагнитъ, имѣютъ высоту въ 100 мм., ширину — 35 мм., толщину — 30 мм.
- 2) Маховикъ съ рукояткой, служащій для вращенія якоря, имѣетъ діаметръ въ 150 мм.
- 3) Шкивъ, насаженный на ось якоря, діаметромъ въ 30 мм.
- 4) Размѣры электромагнита: длина плечъ 150 мм., изъ которой на долю полюсныхъ насадокъ (башмаковъ) приходится 37 мм., ширина 30 мм., толщина 11 мм. Разстояніе между плечами (отъ верхняго до нижняго края) 90 мм.; проволока для обмотки 1,5 мм. толщиной и прокладывается въ 4 ряда. Ярмо толщиной въ 11 мм.
- 5) Общій діаметръ кольца — 62 мм.; діаметръ деревяннаго цилиндра 42 мм., толщина желѣзнаго сердечника — 33 мм., толщина мѣдной проволоки для обмотки 1 мм.; стальная ось имѣетъ діаметръ въ 9 мм.; высота стоекъ кольца и его оси равна 85 мм.
- 6) Доска основанія имѣетъ длину въ 220 мм., ширину въ 130 мм.

## Изготовление небольшой динамомашины.

*а. Устройство кольца якоря.* (рис. 348). На желѣзной оси вытачиваютъ деревянный цилиндръ діаметромъ въ 7 см. и въ 5 см. шириною; въ наружной поверхности этого цилиндра продѣлываютъ на равныхъ разстояніяхъ шесть продольныхъ желобковъ; къ обоимъ основаніямъ привинчиваютъ по деревянному кружку діаметромъ въ 10 см., такъ что получаютъ при этомъ углубленіе въ 5 см. шириною и въ  $1\frac{1}{2}$  см. глубиною. Послѣ этого въ боковыхъ кружкахъ дѣлаютъ прорѣзы, соответствующіе желобкамъ цилиндра.

Въ кольцеобразное углубленіе (см. рис. 349 и 350) наматываютъ

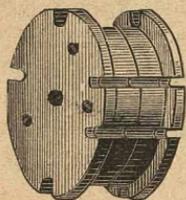


рис. 348.

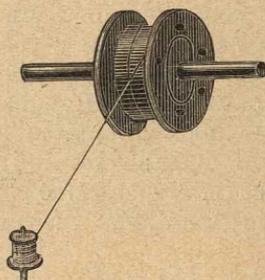


рис. 349.

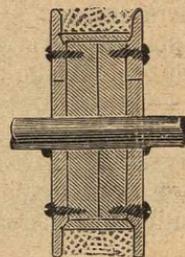


рис. 350.

очень равномерною мягкую желѣзную проволоку діаметромъ въ 1 мм. Эту проволоку передъ наматываніемъ лакируютъ, пропуская ее подъ роликомъ черезъ узкій сосудъ, наполненный расплавленнымъ асфальтомъ или шеллакомъ. Надо наложить этой проволоки на цилиндръ отъ 8 до 10 слоевъ. Послѣ окончанія намотки, полученное такимъ образомъ желѣзное кольцо скрѣпляется посредствомъ проволоки, которую продергиваютъ черезъ вышеупомянутые желобки и прорѣзы и обматываютъ около кольца. Затѣмъ удаляютъ боковые кружки и снимаютъ желѣзное кольцо съ деревяннаго цилиндра. Чтобы облегчить это снятіе, въ особенности — если желѣзное кольцо желаютъ сдѣлать шире, чѣмъ это указано, дѣлаютъ деревянный цилиндръ изъ двухъ частей (поперечно, а не продольно), которыя и свинчиваютъ вмѣстѣ. При обточкѣ дѣлаютъ обѣ половины цилиндра нѣсколько коническими къ серединѣ, т. е. къ плоскости ихъ соприкосновенія. Вмѣсто желѣзной проволоки можно употребить тонкую желѣзную ленту шириною въ 5 см., которую и наматываютъ на цилиндръ, изолируя при этомъ каждый оборотъ при помощи прокладокъ изъ тонкой бумаги.

Изготовленное такимъ образомъ желѣзное кольцо обматывается наконецъ шелковой лентой, при чемъ предварительно съ него снимаютъ постепенно ту проволоку, которая служила лишь для удержанія проволоки кольца на мѣстѣ. Шелковую ленту пропитываютъ вполне растворомъ шеллака для того, чтобы навѣрное предохранить мѣдную проволоку, которая затѣмъ будетъ намотана на кольцо, отъ прикосновенія съ желѣзнымъ кольцомъ. Если бы установилось сообщеніе (прикосновеніе) двухъ незащищенныхъ (голыхъ) металлическихъ поверхностей мѣдной и желѣзной проволоки, то токъ пошелъ бы въ такомъ случаѣ по линіи наименьшаго сопротивленія черезъ это мѣсто, а не по мѣдной проволокѣ, и мы имѣли бы *короткое замыканіе съ жорь*.

Кольцо, обмотанное лакированной лентой, раздѣляется на 6 равныхъ частей (рис. 351) и одно изъ отдѣленій зажимается между двумя узкими деревянными зажимами (рис. 352). Промежутокъ кольца, находящійся между обоими зажимами, обматывается изолированной проволокой, діаметромъ въ 0,8 мм. Наматывать надо туго, гладко и ровно, такъ чтобы обмотка вполне заполняла предназначенный для нее промежутокъ кольца. Когда одно отдѣленіе кольца обмотано, тогда конецъ проволоки оконченной обмотки и начало вновь начинаемой скручиваютъ вмѣстѣ на разстояніи 6 см., какъ это видно на рис. 351. Слѣдующее отдѣленіе наматывается также тщательно, какъ и предыдущее; въ особенности надо наблюдать за тѣмъ, чтобы обороты проволоки плотно прилегали другъ къ другу на внутренней сторонѣ кольца. Наматываніе проволоки на кольцо представляетъ весьма непріятную работу, которую можно однако облегчить тѣмъ, что для обмотки берутъ не всю проволоку сразу, но отвѣшиваютъ столько проволоки, сколько ея нужно для обмотки одного изъ отдѣленій кольца, при чемъ изъ предосторожности берутъ нѣсколько больше, чѣмъ нужно. Такимъ образомъ имѣютъ дѣло съ гораздо меньшимъ количествомъ проволоки и ея легче просовывать въ середину кольца. Два лица, изъ которыхъ одно занято постоянно лишь просовываніемъ пучка проволоки сквозь кольцо, а другое — выравниваніемъ оборотовъ проволоки на кольцѣ, приобрѣтутъ въ короткое время большую ловкость въ этой работѣ, которая пригодится при изготовленіи колецъ для трансформаторовъ. — Концы обмотокъ каж-



рис. 352.

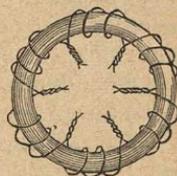


рис. 351.

даго отдѣленія кольца лежатъ всё по одну изъ сторонъ кольца, такъ какъ всё 6 отдѣленій должны быть намотаны въ одномъ и томъ же направленіи. Такимъ образомъ изготовленное и лакированное кольцо якоря укрѣпляется на деревянномъ цилиндрѣ (рис. 353), черезъ который проходитъ стальная или желѣзная ось діаметромъ въ 10 мм. Этотъ деревянный цилиндръ долженъ быть изготовленъ изъ сухого пролакированного букавого или яблочного дерева. Одна часть этого цилиндра обтачивается такимъ образомъ, что на нее можно надвинуть якорное кольцо и укрѣпить при помощи густаго раствора шеллака. Другая, болѣе тонкая, часть вытачивается съ діаметромъ въ 3 см. при длинѣ въ 4,5 см. На ней укрѣпляютъ съ помощью мѣдныхъ небольшихъ шуруповъ шесть мѣдныхъ изогнутыхъ полосокъ, длиною въ 5 см. и шириною въ  $1\frac{1}{2}$  см.; шурупы не должны касаться оси, а пластинки должны быть на разстояніи одна отъ другой въ 1 мм. Тѣ шурупы, которые расположены ближе къ якорному кольцу, служатъ также для соединенія отростковъ мѣдныхъ проволокъ обмотки кольца съ сегментами коллектора. Это соединеніе производится слѣдующимъ образомъ: отчищенный конецъ проволоки одного отдѣленія обмотки скручивается съ таковымъ же другого и затѣмъ обхватываетъ петлей головку шурупа, которая и прижимаетъ при послѣдующемъ завинчиваніи шурупа проволоку къ сегменту.

Желѣзный шкивъ, служащій для передачи движенія маховика оси якоря, имѣетъ діаметръ отъ 3 до 4 см. (см. рис. 353 и 354).

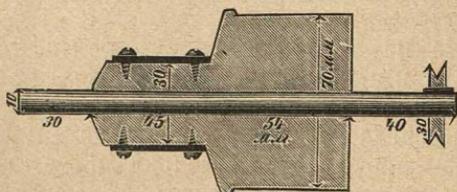


рис. 353.

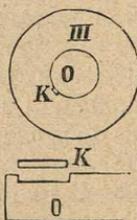


рис. 354.

Этотъ шкивъ укрѣпляется на оси якоря посредствомъ клина; еслибъ шкивъ былъ деревянный, то его пришлось бы или навинтить или же укрѣпить посредствомъ сургуча.

*в. Устройство электромагнита* (рис. 355). Магниты для большихъ динамомашинъ отливаются изъ чугуна, а для ручныхъ машинъ они изготовляются изъ мягкаго желѣза. Полюсныя насадки должны быть расположены возможно близко къ поверхности якоря, но все таки не прикасаться къ нему. Кузнecu, изготовляющему сер-

дечникъ электромагнита, не даютъ въ руки самый якорь, но замѣняютъ его деревяннымъ кольцомъ такого же діаметра. Желѣзо берутъ толщиною въ 2,5 см. шириною. Плечи имѣютъ длину 14 см. и удалены другъ отъ друга на 6 см. Края плечъ закругляются напилькомъ и самые плечи обклеиваются бумагой. На каждое плечо наматываютъ по 12 слоевъ мѣдной проволоки, которой діаметръ безъ изолировки равенъ 1 до 1,2 мм.; съ изолировкой изъ бумажныхъ нитокъ, пропитанныхъ парафиномъ, этотъ діаметръ доходитъ отъ 1,5 до 1,8 мм. Каждый послѣдующій слой обмотки имѣетъ нѣсколько оборотовъ меньше, чѣмъ предыдущій. Если принять все число оборотовъ равнымъ 706, а среднюю длину оборота равной 23 см., то на оба плеча потребуется около 420 метровъ проволоки.

*с. Стойки съ подшипниками.* Стойки для поддержанія оси, на которой вращается якорь, можно отлить изъ цинка; ихъ можно сдѣлать также изъ дерева, но при этомъ ось должна вращаться въ мѣдныхъ вкладышахъ, привинченныхъ къ отверстиямъ стоекъ. Высота отверстій для оси отъ доски основанія должна быть такова, чтобы якорь могъ свободно вращаться между полюсными насадками электромагнита. Съ этой цѣлью подъ эти послѣднія подкладываютъ полоски изъ латуни. Одна изъ стоекъ имѣетъ отверстіе въ 10 мм., соответствующее діаметру оси; другая стойка имѣетъ отверстіе большаго размѣра, такъ какъ съ этой стороны (съ лѣвой) ось вращается въ толстостѣнной латунной трубкѣ, которая и должна быть укрѣплена въ стойкѣ. Этотъ латунный патрубокъ прикрѣпляется къ стойкѣ посредствомъ винта (рис. 356). На ту часть этого патрубка, которая обращена въ сторону якорнаго кольца, насаживаютъ приспособленіе для щеткодержателей.

*д. Щеткодержатели* (рис. 357 и 358) имѣютъ общую поддержку изъ металла или дерева, длиною въ 8 см. и толщиною въ 1 см. Если эта поддержка сдѣлана изъ металла (рис. 357), то къ ней припаивается латунный патрубокъ, въ которомъ вращается якорная ось.

Если поддержка сдѣлана изъ дерева (рис. 358), то въ концевыя прорѣзы вклеиваютъ перпендикулярно два бруска, къ которымъ при

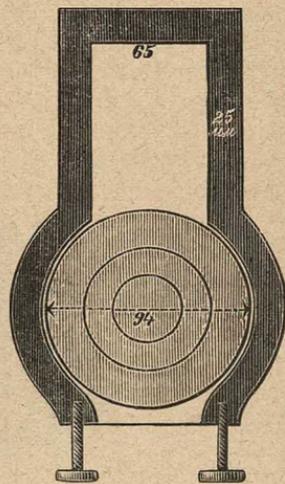


рис. 355.

помощи винтовъ прикрѣпляютъ двѣ латунныхъ пластинки  $m$  и  $m'$ . Между этими брусками и латунными пластинками зажимаютъ щетки.

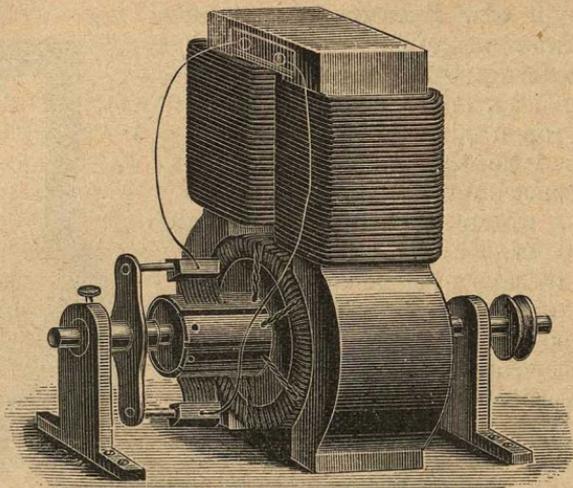


рис. 356.

Щетки изготовляются изъ пучка твердой латунной проволоки; на одномъ концѣ всѣ проволоки спаяны другъ съ другомъ, для чего ихъ помѣщаютъ въ соответствующую желѣзную рамку. Щетки

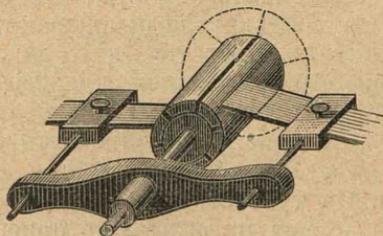


рис. 357.

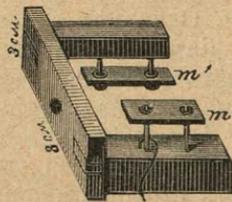


рис. 358 .

могутъ быть также сдѣланы изъ тонкихъ мѣдныхъ полосокъ, шириною въ 2 см., положенныхъ другъ на друга. Щетки изъ проволоки лучше прилегаютъ къ пластинкамъ коллектора, чѣмъ щетки изъ полосокъ. Коллекторъ надо поддерживать всегда въ чистотѣ при помощи наждачной или стеклянной бумаги. Если поверхность коллектора не чиста, то появляются въ изобиліи искры вслѣдствіе того,

что окись мѣди плохо проводитъ токъ; пластинки коллектора и щетки при этомъ горятъ и токъ ослабляется.

*е. Сборка (монтаж) динамомашины.* Уже при изготовленіи отдѣльныхъ частей динамо хорошо имѣть чертежи этихъ частей въ натуральную ихъ величину; для сборки частей динамо тоже лучше имѣть такой-же чертежъ.

Слѣдуетъ на доскѣ основанія точно намѣтить мѣста для плечъ электромагнита и для подставокъ подъ ось якоря. Въ особенности точно надо просверлить отверстія, такъ какъ въ деревѣ сверла легко отклоняются въ сторону. Поэтому надо сперва употребить болѣе тонкое сверло, а затѣмъ расширить отверстія или сверломъ большаго размѣра или же круглымъ напилкомъ.

Доска основанія должна быть массивна, длиною по меньшей мѣрѣ въ 20 см., при ширинѣ въ 18 см. На эту доску сперва навинчиваются электромагниты, затѣмъ якорь помѣщается между полюсными насадками, ставятся на мѣсто подставки для оси якоря и ихъ положеніе точно вывѣряется до прикрѣпленія посредствомъ винтовъ.

*Постановка щетокъ.* Щетки должны быть расположены почти горизонтально. Точная установка щетокъ производится такимъ образомъ: во время вращенія якоря до тѣхъ поръ передвигаютъ щеткодержатель, пока не будетъ достигнуто наименьшее количество искръ между щетками и коллекторомъ.

При плохомъ выполненіи разныхъ частей динамо и худой сборкѣ иногда на первый разъ вовсе не получаютъ ни искръ, ни тока. Щетки должны лишь слегка прилегать къ коллектору; сильно нажатые щетки нагрѣваются и увеличиваютъ искрообразование.

*г. Возбужденіе магнетизма въ электромагнитахъ.* Если сердечники электромагнита не имѣютъ хотя бы незначительнаго намагничиванія, образовавшагося подъ влияніемъ земнаго магнетизма, то надо пропустить черезъ ихъ обмотку въ теченіи нѣсколькихъ мгновеній токъ отъ нѣсколькихъ элементовъ. Тогда сердечники сохранятъ постоянное намагничиваніе. Если лѣвое плечо имѣетъ южный полюсъ, а правое плечо—сѣверный, то эти полюса не измѣнятся въ томъ случаѣ, если концы обмотки электромагнита соединить съ ближайшими щетками и при томъ вращать якорь налѣво по направленію обратному движенію часовой стрѣлки. Чтобы получить токъ во внѣшней цѣпи къ каждой щеткѣ привинчиваютъ по толстой проволоцѣ. Динамо-машина, такимъ образомъ построенная, будетъ *динамо съ отвѣтвленіемъ или шентъ-динамо*.

*д. Число оборотовъ якоря.* Напряженіе тока динамо-машины (или иначе—разность потенціаловъ у ея зажимовъ) возрастаетъ по мѣрѣ

увеличенія скорости вращенія якоря въ полѣ силовыхъ линій электромагнита. Для нашей машины число оборотовъ якоря должно быть отъ 2000 до 2400 въ минуту. Для сообщенія оси якоря этого числа оборотовъ, если не хотять устраивать промежуточной передачи, необходимо употребить большое маховое колесо съ безконечнымъ шнуромъ или ремнемъ. Если сдѣлать диаметръ махового колеса равнымъ 60 см. и дѣлать имъ два оборота въ секунду, то число вращеній оси якоря (при шкивѣ діаметромъ въ 3 см.) въ 1 секунду будетъ равно  $2 \times 20$ , а въ теченіи минуты  $2 \times 20 \times 60 = 2400$ . Смотря по величинѣ якоря число его оборотовъ въ минуту уменьшается и есть такія машины, якорь которыхъ дѣлаетъ въ минуту только 300 оборотовъ.

Кто обладаетъ достаточнымъ терпѣніемъ, тотъ можетъ, какъ мы уже это указали при обмоткѣ индукціонныхъ катушекъ, обмотать плечи электромагнита голой (не изолированной) проволокой. При этомъ только необходимо заботиться о тщательной изолировкѣ одного слоя отъ другого посредствомъ пролакированной бумаги. Что потеряется во времени, то будетъ выиграно въ уменьшеніи расходовъ.

### Динамо-машина Грамма.

*a.* Кольцевой якорь былъ впервые изобрѣтенъ итальянцемъ Пачинотти и затѣмъ самостоятельно бельгійцемъ Граммомъ въ Парижѣ; послѣдній въ тоже время придумалъ употребленіе коллектора и щетокъ. Динамо-машины съ кольцевымъ якоремъ, устроенныя по системѣ Грамма, называются динамо-машинами Грамма (см. рис. 359).

Допустимъ, что желаютъ изготовить динамо, дающую токъ, достаточный для зажиганія 5 лампочекъ накаливанія въ 16 свѣчей, которыя требуютъ каждая по 1 амперу при 50 вольтахъ. По закону ома имѣемъ  $50 \text{ V} \times 1 \text{ A} = 50 \text{ } \Omega$  сопротивленія; къ этому прибавимъ еще сопротивленіе проводовъ въ 1 омъ ( $\Omega$ ). Наибольшее сопротивленіе получимъ, когда во всей цѣпи будетъ зажжена только одна лампа, тогда все сопротивленіе будетъ равно 51 ому.

Если же включимъ всѣ лампы параллельно, то все сопротивленіе раздѣляется на 5 лампъ и будетъ равно только 10 омамъ; къ этому надо прибавить 1 омъ сопротивленія проводовъ, такъ что общее сопротивленіе будетъ равно 11 омамъ.

Въ первомъ случаѣ намъ надо имѣть токъ въ 1 амперъ при сопротивленіи въ 51 омъ, поэтому нужна электровозбудительная сила равная  $51 \times 1 = 51$  вольту, во второмъ случаѣ имѣемъ 11 омъ на

5 амперъ, т. е. 55 вольтъ. Такимъ образомъ мы нашли, что электро-возбудительная сила, нужная для питанія 5 лампочекъ, не превосходитъ въ данномъ случаѣ 55 вольтъ. Для полученія этихъ 55 вольтъ надо имѣть въ обмоткѣ якоря 55 метровъ дѣйствующей проволоки, такъ какъ на 1 метръ проволоки въ якорѣ надо считать примѣрно 1 вольтъ. Чтобы преодолѣть сопротивленіе въ самомъ якорѣ, а также для уравновѣшенія потери при возбужденіи электромагнитовъ, надо это число увеличить до 60. Сравните стр. 393.

Для тока силою въ 5 амперъ достаточна проволока съ поперечнымъ сѣченіемъ въ 0,95 кв. мм., или въ 1,1 мм. діаметромъ. На каждую пластинку коллектора небольшихъ динамомашинъ считаютъ отъ 2 до 3 вольтъ, поэтому обмотку кольца якоря дѣлаютъ изъ 24 частей или катушекъ, а на коллекторѣ ставятъ 24 пластинки или сегмента, т. е. по 12 между щетками.

Послѣ намотки этой проволоки на желѣзное кольцо якоря, діаметръ кольца будетъ примѣрно равенъ 13 см., при ширинѣ отъ 9 до 10 см. и толщинѣ отъ 2,5 до 3 см. При этихъ размѣрахъ дѣйствіе якоря будетъ удовлетвори-тельно.

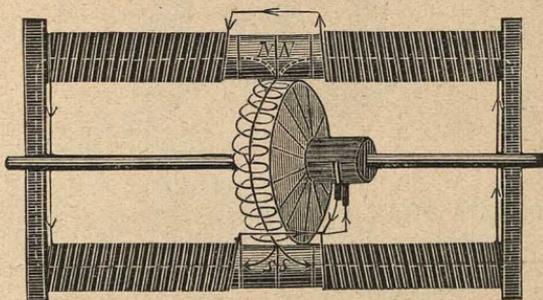


рис. 359.

Сопротивленіе обмотки подобнаго якоря равно 1 ому, если взята обыкновенная продажная проволока. При кольцевомъ якорѣ надо принимать сопротивленіе равнымъ лишь  $\frac{1}{4}$  вышеуказаннаго, такъ какъ токъ раздѣляется на 4 вѣтви. Поэтому сопротивленіе якоря принимаютъ равнымъ 0,25 ома (см. рис. 359 и 360).

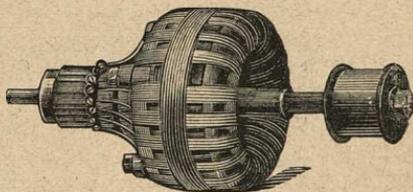


рис. 360.

Якорь, вышеупомянутыхъ размѣровъ, требуетъ примѣненія двухъ электромагнитовъ, которыхъ сердечники имѣютъ длину 30 см. и 5 см. въ діаметрѣ (см. рис. 361 и 362). Эти величины распределяются, сообразно съ формой магнитовъ, изображенныхъ на рис. 361, на четыре вѣтви. Поэтому каждая вѣтвь должна быть длиною въ 15 см. и діаметромъ въ 5 см. Эти части сердечниковъ электромагнитовъ надо обмотать изолированной проволокой.

Чтобы два магнитныхъ сердечника имѣли сѣверный и южный полюса, при двухъ вѣтвяхъ обмотки, расположенныхъ *въ серединѣ*, какъ это видно на рис. 359, надо обмотку намотать такъ, какъ это указано на томъ же рисункѣ. Отъ верхней лѣвой вѣтви при переходѣ на правую верхнюю же необходимо переменить направленіе обмотки, также надо поступить и при обмоткѣ нижнихъ вѣтвей.

На рис. 359 пунктирные линіи обозначаютъ такъ называемый *магнитный потокъ*. Отъ сѣвернаго полюса этотъ потокъ проникаетъ

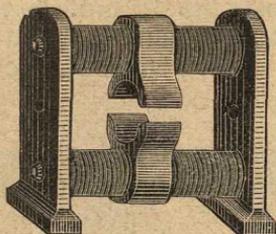


рис. 361.

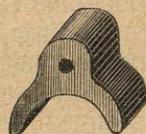


рис. 362.

въ желѣзный сердечникъ якоря и, раздѣлившись на двѣ вѣтви у южнаго полюса, проходитъ по нижнему сердечнику электромагнита, затѣмъ по обоимъ боковымъ придаткамъ въ верхній сердечникъ обратно къ сѣверному полюсу. Магнитный потокъ долженъ встрѣчать возможно меньшее сопротивленіе и потому дѣлаютъ сердечники и боковые придатки (ярмо) электромагнита изъ массивныхъ кусковъ желѣза; при этомъ плечи электромагнита дѣлаютъ возможно болѣе короткими, и свинчиваютъ самымъ тщательнымъ образомъ эти сердечники съ ихъ боковыми придатками.

Сопротивленіе обмотки электромагнитовъ въ шентъ-динамо съ кольцевымъ якоремъ должно быть въ 400 разъ больше сопротивленія самого якоря. Поэтому обмотку эту надо сдѣлать изъ проволоки, которой сопротивленіе равно  $400 \times 0,25 = 100$  омамъ. Кромѣ того толщина обмотки не должна, повятно, превышать радиуса сердечника. Проволока, удовлетворяющая такимъ условіямъ, имѣетъ діаметръ въ 0,65 мм. и вѣситъ отъ 6 до 7 килограммовъ. Если взять для обмотки проволоку въ 0,7 мм., то вѣсъ проволоки будетъ не менѣе 8 килограммовъ.

Предполагается, что для изготовленія сердечниковъ электромагнитовъ будетъ употреблено *самое хорошее и самое мягкое желѣзо*. Если взять желѣзо болѣе низкаго качества, въ особенности если взять чугуны, то приходится тѣмъ болѣе увеличить количество мѣд-

ной проволоки для обмотки электромагнитовъ и якоря, чѣмъ хуже взятое желѣзо.

*Полюсные придатки* (башмаки) должны возможно близко облегать (не менѣе  $\frac{2}{3}$ ) поверхность якоря, такъ какъ дѣйствіе полюсовъ электромагнита съ увеличеніемъ разстоянія быстро уменьшается. Кроме того необходимо установить сердечники электромагнитовъ на такомъ разстояніи, чтобы между ними проходили только тѣ силовыя линіи, которыя проходятъ черезъ желѣзный сердечникъ якоря.

Всѣ части динамо-машины должны быть легко доступны какъ для наблюденія, такъ и для разборки.

*б. Динамо съ внутренними полюсами* (рис. 363 и 364). Въ большихъ динамо-машинахъ индукторы состоятъ изъ 4 неподвижныхъ

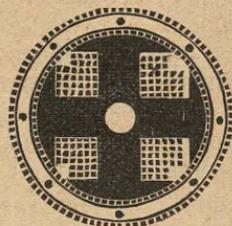


рис. 363.

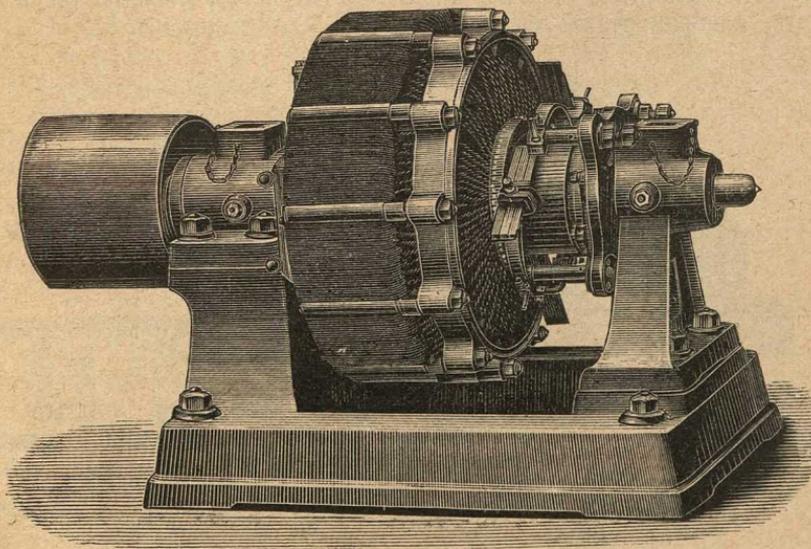


рис. 364.

сердечниковъ, обмотанныхъ проволокой и расположенныхъ по радіусамъ круга. Около этого креста изъ электромагнитовъ вращается кольцевой якорь, котораго желѣзный сердечникъ состоитъ изъ хорешо другъ отъ друга изолированныхъ желѣзныхъ пластинъ. Это

кольцо скрѣпляется посредствомъ 12 металлическихъ болтовъ. Число отдѣльныхъ катушекъ доходить до 96. Сообразно съ этимъ и коллекторъ состоитъ изъ 96 отдѣльныхъ металлическихъ частей, по которымъ скользятъ 4 щетки, такъ какъ имѣются 4 магнитныхъ полюса.

Это устройство имѣетъ за собой то преимущество, что электромагниты обладаютъ небольшимъ магнитнымъ сопротивленіемъ, что наружный кольцевой якорь допускаетъ сравнительно небольшое число оборотовъ, что нагреваніе машины незначительно и наконецъ—что всѣ части машины легко доступны.

### Коммутаторъ для ручной динамо.

Чтобы имѣть возможность при преподаваніи одну и ту же машину употреблять какъ машину съ *последовательнымъ* или же съ *побочнымъ* (отвѣтвленнымъ) возбужденіемъ, служить особаго рода коммутаторъ, изображенный на рис. 355 и 356. Масштабъ  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ .

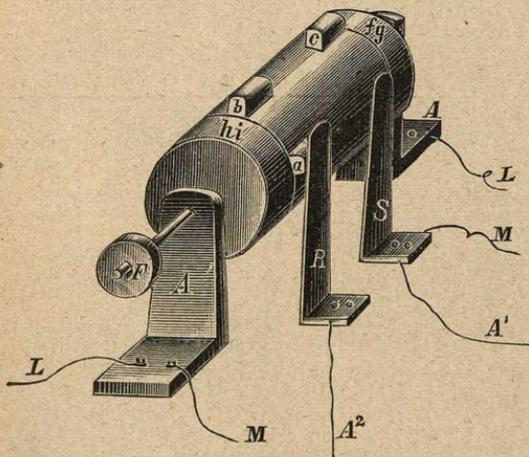


рис. 365.

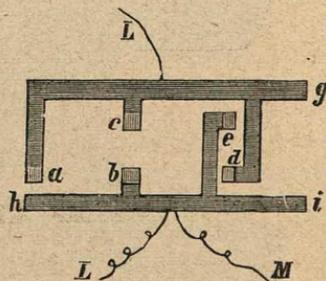


рис. 366.

На боковой поверхности цилиндра изъ дерева, каучука или мрамора, который вращается на оси между стойками А и А' посредствомъ ручки F (рис. 365), укрѣплены проводящія пластинки, изображенныя на рис. 366, такимъ образомъ, что *fg* соединено съ А', а *hi* соединено съ передней стойкой А; *a*, *b*, *c*, *d*—суть выступы,

которые при вращеніи цилиндра упираются въ пружины R и S. Простое поворачиваніе цилиндра можетъ произвести три различныхъ замыканія:

1) когда выступъ *a* нажимается на пружину R, при чемъ пружина S остается безъ контакта, тогда машина соединена послѣдовательно;

Когда выступъ *b* упирается въ R, а выступъ *c* упирается въ S, тогда имѣемъ отвѣтвленное (шентъ) соединеніе;

3) когда *d* нажимается на R, а *e* нажимается на S, тогда якорь отдѣленъ.

Можно контакты *d* и *e* отбросить и примѣнять приборъ только для послѣдовательнаго и отвѣтвленнаго соединеній.

### Автоматическій размыкатель тока для заряда аккумуляторовъ.

Если для заряда аккумуляторовъ служить динамо-машина, двигатель которой имѣетъ переменную скорость, то бываетъ необходимо между динамо-машиной и заряжаемой ею батареей аккумуляторовъ включать автоматическій размыкатель тока. Назначеніе такого прибора состоитъ въ томъ, чтобы предупредить возможность обратнаго разряженія аккумуляторовъ черезъ динамо-машину. Подобное разряженіе могло бы произойти въ томъ случаѣ, когда электровозбудительная сила динамо оказалась бы менѣе электровозбудительной силы аккумуляторовъ вслѣдствіе замедленнаго хода двигателя. Между разнообразными приборами, которые были придуманы съ цѣлью предупрежденія этого обратнаго теченія тока, который можетъ измѣнить полярность магнитовъ динамо, приборъ, придуманный авторомъ, принадлежитъ къ числу самыхъ простыхъ (рис. 367).

На желѣзный стержень A, длиною отъ 5 до 6 см. при толщинѣ въ 1 см., наматываютъ двѣ проволоки; одну короткую и толстую BB', которая соединяется съ одной стороны съ отрицательнымъ полюсомъ аккумуляторной батареи, а съ другой стороны погружена въ сосудъ со ртутью; другую проволоку наматываютъ тонкую и соединяютъ ее съ контактнымъ винтомъ *c* и съ положительнымъ полю-

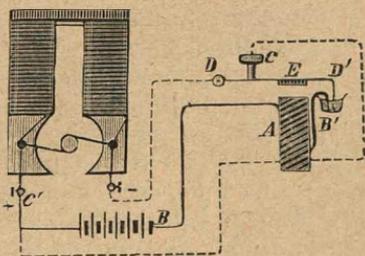


рис. 367.

сомъ батареи. DD' есть пружина, которая служитъ для удаленія якоря E изъ мягкаго желѣза отъ электромагнита A; при этомъ пружина DD' прижимается къ контактному винту C. Пружина DD' соединена проводомъ съ отрицательнымъ полюсомъ динамо-машины, которой положительной полюсъ соединенъ съ такимъ же полюсомъ батареи.

Приборъ дѣйствуетъ слѣдующимъ образомъ: при вращеніи динамо токъ идетъ прежде всего въ обмотку электромагнитовъ (индуктора); по мѣрѣ того какъ токъ усиливается, онъ начинаетъ проходить черезъ тонкую обмотку электромагнита A, намагничиваетъ при этомъ его стержень, который и притягиваетъ къ себѣ якорь E; вслѣдствіе этого прерывается контактъ въ с и тѣмъ размыкается токъ, проходящій по тонкой провололкѣ. Затѣмъ токъ проходитъ черезъ аккумуляторную батарею, черезъ толстую проволоку BB', ртутный сосудъ B', пружину DD' и возвращается обратно къ отрицательному полюсу динамо. Если теперь вращеніе машины на столько замедлится, что аккумуляторы не будутъ болѣе заряжаться, то наступитъ такой моментъ, когда токъ машины и токъ батареи будутъ уравниваться другъ друга, тогда прекратится намагничиваніе A, якорь E не будетъ болѣе притянутъ, пружина DD' отклонится назадъ, токъ черезъ сосудъ со ртутью прервется и наоборотъ замкнется токъ черезъ тонкую проволоку. Лишь только машина пріобрѣтетъ опять свою нормальную скорость вращенія—начнется вновь вышеописанное прохожденіе тока и дѣйствіе прибора.

### Энергія нѣкоторыхъ двигателей.

«Мощность» или по новѣйшему «Энергія»—вотъ названіе для мѣры произведенной работы. Человѣкъ, вращающій колесо, въ состояніи работать ежедневно въ теченіи 8 часовъ и развивать въ каждую секунду по 6 метръ-килограммовъ или 60 вольтъ-амперъ. Вольтъ-амперъ есть количество энергіи, которое развивается въ цѣпи, если въ 1 секунду по проводнику протекаетъ 1 амперъ, при чемъ на концахъ этого провода существуетъ разниця потенциаловъ, равная одному вольту: 1 вольтъ-амперъ развиваетъ въ 1 секунду 0,10105 метръ-килограммовъ или въ 1 минуту 6,0632 метръ-килограммовъ и равенъ  $\frac{1}{736}$  паровой лошадиной силы. Ломовая лошадь можетъ произвести въ 10 разъ большее количество работы чѣмъ человѣкъ, примѣрно около 600 вольтъ-амперовъ въ секунду. Для того, чтобы получить достижимыя на практикѣ количества электричества, надо вышеприведенныя числа уменьшить на 10—15%.

Модель динамо-электрическаго двигателя.

Если положить правую ладонь на спираль такимъ образомъ, что пальцы направлены по теченію тока, то отставленный большой палецъ указываетъ положеніе сѣвернаго полюса. Электромагнитъ на рис. 368 пріобрѣтеть полюса N и S, если положительный токъ течетъ по направленію, которое указано стрѣлками.

Если представить себѣ, что сердечникъ якоря разрѣзанъ по линіи перпендикулярной къ NS или къ мѣстамъ вхожденія тока, и что токъ входитъ въ B, а выходитъ — въ B', то въ такомъ случаѣ токъ распредѣляется по оборотамъ обмотки въ обѣихъ половинахъ и образуетъ въ нихъ два полюса, которые опредѣляются по вышеизложенному правилу: большой палецъ указываетъ какъ въ лѣвой, такъ и въ правой половинѣ, на N<sub>1</sub>. Такимъ образомъ видно, что якорь отъ тока намагничивается въ направленіи перпендикулярномъ къ линіи полюсовъ электромагнитовъ. Этотъ же послѣдній намагни-

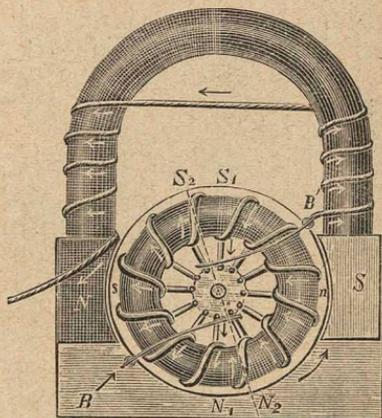


рис. 368.

чиваетъ якорь по направленію *ns*. Магнитный діаметръ якоря можно найти такимъ образомъ по закону параллелограмма силъ, т. е. при N<sub>1</sub>S<sub>1</sub> и *ns* вмѣстѣ, напр. онъ будетъ имѣть положеніе N<sub>2</sub>S<sub>2</sub>. Изъ этого слѣдуетъ, что гдѣ эта линія пересѣкаетъ коллекторъ, тамъ и надо поставить щетки. Отъ отталкиванія полюсовъ SS<sub>2</sub> и отъ притяженія полюсовъ NN<sub>2</sub> происходитъ вращеніе якоря справо на лѣво. Положеніе N<sub>2</sub>S<sub>2</sub> должно измѣняться сообразно съ силой магнетизма въ NS и N<sub>1</sub>S<sub>1</sub>; чѣмъ слабѣе будетъ N<sub>1</sub>S<sub>1</sub>, тѣмъ болѣе слѣдуетъ переставлять щетки въ направленіи N<sub>1</sub>S<sub>1</sub>. Дѣйствіе поперечнаго магнетизма якоря на магнетизмъ электромагнитовъ называется обратной реакціей якоря. Чтобы ослабить эту обратную реакцію якоря, стараются въ машинахъ, производящихъ токъ, уменьшить по возможности мѣдную обмотку якоря и вмѣстѣ съ этимъ увеличить силу электромагнитовъ. Если бы надо было, чтобы якорь развивалъ токъ, то надо было бы вращать его съ лѣва на право; въ этомъ случаѣ направленіе тока осталось бы тоже, которое уже указано стрѣлками.

## Динамо-электрической двигатель.

Чтобы обезпечить существование постояннаго магнитнаго поля въ электромагнитахъ (рис. 369 и 370), слѣдуетъ изготовить ихъ сердечники, а также и полюсныя насадки, изъ ковкаго чугуна. Для этого надо по размѣрамъ, которые указаны на рисункахъ, заказать деревянные модели и передать ихъ литейщику, который долженъ готовую отливку сперва обработать, а затѣмъ прокалить. Приводимыя размѣры соответствуютъ двигателю, котораго якорь имѣетъ диаметръ равный 88 мм.

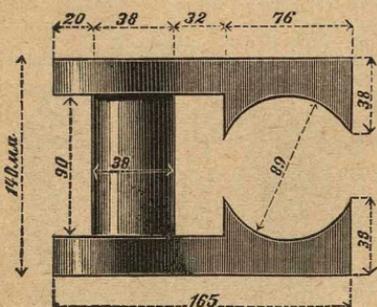


рис. 369.

Нельзя совѣтывать взять якорь меньшаго размѣра, такъ какъ было бы затруднительно его обмотать. Якорь тоже изготовляется изъ ковкаго чугуна (рис. 371); его диаметръ равенъ 75 мм. и онъ снабженъ 12 зубцами, которыхъ каждого толщина равна 4,8 мм. при высотѣ въ 6,4 мм. Самое кольцо якоря

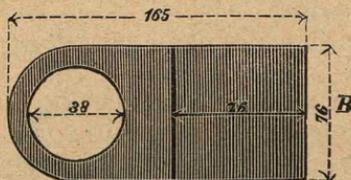


рис. 370.

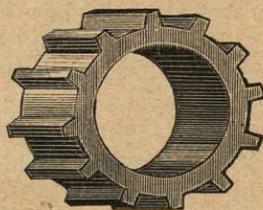


рис. 371.

имѣетъ 9,5 мм. толщины, такъ что его внутренній диаметръ равенъ 57 мм. и оставляетъ достаточно свободнаго пространства, чтобы удобно было черезъ него просовывать проволоку при обмоткѣ якоря. Ширина кольца якоря равна 59 мм.

Еще до обмотки мѣдной проволокой слѣдуетъ укрѣпить кольцо сердечника якоря на оси и насадить на ось и коллекторъ.

Стойки для поддержки оси, которыя привинчиваются къ полюснымъ насадкамъ, отливаются изъ латуни; задняя стойка должна быть длиною въ 127 мм., а передняя (передъ коллекторомъ) отъ

основанія до отверстія для осей вышиной въ 63,5 мм. (см. рис. 372 и 373).

Ось якоря дѣлается изъ круглой стали въ 9,5 мм. толщиною и 203 мм. длиною. Концы оси обтачиваются на 1,5 мм. для того, чтобы они могли войти въ отверстія стоекъ въ 6,5 мм. Тотъ конецъ оси, на которомъ будетъ укрѣпленъ шкивъ для ремня, долженъ на

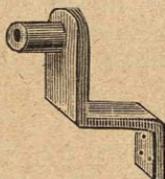


рис. 372.

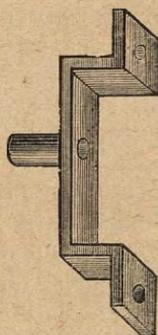


рис. 373.

26 мм. выдаваться изъ за задней стѣйки. Благоразумнѣе высверлить отверстія для укрѣпленія стоекъ уже тогда, когда якорь и коллекторъ готовы и насажены на соответствующую имъ ось.

Якорь укрѣпляется на оси посредствомъ отлитой изъ латуни трехлучевой звѣзды (см. рис. 374). Выступы этихъ лучей не должны выступать изъ за зубцовъ якоря. Когда эти выступы привинчены къ соответствующимъ зубцамъ, тогда просверливается отверстіе для оси діаметромъ въ 9,5 мм. Это отверстіе должно быть тщательно центрировано, иначе якорь будетъ бить при вращеніи. Затѣмъ на оси и въ отверстіи для нея выпиливаютъ небольшое углубленіе, въ которое и загоняютъ подходящій клинъ (шпонку) для укрѣпленія якоря на оси.

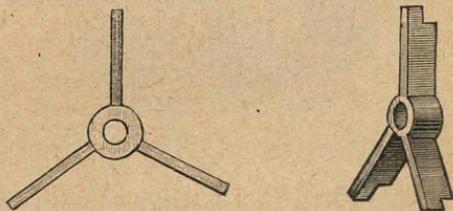


рис. 374.

Коллекторъ (рис. 375) изготовляютъ съ 12 пластинами. Изъ куска твердаго дерева вытачиваютъ на токарномъ станкѣ цилиндръ діаметромъ въ 32 мм. и въ 25 мм. длиною. На него насаживаютъ

подходящий кусок латунной трубки отъ 1,5 до 2 мм. толщиною. Эту трубку раздѣляютъ по окружности цилиндра на 12 равныхъ частей. По концамъ полученныхъ такимъ образомъ продольныхъ линий просверливаютъ отверстія и въ нихъ ввинчиваютъ винты. Изъ этихъ винтовъ ближайшіе къ якору должны имѣть головку полукруглую, а другіе — плоскую; концы этихъ винтовъ не должны доходить до оси.

Послѣ этого между винтами намѣчаютъ опять 12 продольныхъ линий на равныхъ разстояніяхъ и пропиливаютъ по нимъ кольцо. Каждую пластинку и ея мѣсто помѣчаютъ какимъ-нибудь значкомъ и отвинчиваютъ; затѣмъ деревянный цилиндръ обтягиваютъ шелковой матеріей, которую и приклеиваютъ къ нему; когда клей высохнетъ, тогда навинчиваютъ пластинки опять на мѣсто.

Подобнымъ же образомъ оклеиваютъ шелковой матеріей и кольцо якора; послѣ высыханія клея шелкъ покрываютъ еще растворомъ шеллака. Къ тѣмъ зубьямъ, къ которымъ были привинчены при пригонкѣ лучи для поддержки оси, привинчиваютъ кусочки твердаго дерева шириною въ толщину вышепомянутыхъ лучей. Это дѣлается съ тою цѣлью, чтобы при наложеніи обмотки проволока не переходила за эти зубья (рис. 376).

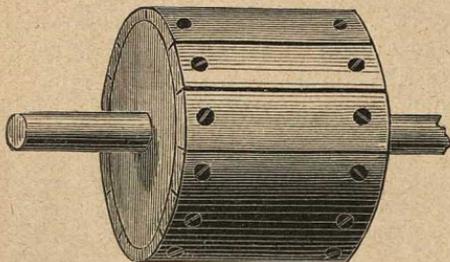


рис. 375.

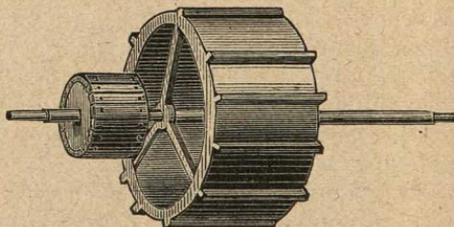


рис. 376.

То количество проволоки, которое достаточно для одного отдѣ-

ленія якора, наматывается на челнокъ, изготовленный изъ тонкаго дерева сигарныхъ ящичковъ (см. рис. 377). Такъ какъ на весь якорь надо примѣрно 480 граммовъ, то на одно отдѣленіе достаточно отъ 38 до 40 граммъ. Якорь до наматыванія перваго отдѣленія обмотки



рис. 377.

взвѣшиваютъ; затѣмъ взвѣшиваютъ и послѣ намотки перваго отдѣленія; разница обоихъ взвѣшиваній дастъ вѣсъ обмотки одного от-

дѣленія. Послѣ этого отвѣшиваютъ еще 11 такихъ же порцій проволоки, такъ что длина проволоки для каждого отдѣленія будетъ одна и таже. Концы проволокъ каждого отдѣленія слегка скручиваются вмѣстѣ и для избѣжанія спутыванія одинъ изъ концовъ окрашивается красной скоро высыхающей краской.

Когда обмотка одного изъ отдѣленій кончена, то немедленно изслѣдуютъ хорошо-ли оно изолировано. Для этого помѣщаютъ проводъ отъ одного изъ полюсовъ батареи на одинъ изъ концовъ обмотки, а проводомъ отъ другого полюса батареи прикасаются къ головкѣ одного изъ винтовъ, которыми привинчены кусочки твердаго дерева, такъ какъ все кольцо покрыто шелковой матеріей. Если изолировка хороша, то не появляется никакой искры и стрѣлка включеннаго гальванометра остается въ покоѣ.

Соединеніе проволокъ обмотки якоря съ пластинками коллектора дѣлается такъ, какъ это было описано выше при конструкціи динамо-машинъ.

Обмотанный якорь покрываютъ слабымъ растворомъ шеллака, или расплавленнымъ парафиномъ. Чтобы обезпечить полное проникновеніе парафина ставятъ якорь въ такое мѣсто теплой печи, гдѣ парафинъ могъ бы совершенно расплавиться. Этотъ способъ изолировки въ особенности пригоденъ для маленькихъ якорей.

*Обмотка электромагнита* (рис. 378) производится очень просто, если можно заставить его вращаться между двумя остріями. Сердечникъ электромагнита тоже обтягивается шелковой матеріей или же бумагой. Производительность этого двигателя, въ особенности въ сырыхъ помѣщеніяхъ, можетъ быть повышена тѣмъ, что проволока для обмотки хорошо парафинируется. Чтобы послѣдній слой обмотки не отдѣлялся отъ предыдущихъ, его приклеиваютъ къ нимъ хорошимъ горячимъ клеемъ. При началѣ обмотки и при концѣ оставляютъ концы проволоки длиною примѣрно въ 30 сантиметровъ свободными для соединенія обмотки съ щетками и зажимами полюсовъ.

*Щетки и щеткодержатели* изготовляютъ такія же какъ и тѣ, которыя описаны выше при конструкціи динамомашинъ.

Послѣ изготовленія всѣхъ отдѣльныхъ частей двигателя, приступаютъ къ ихъ сборкѣ, т. е. собираютъ машину.

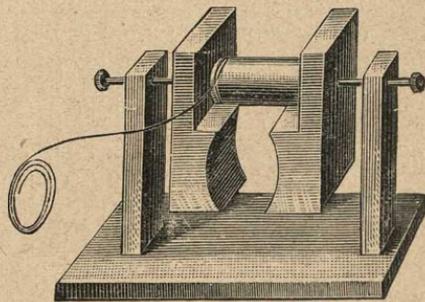


рис. 378.

Двигатель может быть, подобно динамо, соединенъ *последовательно* или *съ отвлѣтленіемъ* (рис. 379 и 380). При последовательномъ соединеніи весь токъ протекаетъ по обмоткѣ электромагнита и якоря; при соединеніи съ отвлѣтленіемъ току, притекающему къ щеткамъ, открыты два пути: одинъ черезъ обмотку электромагнита а другой—черезъ обмотку якоря.

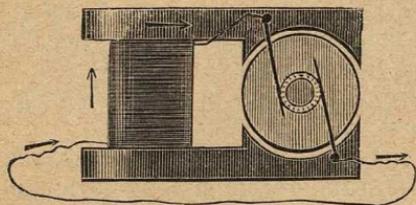


рис. 379.

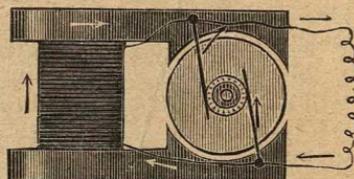


рис. 380.

Щетки у двигателя (какъ и у динамо) прилегаютъ также къ коллектору въ нейтральной плоскости между полюсными насадками.

При всѣхъ возможныхъ видоизмѣненіяхъ формы электромагнитовъ и якоря, всегда слѣдуетъ соблюдать слѣдующія *два основныя правила*: 1) масса желѣза, входящаго въ составъ электромагнита, и сила его магнитнаго поля, должны быть гораздо больше таковыхъ у якоря; на практикѣ найдено, что хорошее отношеніе существуетъ между величинами индуктора и якоря, когда массы желѣза относятся какъ 7 къ 1 2) якорь долженъ вращаться въ сильнѣйшей части магнитнаго поля и возможно близко къ полюснымъ насадкамъ.

Если динамо-машину (генераторъ) употребляетъ какъ двигатель, то при последовательномъ соединеніи направленіе вращенія якоря будетъ противоположно тому, которое придаютъ машинѣ при полученіи тока; при соединеніи—шентъ—вращеніе якоря происходитъ въ обоихъ случаяхъ одинаково. При соединеніи компаундъ, т. е. когда обмотка электромагнита состоитъ изъ оборотовъ двухъ проволокъ (тонкой и толстой), тогда направленіе вращенія якоря зависитъ отъ относительной намагничивающей силы этихъ обмотокъ; если обмотка последовательнаго соединенія сильнѣе, то вращеніе обратное, а если шентъ обмотка сильнѣе, то направленіе вращенія не измѣняется.

*Обмотки.* Между числомъ оборотовъ обмотки двигателя и толщиной проволоки должно существовать опредѣленное отношеніе; это отношеніе измѣняется сообразно съ измѣненіемъ электровозбудитель-

ной силы и силы тока, возбуждающего двигатель. *Общимъ правиломъ* служить: электрическое сопротивление двигателя должно быть равно такому же того генератора, (батареи элементовъ, аккумуляторовъ или динамо-машины), который доставляетъ токъ двигателю. Кроме того наилучшій результатъ достигается въ томъ случаѣ, когда двигатель имѣетъ такую обмотку, что если пользоваться имъ какъ источникомъ тока (генераторъ) и сообщить ему ту же скорость вращения, какая ему соотвѣтствуетъ какъ двигателю. то онъ способенъ развить токъ такой же силы и напряженія какъ и тотъ, который ему доставляется его генераторомъ.

Допустимъ, что конструируемый нами двигатель долженъ приходить въ дѣйствіе отъ элемента съ двухромокислымъ кали, котораго электровозбудительная сила равна 2 вольтамъ, а внутреннее сопротивление равно 0,08 ома. Спрашивается какова должна быть обмотка нашего двигателя?

При 2 вольтахъ и 0,08 ома сопротивленія получимъ силу тока равную  $\frac{2}{0,08}$ , т. е. 25 амперамъ. Изъ этого слѣдуетъ, что если мы

примемъ *при обмоткѣ якоря* 1 метръ проволоки на каждый вольтъ, (разсматривая двигатель какъ генераторъ; вращающійся съ угловою скоростью въ 30 см. въ секунду), то намъ слѣдуетъ взять для обмотки якоря проволоку длиною въ 2 метра и такой толщины, чтобы ея сопротивление было не далеко отъ 0,08  $\Omega$ . Двигатель съ послѣдовательнымъ соединеніемъ даетъ наилучшіе результаты, если сопротивление обмотки индуктора не превышаетъ сопротивленія обмотки якоря, но такъ какъ масса сердечника якоря составляетъ лишь  $\frac{1}{7}$  массы индуктора, то и надо взять для обмотки якоря болѣе тонкую проволоку, если желаемъ чтобы у обѣихъ обмотокъ были равныя сопротивления. Сопротивленіе обмотки якоря для даннаго случая равно 0,04 ома. Въ таблицѣ сопротивленій (стр. 229) мы находимъ, что 450 гр. проволоки съ діаметромъ въ 1,2 мм. и длиною въ 41 м. обладаютъ сопротивленіемъ въ 0,663 ома. Отсюда слѣдуетъ, что 2 метра такой проволоки имѣютъ сопротивление равное 0,033 ома. Если мы обмотаемъ якорь такой проволокой длиною нѣсколько больше 2 метровъ, то мы получимъ электровозбудительную силу въ 2 вольта и сопротивление въ 0,04 ома.

Что же касается *проволоки для обмотки электромагнита*, то изъ таблицы видно, что 450 гр. проволоки въ 1,6 мм. діаметромъ при длинѣ въ 22 м. имѣютъ сопротивление равное 0,2 ома; поэтому 5 м. такой проволоки соотвѣтствовали бы вышеуказаннымъ требованіямъ

относительно сопротивленія и числа амперъ-оборотовъ обмотки индуктора.

Изъ этихъ данныхъ мы можемъ сдѣлать также и обратное заключеніе относительно размѣровъ якоря и индуктора: какова бы ни была форма якоря, величина его не должна быть больше той которая нужна для намотки на него даннаго количества проволоки, а масса индуктора должна быть больше массы якоря въ семь разъ.

При опредѣленіи допустимой силы тока надо принимать еще въ соображеніе ту теплоту, которая развивается въ обмоткѣ при прохожденіи тока. Проволока діаметромъ въ 1,2 мм. выдерживаетъ токъ силой въ 3 ампера, а діаметромъ въ 1,6 мм. выдерживаетъ 6 амп. на 1 кв. миллиметръ.

Если бы черезъ обмотку нашего двигателя надо было пропустить токъ въ 25 амперъ, то она нагрѣлась бы чрезмѣрно. Но такъ какъ сопротивленіе нашего двигателя равно 0,08 ома, а сопротивленіе батареи тоже равно 0,08 ома, то двигатель получить, даже не вращаясь, всего 12,5 амп.; лишь только что двигатель начнетъ вращаться, въ немъ разовьется противодѣйствующая электровозбудительная сила, которая уменьшитъ силу тока на столько, что онъ будетъ проходить по обмоткѣ, не выходя изъ безопасныхъ предѣловъ.

Допустимъ теперь, что намъ надо построить такой двигатель, который, работая какъ генераторъ, могъ бы развить токъ въ 50 вольтъ и силу въ 1 амп. Чтобы получить это напряженіе (число вольтъ) намъ надо намотать на якорь болѣе 50 м. проволоки; 230 гр. проволоки діаметромъ въ 0,55 мм. удовлетворяютъ этому требованію. Для того однако, чтобы не брать изъ цѣпи слишкомъ много тока, предпочитаютъ сообщать обмоткѣ индуктора большее сопротивленіе и употребляютъ для его обмотки (при послѣдовательномъ соединеніи) 2,3 килогр. проволоки въ 0,55 мм. діаметромъ.

Всѣхъ обмотокъ якоря и индуктора получимъ равнымъ  $2,3 + 0,23 = 2,53$  килогр. при 49,5 ома сопротивленія съ возможной электровозбудительной силой въ 50 вольтъ.

*Двигатель и динамо-машина.* Хотя динамо-машину и можно употребить какъ двигатель, но изъ хорошей динамо нельзя обыкновенно сдѣлать и хорошій двигатель. Динамо-машины имѣютъ обыкновенно сильное магнитное поле и слабый якорь, такъ что ихъ магнитные моменты сильно разнятся. У двигателя же оба магнитныхъ момента должны быть по возможности равны, такъ какъ оба должны производить одну и ту же работу. Этого можно достигнуть лишь въ томъ случаѣ, когда якорь будетъ сдѣланъ гораздо больше, по отношенію къ общему вѣсу, чѣмъ это бываетъ въ динамо-машинахъ. Опыты подтверждаютъ это положеніе.

Подобное устройство двигателя ведетъ еще къ одному преимуществу, т. е. къ тому, что двигатель начинаетъ дѣйствовать самъ при всякомъ положеніи якоря.

Въ машинѣ съ отвѣтвленіемъ сопротивленіе обмотки индуктора должно быть въ 400 разъ болѣе сопротивленія обмотки якоря. Ясно, что если черезъ такую динамо-машину, служащую двигателемъ, про-

пустить токъ въ 1 амперъ, то черезъ обмотку якоря пройдутъ  $\frac{400}{401}$

ампера, а черезъ обмотку электромагнита всего лишь  $\frac{1}{401}$ . Хотя и есть возможность подобрать размѣры обмотки электромагнита такъ, чтобы магнетизмъ, возбужденный въ его плечахъ, былъ равенъ магнетизму якоря (такъ какъ намагничивающая сила спирали зависитъ не отъ тока, но отъ числа амперъ-оборотовъ), но все же опытъ показываетъ, что обыкновенная машина съ отвѣтвленіемъ не приходитъ сама въ движеніе, если пропускаютъ токъ одновременно черезъ якорь и индукторъ. Въ такомъ случаѣ почти весь токъ протекаетъ черезъ якорь, который намагничивается очень сильно и потому крѣпко удерживается на мѣстѣ. Если приподнять щетки, то токъ преодолеваетъ большое сопротивленіе индуктора и намагничиваетъ его вполне, поэтому приходитъ въ движеніе и якорь, послѣ опусканія щетокъ на мѣсто. Прерываніе тока, хотя и кратковременное, при поднятіи щетокъ достаточно для того, чтобы дать индуктору возможность пріобрѣсти достаточный магнетизмъ.

Изъ предыдущаго слѣдуетъ сдѣлать то заключеніе, что когда размѣры желѣза и проволоки въ якорѣ и индукторѣ такъ подобраны, что они обладаютъ одинаковой степенью намагничиванія, то даже въ динамо съ отвѣтвленіемъ нѣтъ надобности прибѣгать къ уловкѣ поднятія щетокъ, чтобы пустить ее въ ходъ.

**Размѣры двуполюсной динамо-машины для гальванопластики силою въ 25 амперъ при 5 вольтахъ напряженія.**

1) *Достаточная сила.* 736 вольтъ-амперовъ соотвѣтствуютъ 1 пар. лош. силѣ; принимая въ соображеніе потери отъ тренія и нагрѣванія, принимаютъ 1 л. с. равною всего лишь 650 V. A.; отсюда слѣдуетъ, что въ данномъ случаѣ нужна сила равная = около 140 V. A., т. е.  $\frac{5 \times 25}{650}$  или около  $\frac{1}{5}$  пар. лош. силы.

2) *Якорь*. Кольцо якоря изготовляется изъ желѣзной черной жести толщиною въ 1 мм.; обмотка состоитъ изъ 18 катушекъ.

Внѣшній радіусъ . . . . .	70 мм.
Внутренній » . . . . .	38 »
Длина . . . . .	92 »
Длина проволоки одного оборота . . . . .	220 мм.
» » катушки (7 × 220) . . . . .	1540 »
Вся длина проволоки 18 × 1540 мм. = около 28 метровъ.	
Діаметръ голой проволоки . . . . .	1,8 мм.
» проволоки изолиров. . . . .	2,2 мм.
Вѣсъ проволоки для обмотки якоря . . . . .	0,6 килогр.
Спротивленіе всей длины проволоки для обмотки якоря . . . . .	0,236 ома.
Спротивленіе у щетокъ . . . . .	$\frac{0,236}{4} = 0,059$ ома.

3) *Электромагнитъ*.

Сѣченіе электромагнита . . . . .	100 × 98 мм.
Длина . . . . .	65 »
Толщина ярма . . . . .	60 »
Діаметръ голой проволоки . . . . .	2,9 »
» проволоки изолиров. . . . .	3,8 »
Вся длина проволоки . . . . .	350 метр.
Вѣсъ проволоки обѣихъ катушекъ . . . . .	20,6 килогр.
Спротивленіе . . . . .	0,87 ома.

### Динамо-машины и электродвигатели.

Если кто желаетъ основательно построить или даже только понять приборъ, инструментъ, машину, то онъ долженъ постараться увидѣть подобные предметы, или же по крайней мѣрѣ изучить хорошія ихъ изображенія; поэтому мы приводимъ здѣсь рисунокъ динамо-машины, которая можетъ быть употреблена и какъ двигатель; при томъ эта машина можетъ быть построена въ разныхъ размѣрахъ. Такъ какъ рис. 381, изображающій машину, весьма нагляденъ, то къ нему остается только прибавить, что гибкіе проводники, ведущіе токъ отъ щетокъ коллектора, пропущены черезъ станину, которая отлита внизу полой; они поднимаются затѣмъ съ задней стороны динамо вверхъ и прикрѣплены къ зажимамъ, расположеннымъ

на верхней части ярма индуктора. Одна часть тока (около 5%) отвѣтвлена въ обмотку электромагнитовъ, а наибольшая часть на-

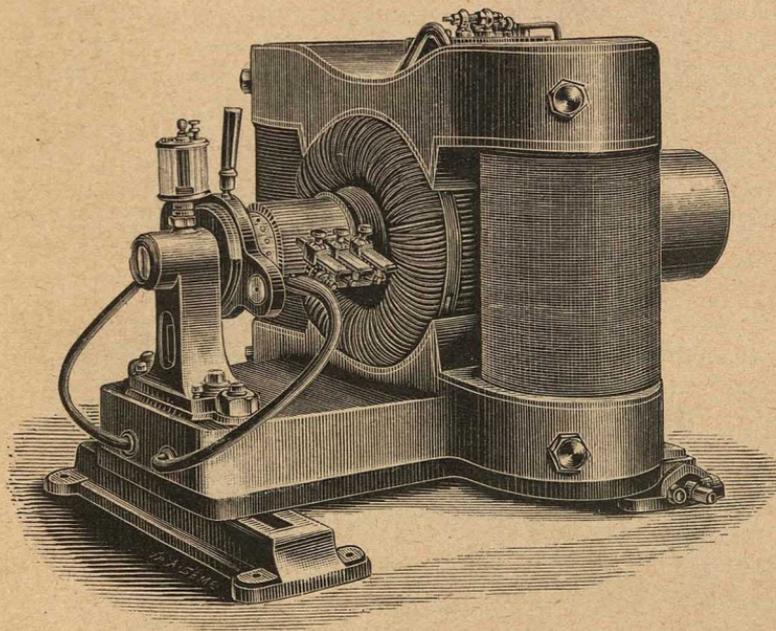


рис. 381.

правляется во внѣшнюю цѣпь для цѣлей освѣщенія или для передачи силы на разстояніе.

#### Четырех-полюсная динамо-машина съ постояннымъ токомъ.

Электромагниты въ этой динамо (см. рис. 382) составляютъ внутренние лучи чугуннаго наружнаго кольца. Расширенныя полюсныя насадки индукторовъ расположены по окружности круга; между ними вращается кольцеобразный якорь, намотанный по системѣ Грамма; по коллектору скользятъ столько щетокъ, сколько имѣется полюсовъ. Вся динамо такъ установлена на доскѣ основанія, что она можетъ быть по ней передвигаема взадъ и впередъ, что нужно для натяженія ремня. Подобнымъ же образомъ можно было бы укрѣпить и

стойки оси вмѣстѣ съ электромагнитами той динамо, которая изображена на рис. 356.

Увеличеніе числа полюсовъ представляетъ многія выгодныя

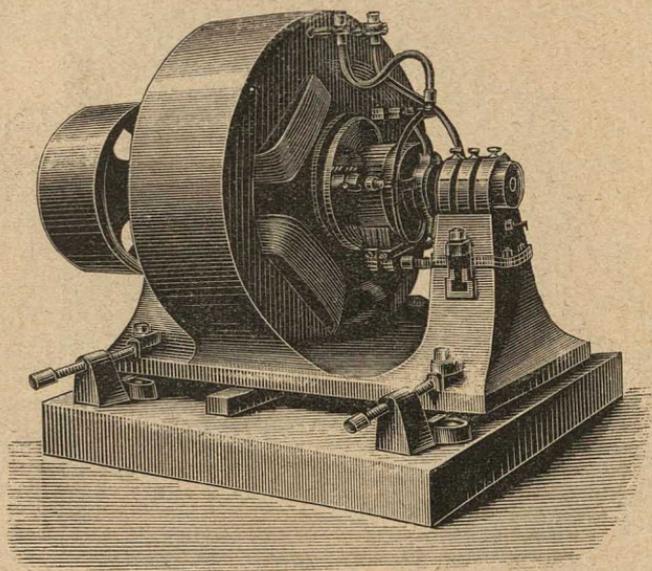


рис. 382.

стороны для такихъ большихъ динамо, которыхъ якорь долженъ дѣлать небольшое число оборотовъ въ минуту. Одно изъ главныхъ преимуществъ состоитъ въ томъ, что при многихъ полюсахъ уменьшается обратное дѣйствіе якоря. Сердечникъ якоря состоитъ изъ тонкихъ желѣзныхъ пластинъ (шайбъ), отдѣленныхъ другъ отъ друга листами бумаги.

Приборъ для получения переменнаго и многофазнаго токовъ.

1) *Описаніе прибора.* Этотъ приборъ состоитъ изъ 3 главныхъ частей: двухъ гальваническихъ элементовъ (хромовые съ подъемными цинками), одного прибора для измѣненія направленія тока и изъ двухъ перекрестныхъ электромагнитовъ.

*Приборъ для измѣненія направленія тока* состоитъ изъ двухъ

отдѣльных прерывателей тока, которые прикрѣплены къ одному и тому же цилиндру (см. рис. 383), но отдѣлены другъ отъ друга.

Разсмотримъ этотъ приборъ поближе. Если токъ входитъ въ зажимъ 1 (отъ мѣднаго или угольнаго полюса элемента), то онъ проходитъ затѣмъ черезъ зажимъ 4 къ зажиму 3. При поворачиваніи рукоятки на полъ-оборота, токъ изъ 1 пройдетъ по мѣдной или латунной полоскѣ *a* въ зажимъ 3 и оттуда уже въ зажимъ 4, т. е. въ обратномъ направленіи.

Такіе токи, которыхъ направленіе постоянно измѣняется, называются переменными токами. Смотри главу объ индукціи.

На рис. 384 изображены въ отдѣльности пластинки вышеупо-

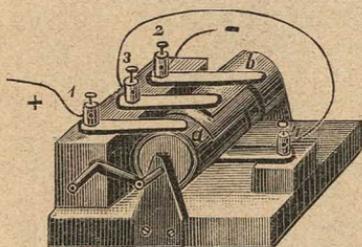


рис. 383.



рис. 384.

минутаго прибора и притомъ вдвойнѣ. При этомъ пластинки *a' b'* повернуты относительно пластинокъ *a b* на одну четверть оборота, т. е. на  $90^\circ$ . Въ этомъ состоитъ особенность коммутатора, конструированнаго авторомъ. Рис. 385 изображаетъ такой видоизмѣненный авторомъ коммутаторъ. На рисункѣ видно, что зажимы 5, 6, 7 и 8 вмѣстѣ съ контактными пружинами представляютъ лишь повтореніе зажимовъ 1, 2, 3 и 4-го; но при этомъ измѣнено, какъ было сказано выше, положеніе пластинокъ на валикѣ. Если зажимы 1 и 2, а также 5 и 6, соединены съ полюсами батареи, то при вращеніи рукоятки валика получимъ два переменныхъ тока: одинъ между 3 и 4, а другой между 7 и 8 зажимами (см. рис. 385).

### Скрещенные электромагниты.

Изготавливаютъ два электромагнита съ плоскими ярмами (см. рис. 386) и ставятъ ихъ перпендикулярно одинъ въ другой такъ, чтобы вершины ихъ полюсовъ находились въ одной плоскости, а центры этихъ полюсовъ были бы вершинами угловъ квадрата. Плечи внутрь

поставленного электромагнита должны быть короче на толщину ярма, или же его ярмо надо изогнуть сѣдлообразно; между обоими ярмами прокладываютъ для изоляціи магнитовъ другъ отъ друга по куску

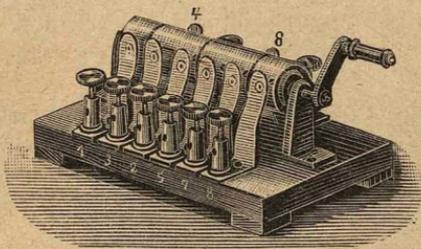


рис. 385.

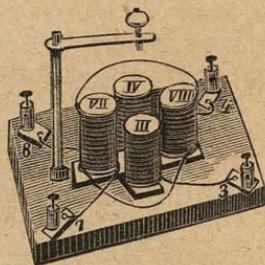


рис. 386.

бумаги. Электромагниты привинчиваются къ доскѣ основанія посредствомъ мѣднаго винта, въ головкѣ котораго дѣлаютъ керномъ небольшое углубленіе.

Размѣры магнитовъ могутъ быть слѣдующіе: плечи длиною 4 см., діаметромъ 1 см., полюсные кружки — діаметромъ въ 3 см.; для обмотки берутъ отъ 5 до 6 оборотовъ мѣдной изолированной проволоки діаметромъ отъ 0,8 до 1 мм.; обмотку производятъ какъ обыкновенно, такъ что получаютъ четыре полюсныхъ зажима, которые обозначены, какъ и соответствующія плечи электромагнитовъ, цифрами 3 и 4, а также 7 и 8.



рис. 387.

Затѣмъ изготовляютъ магнитную стрѣлку (рис. 387) изъ широкой часовой пружины, и при томъ такой длины, чтобы концы ея находились надъ полюсами каждой пары вышеописанныхъ электромагнитовъ. Стрѣлку снабжаютъ стальной осью съ заостренными концами, которыми она упирается въ углубленія нижняго и верхняго винтовъ, такъ что она можетъ вращаться надъ полюсами электромагнитовъ на разстояніи отъ нихъ въ 1—2 см. Если теперь соединить зажимы 1 и 2 двойного коммутатора съ полюсами какого нибудь элемента, то токъ потечетъ отъ зажима коммутатора 3 къ зажиму 3 электромагнита, черезъ соответствующій электромагнитъ къ зажиму 4 и оттуда черезъ зажимъ коммутатора 4 обратно къ элементу. Магнитная стрѣлка останется при этомъ надъ полюсами III и IV.

Если послѣ этого повернуть рукоятку валика на полъ-оборота, т. е. на  $180^\circ$ , то токъ получитъ обратное направленіе, тотъ же маг-

нить изменить свою полярность и потому и стрѣлка сдѣлаетъ полъ-оборота. Если въ надлежащій моментъ начать вращать рукоятку дальше, то стрѣлка приходитъ въ непрерывное вращеніе; при этомъ мы имѣемъ передъ собою въ одной части прибора—источникъ (генераторъ) переменнаго тока, а въ другой—двигатель переменнаго тока. При неравномерномъ вращеніи рукоятки правильность вращенія стрѣлки нарушается: она то останавливается, то вращается въ противоположную сторону. Отсюда слѣдуетъ, что генераторъ и двигатель при переменныхъ токахъ должны быть синхроничны, т. е. вращеніе ихъ должно происходить одинаково скоро и съ тѣми же періодами.

Соединимъ теперь зажимы 5 и 6 коммутатора съ другимъ подобнымъ же элементомъ, а зажимы коммутатора 7 и 8 съ тѣми же зажимами (7 и 8) электромагнитовъ. Пусть токъ отъ зажимовъ 3 и 4 производитъ въ плечахъ электромагнитовъ III и IV такіе полюсы, что III будетъ сѣвернымъ, а IV—южнымъ полюсомъ; въ такомъ случаѣ стрѣлка займетъ положеніе III—IV, такъ какъ пока черезъ обмотку электромагнитовъ VII и VIII токъ не проходитъ. При оборотѣ рукоятки вала на одну восьмую ( $\frac{1}{8}$ ), въ нихъ входитъ токъ отъ зажимовъ 7 и 8, они пріобрѣтаютъ полярность и стрѣлка займетъ среднее положеніе между обоими электромагнитами; при поворотѣ рукоятки еще на одну восьмую (всего на  $\frac{1}{4}$ ) токъ въ III и IV исчезаетъ и магнитныя свойства имѣютъ лишь VII и VIII, почему и стрѣлка становится надъ этими полюсами. При дальнѣйшемъ поворотѣ рукоятки на  $\frac{1}{8}$  опять оба электромагнита пріобрѣтаютъ полярность, но только обратную, такъ какъ токъ протекаетъ по другому направленію; такимъ образомъ стрѣлка продолжаетъ вращаться въ прежнемъ направленіи.

Токи, слѣдующіе подобнымъ образомъ одинъ за другимъ, получили названіе токовъ съ передвинутыми періодами или же токовъ вращающихся (токи многофазные).

Если на валикъ насадить три коммутатора для измененія направленія тока и при томъ такъ, чтобы ихъ взаимное положеніе отличалось на  $60^\circ$  и кромѣ того расположить три электромагнита подъ угломъ въ  $60^\circ$ , то мы получили бы *генераторъ трехфазнаго тока и трехфазный двигатель*.

*Фазою* или *періодомъ* называется движеніе волны переменнаго тока вверхъ и внизъ, подобно тому какъ періодомъ или фазой называютъ колебаніе взадъ и впередъ маятника.

Вмѣсто магнитной стрѣлки поставимъ теперь между углубленіями винтовъ перекрещивающихся магнитовъ другое приспособленіе: плоскій дискъ, избравъаженный на рис. 388. Этотъ дискъ состоитъ

изъ кружка мягкаго желѣза, толщиною въ 1 мм., въ серединѣ котораго сдѣланъ концентрической вырѣзь. Полученное такимъ образомъ тонкое желѣзное кольцо обматывается мѣдной проволокой, при чемъ конецъ ея спаивается съ ея началомъ. Въ прорѣзь втыкается пробка или кусокъ дерева, а въ ней укрѣпляется ось кольца.



рис. 388.

Если соединить зажимы коммутатора, какъ было прежде описано, съ двумя элементами и затѣмъ съ зажимами электромагнитовъ, то при вращеніи рукоятки валика дискъ тоже начинаетъ вращаться; при вращеніи рукоятки въ другую сторону и дискъ начинаетъ вращаться въ противоположномъ направленіи.

Измѣненіе полярности перекрещивающихся магнитовъ, вмѣстѣ съ ихъ промежуточнымъ магнитнымъ дѣйствіемъ, слагающимся по закону параллелограмма силъ, наблюдаенныя нами при опытѣ съ вращающейся магнитной стрѣлкой, называется *вращающимся магнитнымъ полемъ*, т. е. это значитъ, что магнитное поле обоихъ электромагнитовъ вращается подъ вліяніемъ обоихъ съ передвинутыми періодами переменныхъ токовъ по кругу около одной общей оси. Это вращающееся поле можно представить себѣ полученнымъ съ помощью вращающагося магнита. Такой магнитъ вызываетъ въ обмоткѣ желѣзнаго кольца (последній опытъ) индукціонные токи и при томъ наиболѣе сильныя въ той части обмотки кольца, которая расположена въ данное мгновеніе надъ магнитомъ. По закону Ленца направленіе индуктированныхъ токовъ таково, что они стремятся противодѣйствовать движенію вызывающаго ихъ магнита. Между тѣмъ движеніе магнита продолжается и потому обмотка лишь отталкивается и продолжаетъ вращаться въ томъ же направленіи.

Проще можно представить себѣ это явленіе такимъ образомъ: Вращающійся магнитъ вызываетъ въ желѣзномъ кольцѣ противоположную полярность; при дальнѣйшемъ вращеніи магнита эта полярность желѣза исчезаетъ не сразу (остаточный магнетизмъ) и потому полюса вращающагося магнита продолжаютъ оказывать свое вліяніе на желѣзо.

Тѣже явленія, но только въ слабой степени, можно было бы получить, взявъ вмѣсто магнитовъ съ сердечниками одну только ихъ обмотку, а вмѣсто желѣзнаго кольца обмотавъ проволокой деревянную шайбу; въ такомъ случаѣ получилось бы только слабое магнитное поле.

Вернемся къ нашему прибору и положимъ листъ бумаги на полюсныя поверхности электромагнитовъ. Затѣмъ насыпемъ на листъ желѣзные опилки. Лишь только мы начнемъ вращать рукоятку опилки

начинають подниматься, затѣмъ передвигаться и приближаться все болѣе и болѣе къ центру. Всего сильнѣе эти движенія проявляются надъ полюсами магнитовъ.

*Кривыя тока.* Чтобы получить понятіе объ измѣненіи съ временемъ различныхъ электрическихъ токовъ, они изображаются графически. Подобно тому какъ при изображеніи паденія воды принимаютъ за исходную точку нулевую линію, такъ и при изображеніи теченія электрическихъ токовъ прибѣгаютъ къ прямой линіи 00, служащей изображеніемъ нулевого тока — отсутствія его (рис. 389 и 390).

Токъ гальваническихъ элементовъ подымается быстро вверхъ отъ этой линіи и по достиженіи имъ полной силы течетъ параллельно линіи 00, и упадетъ столь же быстро при перерывѣ (рис. 389 и 390).

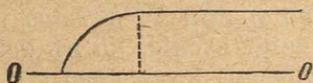


рис. 389.

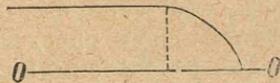


рис. 390.

Токи индукціонные текутъ не непрерывно, а толчками и представляютъ собою волнистыя линіи. Подобные токи являются въ коллекторѣ двойнаго Т-образнаго якоря (рис. 391). Если кольцевой якорь

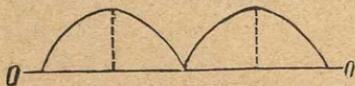


рис. 391.



рис. 392.

Пачинотти-Грама имѣетъ много катушекъ и соответственно тому много пластинокъ на коллекторѣ, то слѣдующая волна тока появляется раньше, чѣмъ первая достигла своего полного развитія (рис. 392); такимъ образомъ, чѣмъ быстрѣе одна волна будетъ слѣдовать за другой волной, тѣмъ болѣе приближается сумма этихъ токовъ къ току постоянному; поэтому такой токъ можно, подобно гальваническому току, употреблять для различныхъ химическихъ процессовъ, а также и для освѣщенія лампами постоянного тока.

Динамо-машины даютъ первоначально токи переменные, т. е. такіе, части кривыхъ, которыя проходятъ въ противоположномъ направленіи (см. рис. 393). Назначеніе коллектора въ томъ именно и

состоитъ, чтобы обратно идущій періодъ переменнаго тока преобразовать въ токъ, имѣющій тоже направленіе.

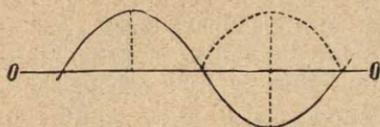


рис. 393.

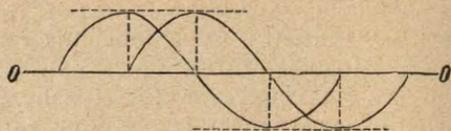


рис. 394.

Чѣмъ быстрѣе слѣдуютъ одинъ за другимъ переменные токи, или чѣмъ скорѣе идутъ другъ за другомъ передвиженія, тѣмъ болѣе сходства имѣетъ изображеніе подобныхъ переменныхъ токовъ съ изображеніемъ двухъ токовъ постоянныхъ, идущихъ параллельно нулевой линіи (см. рис. 394).

Многофазные токи имѣютъ съ постояннымъ токомъ то общее свойство, что имѣютъ опредѣленное направленіе, но въ тоже время обладаютъ многими преимуществами переменнаго тока.

Два переменныхъ тока могутъ отличаться другъ отъ друга своей средней силой тока; затѣмъ — различными періодами, одинъ, напримѣръ, можетъ имѣть періодъ въ  $\frac{1}{100}$  секунды, а другой — въ  $\frac{1}{300}$ ; наконецъ они могутъ, при той же средней силѣ и равномъ періодѣ, достигать максимальной силы не въ одно и тоже время и слѣдовательно не въ одно и тоже время пересѣкать нулевую линію, т. е. эти токи могутъ быть сдвинуты по фазѣ.

## ГЛАВА XV.

### Трансформаторы. Дифференціальный гальванометръ. Мостикъ Уитстона.

#### Трансформаторы.

*Измѣненіе напряженія.*—Если мы намотаемъ на желѣзный стержень катушку проволоки, по которой проходитъ токъ, то желѣзо намагнитится и сквозь него пройдутъ линіи силъ, выходящія изъ сѣвернаго полюса и возвращающіяся чрезъ южный. Далѣе, если въ желѣзномъ стержнѣ, на который насажена заменутая катушка проволоки, линіи силъ будутъ *увеличиваться* или *уменьшаться* въ числѣ,

то при каждомъ измѣненіи ихъ числа по катушкѣ будетъ проходить токъ. Одѣнемъ на желѣзный стержень (рис. 395) двѣ катушки и чрезъ одну изъ нихъ заставимъ проходить переменный токъ; тогда очевидно, при каждой переменѣ тока будетъ мѣняться и направленіе линій силы, а въ промежуткѣ между двумя переменными тока число

линій силы будетъ увеличиваться, а затѣмъ уменьшаться. Слѣдовательно, чрезъ вторую катушку будутъ проходить линіи силы,

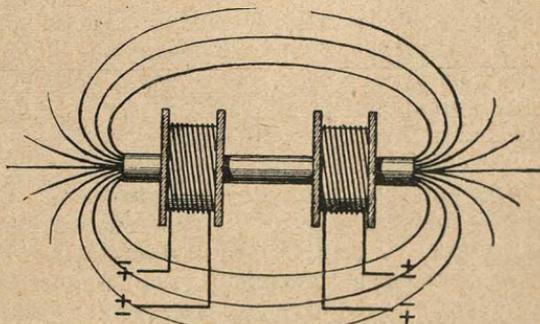


рис. 395.

мѣняющіяся по числу и направленію; вслѣдствіе этихъ періодическихъ измѣненій возникнутъ токи и во второй катушкѣ, а потому мы можемъ сказать, что при этомъ происходитъ переносъ электрической энергіи изъ первой возбуждающей катушки во вторую; послѣдняя конечно въ этомъ случаѣ должна составлять замкнутую цѣпь.

При этомъ переносѣ мы можемъ измѣнять величины, входящія въ выраженіе электрической энергіи. Мы видѣли выше, что электрическая энергія выражается произведеніемъ: —

Сила тока  $\times$  напряженіе  $\times$  время;

слово «напряженіе» мы здѣсь употребили для краткости вмѣсто разности напряженій или разности потенциаловъ на концахъ проводника; при переносѣ, если не принимать въ расчетъ потерь, количество энергіи должно оставаться постояннымъ, а поэтому, если во второй катушкѣ окажется сила тока больше или меньше, чѣмъ въ первой, то во столько же разъ должно измѣниться напряженіе и при томъ въ обратномъ смыслѣ. Этимъ путемъ мы можемъ преобразовывать электрическую энергію и притомъ такъ, что во сколько разъ мы измѣнимъ силу тока, во столько же разъ измѣнится и напряженіе, но въ обратномъ смыслѣ.

Такимъ образомъ можно преобразовать токъ большой силы и небольшого напряженія въ другой токъ, который будетъ обладать меньшей силой, но бѣльшимъ напряженіемъ, и наоборотъ. Сказанное выше мы можемъ пояснить слѣдующимъ примѣромъ. Положимъ, что токъ съ высокимъ напряженіемъ и съ небольшою силою проведенъ въ электродвигатель. Произведеніе изъ силы тока на его напряженіе на зажимахъ двигателя покажетъ количество энергіи, которое потребляетъ двигатель на свою механическую работу. Часть этой энергіи идетъ на потери, заключающіяся въ треніи, нагреваніи проволоки двигателя и т. д., большая же ея часть превращается въ работу. Предположимъ теперь, что нашъ двигатель вращаетъ динамомашину, которая даетъ токъ невысокаго напряженія, и что упомянутыхъ потерь энергіи не происходитъ. Такъ какъ при этомъ токъ высококаго напряженія превращается въ токъ низкаго напряженія, то сила преобразованнаго тока должна получиться больше во столько разъ, во сколько уменьшилось его напряженіе, для того чтобы въ обоихъ случаяхъ количество электрической энергіи оставалось постояннымъ; иначе говоря, должно существовать слѣдующее соотношеніе: —

$$\text{Высокое напряженіе} \times \text{небольшую силу тока} = \text{низкому напряженію} \times \text{большую силу тока.}$$

Первоначальный токъ.

Преобразованный токъ.

Вслѣдствіе потерь, неизбежныхъ при этихъ преобразованіяхъ, вышеприведенное равенство можно считать справедливымъ только приблизительно, но, не смотря на это, преобразование силы тока и его напряженія исполнѣ выполнимо.

*Цѣль подобнаго преобразованія.* — Какую же пользу мы можемъ извлечь изъ такихъ преобразованій? Мы увидимъ ниже, что такимъ путемъ мы можемъ получать высокія напряженія удобнѣе, чѣмъ непосредственными способами. Но здѣсь дѣло не въ этомъ. Здѣсь намъ надо разсмотрѣть, какую пользу могутъ принести эти процессы при *передачѣ* электрической энергіи, и относительно этой стороны дѣла намъ нужно сказать теперь нѣсколько словъ.

Примѣненіе электрическаго тока къ промышленнымъ и къ другимъ цѣлямъ повидимому даетъ возможность устраивать для многихъ мѣстъ одинъ общій источникъ тока вмѣсто того, чтобы помѣщать отдѣльные его источники въ каждомъ изъ тѣхъ мѣстъ, гдѣ онъ требуется. Положимъ, что въ какомъ либо городѣ нѣкоторые изъ домохозяевъ захотѣли ввести у себя электрическое освѣщеніе. Въ девяносто девяти случаяхъ изъ ста они сдѣлаютъ это только въ томъ случаѣ, если у нихъ существуетъ возможность соединить свои дома съ общей электрической станціей, и это понятно, такъ какъ устраивать свою собственную установку и дорого и затруднительно. Но ихъ дома могутъ быть разбросаны на значительной площади; въ такомъ случаѣ току пришлось бы проходить большія разстоянія, а если главный источникъ тока находится гдѣ нибудь въ сторонѣ, то эти разстоянія будутъ еще больше. Представимъ себѣ, наприкладъ, что вблизи города, но все же на разстояніи нѣсколькихъ километровъ, находится мѣсто, гдѣ можно очень удобно сдѣлать водяную запруду. Что можетъ быть проще мысли воспользоваться этой водой въ качествѣ дешевой движущей силы и примѣнить ее для электрическаго освѣщенія? Но осуществленію этой мысли мѣшаетъ одно обстоятельство; если мы желаемъ пользоваться на мѣстѣ потребленія токомъ невысокаго напряженія, то общая сила тока, который проводится къ этимъ мѣстамъ должна быть довольно значительна. Для сильныхъ же токовъ требуются толстые провода, и притомъ тѣмъ толще, чѣмъ больше ихъ длина, такъ какъ потери, которыя никогда не должны превышать нѣкотораго опредѣленнаго предѣла, увеличиваются съ длиной провода и должны быть уменьшены до желаемой степени соответственнымъ увеличеніемъ поперечнаго сѣченія. Но это обходится дорого, такъ какъ провода дѣлаются изъ мѣди и должны быть старательно покрыты изолировкой. Мѣдъ же не дешева, а потому при большомъ разстояніи мѣсть потребленія тока отъ центральнаго его источника при пользованіи токомъ не-

высокаго напряженія провода дѣлаются уже настолько дорогими, что погашеніе капитала, употребленнаго на ихъ устройство, поглотить всѣ доходы отъ предпріятія.

Поэтому при употребленіи невысокаго напряженія приходится ограничиваться очень небольшими участками, такъ какъ въ этомъ случаѣ мѣсто потребленія тока не можетъ находиться дальше двухъ километровъ отъ источника тока. Чтобы расширить этотъ предѣлъ, необходимо пользоваться токомъ меньшей силы, но съ болѣе высокимъ напряженіемъ, такъ какъ для слабаго тока можно брать провода тоньше, чѣмъ для сильнаго. Но и тутъ мы сталкиваемся съ однимъ препятствіемъ; высокія напряженія не соотвѣтствуютъ устройству нашихъ лампъ накаливанія и сверхъ того онѣ не безопасны, такъ что, хотя теоретически мы имѣемъ полную возможность уменьшать силу тока до желаемаго минимума и соотвѣтственно увеличивать напряженіе, т. е. хотя мы и можемъ, говоря словами одного французскаго писателя—«проводить тысячу лошадиныхъ силъ сквозь замочную скважину»,— т. е. можемъ передать ихъ по такой тонкой проволоцѣ, которая въ состояніи пройти сквозь замочную скважину, тѣмъ не менѣе на практикѣ мы ограничены въ этомъ отношеніи очень узкими предѣлами; въ самомъ дѣлѣ, едва ли кто нибудь добровольно согласится, чтобы къ нему въ домъ провели проволоку, прикосновеніе къ которой очень легко можетъ убить его.

На основаніи того, что мы говорили о преобразованіи тока, легко видѣть, что упомянутое препятствіе не трудно устранить. Мы проведемъ токъ высокаго напряженія по тонкимъ проводамъ къ мѣсту его потребленія; здѣсь преобразуемъ его напряженіе въ болѣе низкое и безопасное, а затѣмъ уже по толстымъ, но короткимъ проводамъ направимъ его въ разныя мѣста потребленія. Вопросъ заключается только въ томъ, какимъ образомъ лучше всего осуществить это преобразование. Для этой цѣли мы могли бы воспользоваться приведеннымъ выше приспособленіемъ; мы могли бы заставить токъ высокаго напряженія вращать электродвигатель и пользоваться работой послѣдняго для вращенія динамомшины. Этотъ способъ получилъ теперь примѣненіе, но противъ него можно возразить, что при этомъ приходится присматривать не только за машинами, доставляющими токъ, но и за этими преобразователями тока, а сверхъ того такой способъ сопряженъ съ неоднократными превращеніями энергіи, а именно электрическаго тока въ движеніе и обратно, что очень неудобно.

Но мы обладаемъ еще другимъ способомъ, который впрочемъ примѣнимъ только къ переменнымъ токомъ, а именно, если мы пропустимъ переменный токъ по одной изъ катушекъ прибора, изобра-

женнаго на рис. 395, то онъ будетъ возбуждать другой токъ во второй катушкѣ; при этомъ напряженіе индуктированнаго тока зависитъ отъ числа оборотовъ катушки, въ которой онъ возбуждается. Такъ какъ мы можемъ произвольно мѣнять число оборотовъ обмотки, то этимъ самымъ мы получаемъ возможность мѣнять напряженіе индуктированнаго тока въ весьма широкихъ предѣлахъ.

*Развитіе трансформаторовъ.*—Приборы для преобразованія тока, принципъ которыхъ мы изложили выше, носятъ теперь названіе трансформаторовъ, но такъ называютъ только тѣ приспособленія, которыя служатъ для преобразованія сильныхъ токовъ и употребляются при распредѣленіи тока. Приборы, употребляющіеся для слабыхъ токовъ, были извѣстны уже пятьдесятъ лѣтъ тому назадъ подъ названіемъ «индукціонныхъ аппаратовъ» или индукціонныхъ катушекъ; они собственно и положили основаніе трансформаторамъ, такъ что послѣдніе представляютъ собою индукціонные аппараты, но только въ особой формѣ, которую они получили въ зависимости отъ спеціальнаго ихъ назначенія.

Если мы сравнимъ индукціонный аппаратъ, понимая его въ широкомъ смыслѣ, т. е. включая сюда и трансформаторы, съ машиной переменнаго или постояннаго тока, то найдемъ, что они имѣютъ между собой сходство въ томъ отношеніи, что какъ тамъ, такъ и здѣсь токи возбуждаются въ катушкахъ влѣдствіе измѣненія числа линий силы. Но въ машинахъ, какъ переменнаго, такъ и постояннаго тока, число линий силы въ катушкахъ мѣняется только влѣдствіе движенія послѣднихъ, магнитное же поле между полюсами электромагнитовъ остается неизмѣннымъ, т. е. здѣсь число линий силъ, проходящихъ въ контурѣ катушки, зависитъ не отъ измѣненія напряженія магнитнаго поля, а отъ того, что катушка при своемъ движеніи проходитъ различныя части поля. Въ индукціонныхъ аппаратахъ, наоборотъ, индукціонная катушка не мѣняетъ своего положенія относительно магнита, возбужденіе же тока происходитъ отъ того, что мѣняются въ числѣ и направленіи линии силы.

Отсутствіе подвижныхъ частей въ трансформаторѣ представляетъ большое практическое значеніе. Катушки могутъ быть помѣщены гдѣ нибудь въ домѣ въ безопасномъ мѣстѣ и тамъ онѣ могутъ стоять спокойно и почти безъ всякаго ухода, хотя и не особенно тихо, такъ какъ работа трансформаторовъ сопровождается довольно неприятнымъ шумомъ. Но послѣднее неудобство вполне окупается тѣми выгодами, которыя заключаются въ неподвижности частей трансформаторовъ, что дѣлаетъ почти совершенно ненужнымъ уходъ за ними. Къ одной катушкѣ трансформатора проводится переменный

токъ высокаго напряженія, а изъ другой его катушки получаютъ тоже переменный токъ, напряженіе котораго будетъ уже иное въ зависимости отъ числа оборотовъ обмотокъ. Если мы желаемъ устроить такъ, чтобы общая электрическая энергія, которая доставляется въ первую катушку, безъ всякихъ потерь переходила во вторую катушку, въ которой высокое напряженіе преобразуется въ низкое, а сила тока, наоборотъ, увеличивается, то для этого слѣдуетъ только включить въ цѣпь такой индукціонный приборъ, который могъ бы *безъ потерь* уменьшать напряженіе и дѣлать токъ годнымъ для непосредственнаго употребленія.

Избѣжать потерь вполне невозможно, но какъ мы увидимъ при дальнѣйшемъ изложеніи, развитіе описываемыхъ приемовъ преобразования тока дало возможность свести неизбѣжныя потери до минимума.

### Различные типы трансформаторовъ.

Мы не имѣемъ возможности описывать здѣсь постепенное развитіе трансформаторовъ и переходные ихъ типы. Ограничимся лишь подробностями объ устройствѣ двухъ типовъ: одного американскаго—Вестингхауза, другаго европейскаго—Ганца и К<sup>о</sup>.

Для компаніи Вестингхауза электротехникъ этого общества Стэнли построилъ трансформаторъ, состоящій изъ двухъ плоскихъ катушекъ, изображенный на рис. 396 и 397. Сердечникъ этого транс-

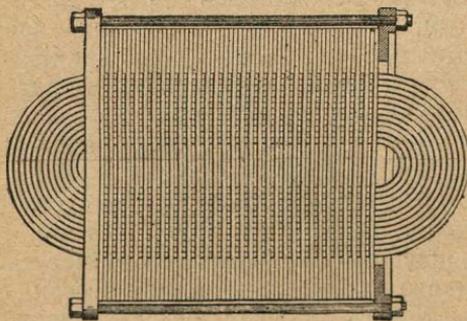


рис. 396.

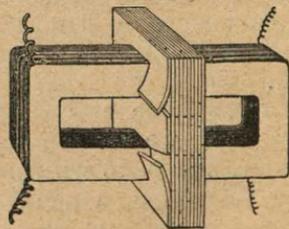


рис. 397.

форматора состоитъ изъ тонкихъ желѣзныхъ пластинокъ, вырѣзанныхъ въ формѣ буквы Е и вставленныхъ въ катушку попеременно

то съ одной, то съ другой стороны. Крайніе концы горизонтальныхъ сторонъ пластинокъ снабжены придатками, которые сначала отгибаются въ стороны, какъ это видно слѣва на рис. 398. Средній горизонтальный выступъ помѣщаютъ внутрь катушки и затѣмъ выпрямляютъ придатки такъ, чтобы обѣ части катушки обхватывались желѣзомъ со всѣхъ сторонъ (рис. 398, прав. сторона). Слѣдующая пластинка вставляется съ противоположной стороны и такимъ образомъ заполняется желѣзомъ все пространство внутри катушки, причемъ между каждыми сосѣдними пластинками, помѣщается изолирующій слой изъ бумаги.

Готовая желѣзная оболочка катушекъ помѣщается между желѣзными рамами, которыя стягиваются желѣзными болтами и скрѣпляютъ между собою систему желѣзныхъ пластинокъ. Эти рамы находятся сверху и внизу трансформатора (см. рис. 396). Для большей прочности весь приборъ помѣщается въ желѣзномъ ящикѣ; тогда трансформаторъ получаетъ такой видъ, какъ на рис. 399.

Австрійская фирма Ганцъ и К<sup>о</sup> устраиваетъ трансформаторы слѣдующимъ образомъ. Сердечникъ состоитъ изъ листового желѣза, отдѣльные слои котораго изолированы другъ отъ друга прокладкой; на немъ навита сначала обмотка изъ тонкой проволоки, а сверху наложена толстая проволока вторичной обмотки (см. рис. 400

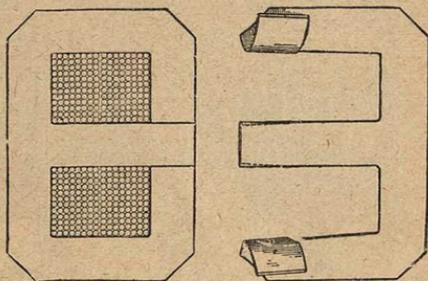


рис. 398.

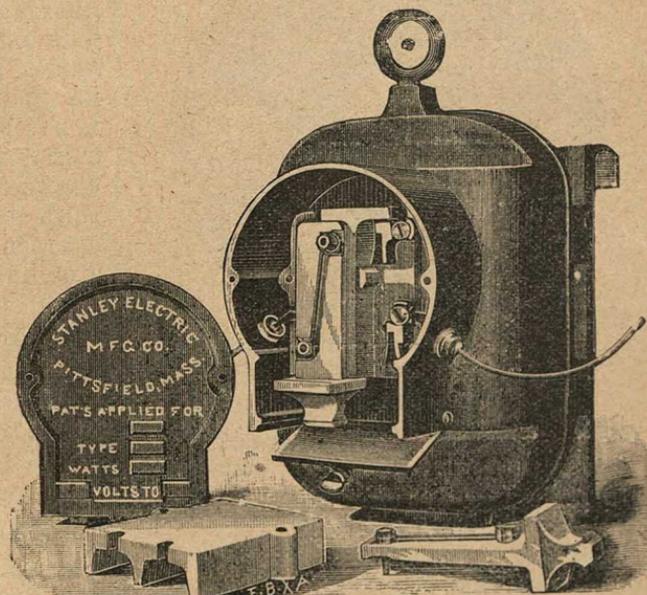


рис. 399.

и 401). Обѣ обмотки равномернѣо распределѣны по поверхности сердечника и тщательно изолированы другъ отъ друга и отъ желѣза. Устроенный такимъ образомъ аппаратъ закрѣпляется въ расположенныхъ по радиусамъ деревянныхъ стойкахъ и зажимается между двумя круглыми желѣзными пластинами. Деревянные стойки служатъ для того, чтобы изолировать приборъ отъ его подставки. На верхней пластинкѣ находятся зажимы для первичнаго и вторичнаго тока, а также и свинцовые предохранители.

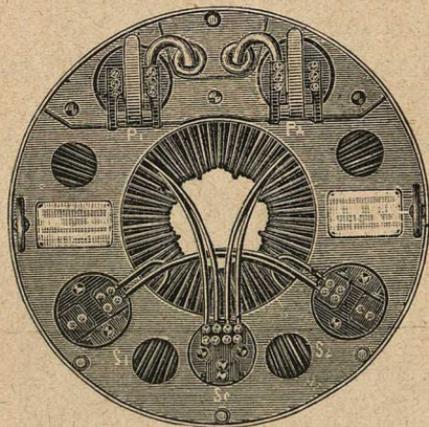
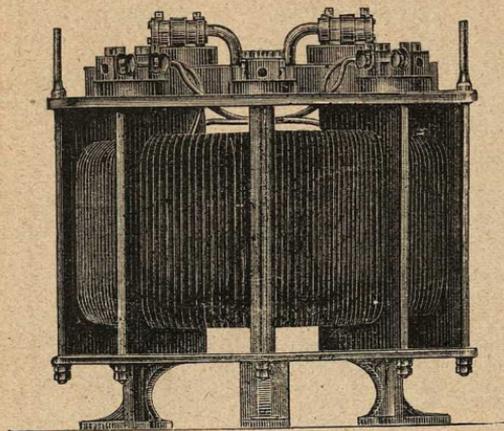


рис. 400—401:

Трансформаторы помѣщаются, смотря по обстоятельствамъ, либо въ специально устроенныхъ колодцахъ въ землѣ, либо въ подвалахъ, а иногда, и именно при воздушной проводкѣ, на консоляхъ, которыя укрѣпляются на наружныхъ стѣнахъ домовъ, или на особыхъ столбахъ. Во всѣхъ этихъ случаяхъ стараются устроить такъ, чтобы трудно было добраться до трансформатора; это вполнѣ необходимо въ виду большого напряженія тока въ первичной цѣпи.

Измѣрительные приборы: дифференціальный гальванометръ и мостинъ Уитстона.

Знаніе сопротивленія проводовъ и возможность опредѣленія величины этого сопротивленія имѣетъ такое важное значеніе для электрика, что мы считаемъ необходимымъ описать устройство и употребленіе двухъ приборовъ, которые преимущественно употребляются

для опредѣленія величинъ сопротивленія разныхъ проводовъ, а именно: дифференціальный гальванометръ и мостикъ Уитстона. Изготовленіе и употребленіе этихъ приборовъ доступно лишь тѣмъ лицамъ, которыя имѣютъ навыкъ въ изготовленіи точныхъ приборовъ и пользованіи ими.

### Дифференціальный гальванометръ.

*а. Устройство.* Подобно тому, какъ это дѣлается для мультипликатора, изготовляютъ деревянную или латунную рамку толщиной въ 1 мм., при чемъ заботятся о совершенномъ равенствѣ обѣихъ половинокъ ея. Можно поступить также и слѣдующимъ образомъ: въ деревянной дощечкѣ толщиной въ 1 см. выпиливаютъ лобзикомъ или вытачиваютъ на токарномъ станкѣ круглое отверстіе діаметромъ въ 4—5 см. (см. рис. 402 и 403). На эту дощечку сверху приклеи-

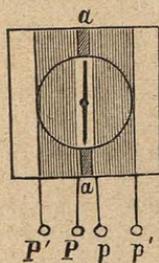


рис. 402.

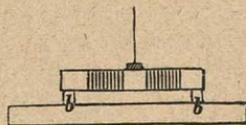


рис. 403.

ваютъ діаметрально небольшіе брусочки *аа* шириною въ 3—4 мм а снизу подклеиваютъ къ ней же другіе брусочки толщиной въ 5 мм. которые служатъ ножками; въ тоже время при помощи этихъ брусокѣвъ рамка приклеивается или привинчивается къ доскѣ основанія. Приготовленная такимъ образомъ рамка обматывается тонкой мѣдной проволокой, изолированной шелкомъ и повсюду одинаковой толщины; длина обмотокъ на обѣихъ половинкахъ рамки должна быть совершенно одинакова и слѣдовательно обѣ обмотки должны имѣть одинаковое сопротивленіе. Во всякомъ случаѣ обмотка обѣихъ половинокъ производится въ одномъ и томъ же направленіи; лучше всего начинать ее изнутри, т. е. около той прорѣзи, которая предназначена для астатической пары магнитныхъ стрѣлокъ. Проволоку наматываютъ съ одинаковымъ натяженіемъ и одинъ рядъ плотно

возлѣ другого; на обѣ половинки наматываютъ по три слоя (для начинающаго посоветуемъ ограничиться однимъ слоемъ), затѣмъ оба конца каждой обмотки закрѣпляютъ къ симметрично поставленнымъ зажимамъ  $P$  и  $P'$ .

Если желаютъ пользоваться приборомъ только какъ дифференциальнымъ гальванометромъ, то нѣтъ необходимости снабжать его кругомъ съ дѣлениями; надо только имѣть отмѣтки для указанія нормальнаго положенія сѣвернаго и южнаго концовъ стрѣлки.

Можно конечно итакъ устроить, чтобы токъ проходилъ послѣдовательно изъ одной обмотки въ другую, при чемъ приборъ употребляется какъ мультипликаторъ, поэтому лучше съ самого начала изготовить кругъ съ дѣлениями.

Для того, чтобы достигнуть двухъ условий, необходимыхъ для неизмѣнности положенія стрѣлки при прохожденіи тока, т. е. равенства магнитнаго дѣйствія обѣимъ половинъ обмотки и равенства сопротивленія ихъ, надо прежде всего изслѣдовать сопротивление обмотокъ. Если будетъ найдено, что токъ, проходящій черезъ обмотки, оказываетъ въ одной изъ нихъ большее магнитное дѣйствіе на стрѣлку, чѣмъ въ другой, то это можетъ быть обусловлено тѣмъ, что одна обмотка длиннѣе другой. Чтобы помочь этому надо намотать небольшую часть этой проволоки и помѣстить ее на основаніи прибора.

Если асатическая пара подвѣшена (какъ въ мультипликаторѣ) на коконовой нити, то можно легко достигнуть равенства магнитнаго дѣйствія обмотокъ тѣмъ, что придвигаютъ стрѣлки ближе къ одной обмоткѣ, чѣмъ къ другой. Это достигается тѣмъ, что измѣняютъ нѣсколько точку подвѣса или же измѣняютъ положеніе прибора тѣми винтами, которые служатъ для установки его въ горизонтальномъ положеніи.

Такъ какъ оба вышеупомянутыя условія равенствія трудно достигаются, то вообще при сравненіи сопротивленій соединяютъ сравниваемыя сопротивления съ ртутнымъ коммутаторомъ  $Q$  (см. рис. 404), который даетъ возможность замѣнять одно сопротивление другимъ. Если сопротивления равны, то при ихъ взаимной замѣнѣ, положеніе стрѣлки не измѣняется.

Можно поступить и такъ: пусть  $W$  будетъ нѣкоторый реостатъ съ переменнымъ сопротивленіемъ; если стрѣлка остается въ покоѣ при включеніи сопротивленія  $R'$  при одномъ положеніи коммутатора, а затѣмъ при сопротивленіи  $R''$  — при другомъ, то величина искомого сопротивленія  $W$  будетъ равна  $\frac{1}{2} (R + R'')$ .

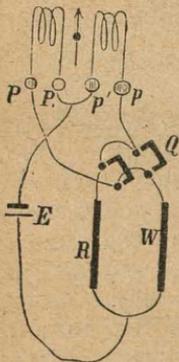


рис. 404.

Весь приборъ закрывается сверху стекляннымъ колпакомъ.

*б. Эталонъ.* Подъ этимъ названіемъ подразумѣвается такая проволока, сопротивленіе которой равно извѣстной величинѣ, принятой за единицу. Практическая единица сопротивленій есть *омъ* ( $\Omega$ ); другая единица, иногда употребляемая, есть ртутная единица Сименса. 1 омъ относится къ единицѣ Сименса, какъ 106 къ 100.

Если электрикъ не можетъ приобрести одну изъ этихъ единицъ покупкой, то онъ можетъ помочь себѣ слѣдующимъ образомъ. Отрѣжьте, руководствуясь таблицами сопротивленій мѣдной проволоки (принимая въ соображеніе длину и вѣсъ), нѣсколько концовъ (отъ 1 до 2 метровъ длины) тонкой мѣдной проволоки разнаго діаметра, которыхъ сопротивленіе было бы возможно близко къ величинѣ 1 ома. Сравните затѣмъ сопротивленія этихъ проволокъ между собою посредствомъ чувствительнаго гальваноскопа, или лучше — дифференціального гальванометра, и *ту проволоку*, которая ближе всего подходитъ къ средней величинѣ, выведенной изъ всѣхъ наблюденій, пріймите за 1 омъ. Полученную такимъ образомъ проволоку натяните вдоль деревяннаго бруска, надъ бумажной полоской, которую подраздѣлите (на разстояніи, равномъ длинѣ проволоки) на 100 равныхъ частей.

Другой способъ полученія единицы сопротивленія состоитъ въ слѣдующемъ: узкую стеклянную трубку, длиною примѣрно въ 1 метръ и съ возможно одинаковымъ внутреннимъ діаметромъ, наполняютъ ртутью и точно опредѣляютъ длину столба ртути. Затѣмъ ртуть выливаютъ и точно взвѣшиваютъ ее. Если обозначить черезъ  $l$  длину столба ртути въ метрахъ, черезъ  $g$  вѣсъ ртути въ миллиграммахъ, имѣя при томъ въ виду, что вѣсъ 1 куб. мм. ртути равенъ 13,596 миллигр., то получимъ сопротивленіе столба ртути

$$W = \frac{13596 \times l^2}{g} \text{ единицъ Сименса.}$$

Изъ величины  $W$ , опредѣленной въ единицахъ Сименса (S. E.), можно опредѣлить сопротивленіе въ *омахъ* ( $\Omega$ ), пользуясь вышеупомянутымъ отношеніемъ

$$\Omega : \text{S. E.} = 106 : 100.$$

*с. Сравненіе сопротивленій.* Прежде всего слѣдуетъ включить (см. рис. 405) съ обѣихъ сторонъ два совершенно равныхъ дополнительныхъ сопротивленія I и II, сдѣланные изъ проводовъ, свернутыхъ спирально; при этомъ стрѣлка должна остаться въ покоѣ. Затѣмъ приготовимъ изъ нейзильберовой проволоки діаметромъ въ 0,5 мм. нѣсколько совершенно равныхъ спиралей. Сперва включимъ въ каждую побочную вѣтвь I и II по одной спирали; при замыканіи тока

сохраненіе стрѣлкою состоянія покоя укажетъ на равенство сопротивленій. Если теперь въ одну изъ боковыхъ вѣтвей включить параллельно еще одну спираль, то отклоненіе стрѣлки гальванометра укажетъ на уменьшеніе сопротивленія съ той стороны, гдѣ включены двѣ нейзильберовыя спирали. Если въ первой вѣтви уменьшить число оборотовъ нейзильберовой спирали на половину, то нулевое положеніе стрѣлки возстановится. Отсюда слѣдуетъ, что сопротивленіе двойной спирали (двухъ спиралей, включенныхъ параллельно, а не послѣдовательно) равно лишь половинѣ сопротивленія одной спирали.

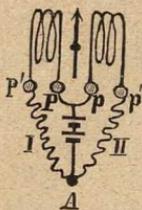


рис. 405.

Сравниваютъ затѣмъ сопротивленіе тонкой проволоки съ проволокой вдвое большаго діаметра; окажется, что для равенства сопротивленій этихъ проволокъ надо длину толстой проволоки сдѣлать въ четыре раза болѣе длины тонкой проволоки; если при этомъ сравнить вѣсъ обѣихъ проволокъ, то окажется, что толстая вѣситъ въ 16 разъ болѣе, чѣмъ тонкая. Отсюда слѣдуетъ, что сопротивленіе  $r$  обратно пропорціонально площади поперечнаго сѣченія  $q$ ,

$$r = \frac{1}{q}.$$

Въ одну изъ вѣтвей включаютъ мѣдную проволоку длиною въ нѣсколько метровъ, а въ другую кусокъ нейзильберовой проволоки того же діаметра длиною около метра; длину мѣдной проволоки уменьшаютъ или увеличиваютъ до тѣхъ поръ, пока стрѣлка не перестанетъ отклоняться. Тогда окажется, что длина мѣдной проволоки примѣрно въ 10 разъ больше длины нейзильберовой. Изъ этого слѣдуетъ, что сопротивленіе нейзильбера въ 10 разъ болѣе сопротивленія мѣди. Для полученія величины сопротивленія нейзильберовой проволоки такого же діаметра и длины, какъ и мѣдной, надо извѣстное сопротивленіе мѣдной проволоки  $r$  умножить на нѣкоторый коэффициентъ  $s$ , который и называется *относительнымъ сопротивленіемъ*— въ данномъ случаѣ нейзильбера относительно мѣди. Поэтому вообще сопротивленіе

$$r = s \cdot \frac{1}{q}.$$

За единицу сопротивленій принимаютъ обыкновенно не мѣдъ а ртуть и тогда удѣльные сопротивленія разныхъ металловъ относятся именно къ этой ртутной единицѣ, при чемъ длина ртутнаго столба берется равной 106 см. при поперечномъ сѣченіи въ 1 квадратный миллиметръ при 0° Ц.

Въ слѣдующей таблицѣ приводимъ удѣльные сопротивленія нѣкоторыхъ веществъ.

При 18° Ц.	Удѣльное сопротивленіе. 1 метръ длины и 1 кв. мм. попер. сѣченія имѣетъ сопротивленіе въ $\Omega$
Серебро . . . . .	$s = 0,016$
Мѣдь . . . . .	0,0171
Цинкъ . . . . .	0,063
Желѣзо . . . . .	0,09 до 0,15
Платина . . . . .	0,14
Ртуть . . . . .	0,958
Газовый ретортный уголь . . . . .	50
Нейзильберъ . . . . .	0,16 до 0,40
Никелинь . . . . .	0,42
Мѣдь съ 30% марганца . . . . .	0,08

Сопротивленіе проволоки длиною въ  $l$  метровъ и  $q$  кв. мм. сѣченія равно

$$s \cdot \frac{l}{q} \text{ омовъ.}$$

*Примѣненія.* 1) Какъ велика потеря въ напряженіи при желѣзномъ проводѣ длиною въ 70 м., сѣченіемъ въ 2,5 кв. мм., удѣльнымъ сопротивленіемъ  $= 0,1$  и при силѣ тока въ 8 амперъ?

$$r = s \cdot \frac{l}{q} \Omega, \text{ а по закону Ома } E = I \cdot r;$$

изъ обоихъ уравненій слѣдуетъ, что

$$E = s \cdot \frac{l}{q} \cdot I, \text{ а также } q = \frac{s \cdot l \cdot I}{E}; \text{ отсюда}$$

$$E = 0,1 \times \frac{70}{2,5} \times 8 = 22,4 \text{ вольта;}$$

$$r = 0,1 \times \frac{70}{2,5} = 2,8 \Omega.$$

2) Надо по мѣдному проводу ( $s = 0,017$ ) длиною въ 300 метровъ пропустить туда и обратно токъ силою въ 100 амперовъ при потерѣ въ напряженіи въ 15 вольтъ. Каковы должны быть сѣченіе и діаметръ такой проволоки?

$$q = \frac{0,017 \times (2 \cdot 300) \times 100}{15} = 68 \text{ кв. мм.}$$

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{68}{3,14}} = 9,3 \text{ мм.}$$

d. *Измѣреніе сопротивленія короткой проволоки* (рис. 406). Одинъ изъ полюсовъ элемента соединяють съ Pp, а между другимъ полюсомъ и зажимами Pp' включают съ одной стороны ту проволоку w, которой сопротивленіе надо опредѣлить, а съ другой стороны включают эталонъ (проволочный) W. Токъ направляется теперь по двумъ путямъ по U и по U'. Стрѣлка отклонится подѣ влияніемъ той части тока, которой приходится преодолѣвать наименьшее сопротивленіе; она останется въ покоѣ, если сопротивленія съ обѣихъ сторонъ будутъ равны. Чтобы этого достигнуть передвигаютъ по проволокѣ эталона контактъ, къ которому присоединенъ проводъ, идущій къ p' (справа), до тѣхъ поръ, пока стрѣлка не установится на ноль. Само собою разумѣется, что при этомъ прсвода, приводящіе токъ, имѣютъ равныя сопротивленія.

e. *Опредѣленіе сопротивленія гальваническихъ элементовъ*. Три элемента одного типа, слѣдовательно съ приблизительно равными сопротивленіями, включают въ цѣпи гальванометра такъ, какъ это указано на рис. 407.

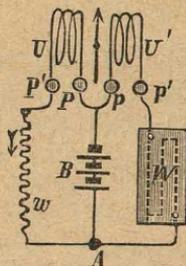


рис. 406.

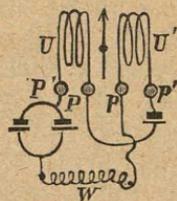


рис. 407.

Цѣпь съ двумя элементами (включенными параллельно) замыкается обмоткой U и сопротивленіемъ W (реостатомъ), а цѣпь съ однимъ элементомъ замыкается обмоткой U'.

Въ обѣихъ цѣпяхъ дѣйствуютъ одинаковыя электровозбудительныя силы, такъ какъ эта послѣдняя не увеличивается при параллельномъ включеніи элементовъ; изъ этого слѣдуетъ, что для уравновѣшенія дѣйствія токовъ, протекающихъ въ обѣихъ цѣпяхъ по противоположному направленію, надо лишь уравнивать сопротивленія.

Если сопротивленіе одного элемента обозначимъ черезъ  $r$ , то сопротивленіе двойного элемента равно  $\frac{r}{2}$ . Сопротивленіе R реостата W, которое необходимо включить для приведенія стрѣлки къ

нулю, должно быть тоже равно  $\frac{r}{2}$ . Поэтому  $R = \frac{r}{2}$ ; откуда  $r = 2R$ .

Если напимърь изъ числа единицъ сопротивленій реостата включены 2 единицы, то сопротивление одного элемента равно 4 такимъ единицамъ. При употребленіи этого способа можно рекомендовать произвести три ряда измѣреній: элементы 1 и 2 противъ 3-го, 1 и 3 противъ 2-го; 2 и 3 противъ 1-го. Въ такомъ случаѣ сопротивление одного элемента будетъ равно  $\frac{2}{3}(R + R_1 + R_2)$ .

Другой удобный и наиболѣе часто употребляемый способъ опредѣленія сопротивленій требуетъ знакомства съ

Мостикомъ Уитстона,

къ описанію котораго мы теперь и обратимся.

а. *Принципъ устройства мостика.* Въ цѣпи развѣтвленнаго тока можно всегда найти двѣ точки, между которыми токъ не протекаетъ ни въ ту, ни въ другую сторону. Каждый изъ этихъ пунктовъ дѣлитъ соответствующую ему вѣтвь цѣпи на двѣ части, которыхъ сопротивленія находятся между собой въ совершенно опредѣленныхъ отношеніяхъ, такъ что, если намъ извѣстно одно изъ этихъ сопротивленій и отношеніе двухъ другихъ, то мы можемъ вычислить четвертое сопротивление (см. рис. 408).

Простѣйшій случай изображенъ схематически на рис. 408. Представимъ себѣ, что мы имѣемъ дѣло не съ электрическимъ токкомъ, но съ водянымъ токкомъ, котораго жидкость поднимается въ Е посредствомъ насоса на нѣкоторую высоту, течетъ по направленію стрѣлки слѣва и затѣмъ опять возвращается къ насосу по направленію стрѣлки справа. Изъ этихъ двухъ цѣпей пусть одна будетъ

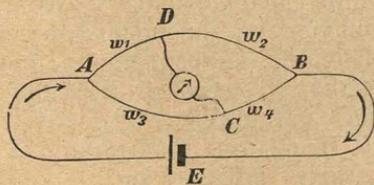


рис. 408.

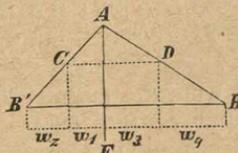


рис. 409.

короче другой. Если мы въ одной изъ цѣпей возьмемъ какую нибудь точку С (рис. 409), то въ другой цѣпи необходимо должна быть точка D, которая лежитъ на той же высотѣ, какъ и С. Если оба

эти пункта соединить трубкой (пунктиръ), то въ этой трубкѣ никакого теченія воды не окажется. Совершенно тоже самое имѣеть мѣсто и относительно электрическаго тока (рис. 408). Пусть и въ этомъ случаѣ пунктъ *C* одной цѣпи соотвѣтствуетъ пункту *D* въ другой цѣпи. Сопротивленія *AC* и *CB* пусть будутъ  $W_1$  и  $W_2$ , а сопротивленія *AD* и *DB*— $W_3$  и  $W_4$ ; тогда по рис. 409 имѣемъ

$$W_1 : W_2 = W_3 : W_4.$$

Отсюда мы выводимъ слѣдующее заключеніе: если двѣ точки *C* и *D* вышеуказаннаго развѣтвленія соединены между собою мостикомъ изъ проволоки, то по этой проволокѣ не проходитъ никакого тока въ томъ случаѣ, когда отношеніе между двумя сопротивленіями, находящимися выше мостика, равно такому же отношенію сопротивленій, находящихся ниже мостика. Такимъ образомъ по исчезновеніи тока въ мостикѣ мы заключаемъ о наступленіи равенства въ отношеніяхъ сопротивленій.

*б. Простѣйшій видъ мостика и опыты съ нимъ* (рис. 410). На какую

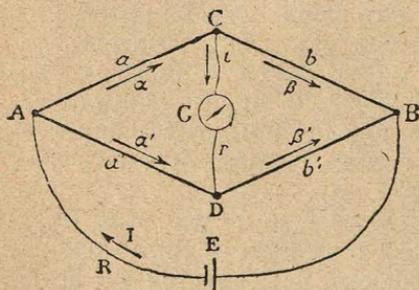


рис. 410.

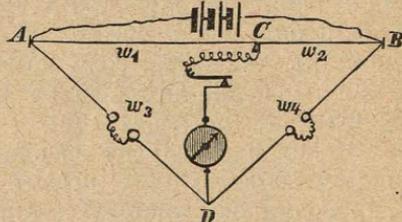


рис. 411.

нибудь подходящую доску навинчиваютъ четыре зажима (безъ желѣзныхъ винтовъ) такъ, чтобы они расположены были по угламъ ромба. Соединимъ *AC* и *CB* одинаковыми проволоками; закрѣпимъ между *A* и *D* извѣстное опредѣленное сопротивление, напр. 1 омъ; въ такомъ случаѣ, если при замыканіи элемента стрѣлка гальванометра (или просто гальваноскопа) останется въ покоѣ, то сопротивление, включенное между *D* и *B*, будетъ тоже равно 1 ому.

Если сдѣлаемъ отношеніе между сопротивленіями *AC* и *CB* равными 1 : 2, то сопротивление, включенное между *D* и *B*, будетъ равно тоже 2 омамъ если только сопротивление между *A* и *D* осталось по прежнему равно 1 ому.

Представимъ себѣ, что точка *C* передвигается по прямо натянутой нейзильберовой проволокѣ *AB* (см. рис. 411), въ видѣ контактнаго

зажима, и что подъ проволокой АВ имѣется метровая шкала съ дѣ-  
лениями. Въ такомъ случаѣ, пока между А и D включено сопроти-  
вление въ 1 омъ, будемъ имѣть въ DB столько омовъ сопротивленія,  
сколько разъ AC содержится въ СВ.

с. *Видоизмѣненіе мостика.* Тонкая нейзильберовая проволока  
длиною въ 1 метръ натянута между латунными зажимами *a* и *b*  
надъ бумажной или латунной полоской въ 1 метръ, подраздѣленной  
на 100 равныхъ частей (см. рис. 412). Между зажимами А и В на-  
тянута латунная проволока діаметромъ въ 3 мм.; по этой  
проволокѣ передвигается съ нѣкоторымъ треніемъ мѣдная  
или латунная трубочка къ которой припаянъ указатель  
С. Этотъ указатель можетъ быть наклоненъ до прикосно-  
венія съ проволокой *ab* и прижимается къ ней отъ дѣй-  
ствія папаяннаго на него свин-  
цовога грузика. Между точкой  
*a* и металлической частью D, которая имѣетъ 3 зажима, а также  
между D и *b*, включаются сравниваемые сопротивления. Мостикъ  
образуется проводомъ между DГВ, гдѣ Г есть гальваноскопъ или галь-  
ванометръ; *aC* и *Сb* даютъ извѣстное, отсчитываемое по шкалѣ,  
отношеніе.

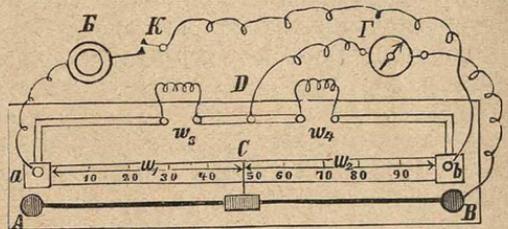


рис. 412.

Такой Уитстоновъ мостикъ располагають на доскѣ длиною въ  
110 см. при ширинѣ отъ 8 до 10 см.

*Опредѣленіе сопротивленія гальваническаго элемента съ по-  
мощью мостика Уитстона.* Если въ одну изъ вѣтвей мостика  
включить изслѣдуемый элементъ E, въ одну изъ діагоналей —  
гальванометръ G, затѣмъ регулировать сопротивления  $W_1$ ,  $W_2$  и  $W_4$   
до тѣхъ поръ, пока стрѣлка гальванометра не измѣняетъ отклоненія  
при размыканіи или замыканіи тока во второй діагонали CD, тогда  
величина отыскиваемого сопротивленія E равна произведенію изъ  
сопротивленій двухъ прилегающихъ сторонъ, раздѣленному на со-  
противленія стороны противоположащей, т. е. имѣемъ

$$X = \frac{W_1 \times W_4}{W_2}. \text{Примѣръ: } W_3 = X;$$

$$W_1 = 1 \Omega; W_2 = 2 \Omega; W_4 = 0,25 \Omega; \text{ тогда}$$

$$X = \frac{1 \times 0,25}{2} = 0,125 \Omega.$$

Этотъ способъ опредѣленія внутренняго сопротивленія элементовъ не зависитъ отъ предположенія, что электровозбудительная сила и сопротивленіе элемента остаются неизмѣнными въ теченіе производства опыта.

*d. Сравненіе сопротивленій* (рис. 412). Если въ вѣтвь  $aD$  ( $w_3$ ) включить магазинъ сопротивленія, а между  $bD$  ( $w_4$ ) включить испытуемую проволоку, то можно весьма быстро опредѣлять величины ихъ сопротивленій, измѣняя сопротивленіе реостата постановкой штепселей или поворотомъ рукоятки (смотря по тому, какого рода магазинъ сопротивленій включенъ въ вѣтвь  $aD$ ). Нажимной контактъ  $C$  помѣщаютъ при этомъ на середину нейзильберовой проволоки. Токъ замыкается ключемъ лишь на то время, которое необходимо, чтобы убѣдиться какое отклоненіе даетъ стрѣлка или же, что она остается въ покой.

Если въ магазинѣ сопротивленій не найдется катушки, или совокупности катушекъ, которыхъ сопротивленіе было бы равно сопротивленію испытуемой проволоки, то передвигаютъ контактъ  $C$  до тѣхъ поръ, пока при нажатіи на ключъ стрѣлка не останется на нуль.

*Примѣръ.* Допустимъ, что между  $aD$  мы включили  $10 \Omega$ , а между  $bD$  — нейзильберовую проволоку съ сопротивленіемъ  $= X \Omega$ ; стрѣлка остается въ покой, когда  $C$  находится на 58 см. отъ  $a$ . Какъ велико сопротивленіе нейзильберовой проволоки?

Мы имѣемъ, что

$$\begin{aligned} w_1 : w_2 &= w_3 : w_4 \\ 58 : (100 - 58) &= 10 : x \\ 58 \cdot x &= 10 \cdot (100 - 58) \\ x &= \frac{10 \cdot 42}{58} = 7,24 \Omega. \end{aligned}$$

*e. Опредѣленіе сопротивленія гальванометра.* Можно было бы замѣнить нейзильберовую проволоку обмоткой гальванометра и тогда ея сопротивленіе было бы равно  $7,24 \Omega$ .

Если имѣютъ въ своемъ распоряженіи только одинъ гальванометръ, то его включают для опредѣленія сопротивленія въ одну изъ вѣтвей (см. рис. 413), включаютъ также два ключа  $S$  и  $S'$ , затѣмъ измѣняютъ  $w_2$  до тѣхъ поръ, пока стрѣлка не перестанетъ отклоняться, все равно, нажимаютъ-ли ключъ  $S$  или  $S'$ . При этомъ имѣютъ

$$g = \frac{w_3}{w_1} \cdot w_2.$$

*f. Мостикъ съ переменными токами.* Чтобы при употребленіи мостика Уитстона существовало вышеупомянутое простое отношеніе

между его вѣтвями, необходимо надо, если въ одну изъ вѣтвей мостика включена батарея, соблюсти то условіе, чтобы въ цѣпи не было другой электровозбудительной силы.

Но такая противодѣйствующая электродвижущая сила появляется, напримѣръ, при измѣреніи сопротивленія жидкихъ проводниковъ (поляризація). Въ такомъ случаѣ для снабженія мостика токомъ употребляютъ переменные токи, а въ другую діагональ включаютъ телефонъ.

Для этой цѣли примѣняютъ небольшой индукціонный аппаратъ *J* (см. рис. 414), который помѣщаютъ однако на столько далеко,

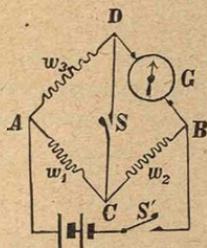


рис. 413.

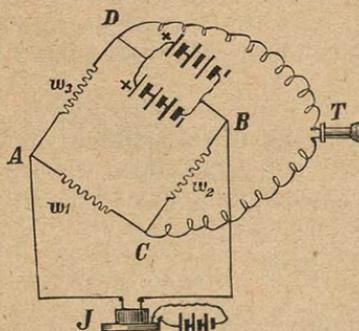


рис. 414.

чтобы не было слышно его жужжаніе; такая спираль даетъ переменные токи. Затѣмъ измѣняютъ сопротивленіе  $w_3$ , пока телефонъ не замолкнетъ или же дастъ едва слышный звукъ; тогда сопротивленіе батареи (фиг. 414) опять равно

$$\frac{w_2 \cdot w_3}{w_1}$$

Можно было бы также и для всѣхъ вышеприведенныхъ измѣреній примѣнить вмѣсто гальванометра, включеннаго въ діагональную вѣтвь, переменные токи и телефонъ. Вмѣсто индукціонной катушки можно употребить медленно вращающійся коммутаторъ, мѣняющій направленіе тока. Еще проще можно поступить такъ: одну изъ проволокъ, ведущихъ къ телефону перерѣзать, къ одному изъ ея концовъ прикрѣпить напильникъ, а другимъ концомъ ея водить во время опыта по напильнику.

*Правило.* Батарею и гальваноскопъ можно взаимно перемѣщать одинъ на мѣсто другого; если желаютъ получить достаточную чувствительность, то никогда не помѣщаютъ гальваноскопъ въ діагональ,

проходящую черезъ такой уголь, въ которомъ встрѣчаются наименьшія сопротивленія.

### Развѣтвленія тока.

Устройство дифференціальныхъ гальванометровъ, Уитстонова мостика, параллельное включеніе лампъ, побочныя соединенія—все это основано на способности электрическаго тока подраздѣляться на отдѣльные токи.

Если токъ  $I$  подраздѣляется посредствомъ нѣсколькихъ сопротивленій  $r_1, r_2, r_3 \dots$  на нѣсколько вѣтвей и соотвѣтствующіе имъ токи суть  $i_1, i_2, i_3 \dots$ , то имѣемъ что:

1) Сумма всѣхъ отвѣтвленныхъ токовъ равна первоначальному току, т. е.

$$i_1 + i_2 + i_3 \dots = I.$$

2) отдѣльные отвѣтвленные токи относятся другъ къ другу обратно какъ сопротивленія, соотвѣтствующихъ имъ проводовъ, (или прямо пропорціонально ихъ проводящей способности); т. е. имѣемъ:

$$i_1 : i_2 : i_3 \dots = \frac{1}{r_1} : \frac{1}{r_2} : \frac{1}{r_3} \dots$$

3) Общая проводимость системы отдѣльныхъ вѣтвей вмѣстѣ взятыхъ равна суммѣ всѣхъ проводимостей отдѣльныхъ вѣтвей:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \dots$$

*Доказательство 2 и 3 пунктовъ (рис. 415 и 416). а.—Для двухъ*

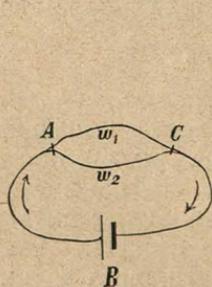


рис. 415.

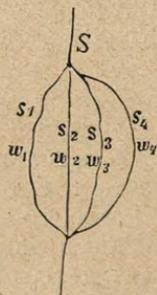


рис. 416.

*проводовъ.* Токъ, текущему отъ А къ С представляются два пути, одинъ черезъ А  $w_1$  С и другой черезъ А  $w_2$  С; если эти пути имѣють

равныя сопротивленія, то токъ долженъ раздѣлиться пополамъ. Если же сопротивленія  $W_1$  и  $W_2$  не равны, то токъ подраздѣляется смотря по величинѣ сопротивленія, а именно такъ, что сила тока въ  $W_1$

$$i_1 = \frac{\text{напряженію между AC}}{\text{сопротивленіе } W_1} ;$$

для другой вѣтви имѣемъ

$$i_2 = \frac{\text{напряженію между AC}}{\text{сопротивленіе } W_2} .$$

Если эти уравненія раздѣлить одно на другое, то получимъ

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{W_2}{W_1} .$$

Отсюда видно, что токъ подраздѣляется такъ, что силы токовъ въ отдѣльныхъ вѣтвяхъ обратно пропорціональны соответствующимъ имъ сопротивленіямъ.

Общая сила тока  $I = i_1 + i_2$ ; т. е. равна

$$\frac{\text{напряженію между AC}}{W_1} + \frac{\text{напряженію между AC}}{W_2} .$$

Если мы замѣнимъ обѣ вѣтви однимъ проводомъ X, то имѣемъ

$$I = \frac{\text{напряженію между AC}}{X} = \frac{\text{напряженію между AC}}{W_1} + \frac{\text{напряженію между AC}}{W_2} ;$$

или, такъ какъ числители дробей одинаковы, имѣемъ

$$\frac{1}{X} = \frac{1}{W_1} + \frac{1}{W_2} .$$

Отсюда слѣдуетъ, что одинъ проводъ можетъ замѣнить развѣтвленіе въ томъ случаѣ, когда его сопротивленіе равно произведенію изъ величинъ сопротивленій этихъ вѣтвей, раздѣленному на сумму этихъ сопротивленій.

в. — Для трехъ проводовъ (рис. 417).

Если на основаніи предыдущаго замѣнить  $W_1$  и  $W_2$  однимъ проводомъ X, то имѣемъ

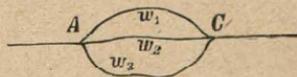


рис. 417.

$$\frac{1}{X} = \frac{1}{W_1} + \frac{1}{W_2} .$$

Затѣмъ мы можемъ  $X$  и  $W_3$  замѣнить проводомъ  $Y$ , тогда получимъ

$$\frac{1}{Y} = \frac{1}{X} + \frac{1}{W_3};$$

$$\frac{1}{Y} = \frac{1}{W_1} + \frac{1}{W_2} + \frac{1}{W_3}; \text{ откуда и получаемъ}$$

$$Y = \frac{W_1 \cdot W_2 \cdot W_3}{W_1 \cdot W_2 + W_1 \cdot W_3 + W_2 \cdot W_3}.$$


---

## ГЛАВА XVI.

### Техническія замѣтки.

Въ началѣ электрикъ-практикъ довольствуется своими грубо изготовленными приборами. Съ теченіемъ времени онъ начинаетъ однако чувствовать потребность изготовлять приборы нѣсколько болѣе изящными, такъ чтобы ихъ можно было показать съ удовольствіемъ и другимъ лицамъ. Для достиженія этой цѣли электрику-практику надо научиться раньше всего окраскѣ дерева и приобрести въ ней навыкъ, затѣмъ нужно научиться его лакировкѣ, а также покрытію лакомъ хорошо опиленныхъ и обточенныхъ латунныхъ и мѣдныхъ предметовъ.

Дерево предварительно хорошо гладко обтирается стеклянной бумагой и пемзой, а затѣмъ его покрываютъ равномернo посредствомъ широкой кисти либо копаловымъ лакомъ, либо, для достиженія еще большаго глянца, его покрываютъ довольно густымъ растворомъ шеллака и когда оно просохнетъ, тогда полируютъ съ помощью полотняной тряпочки и льнянаго масла; это очень скоро можно дѣлать при нѣкоторомъ навыкѣ на токарномъ станкѣ. Дѣло значительно облегчается, если любитель можетъ научиться у хорошаго столяра и токаря.

Вѣлому дереву сообщаютъ краснобурое окрашиваніе тѣмъ, что погружаютъ его въ горячій отваръ измолотаго катеху; послѣ высушиванія приступаютъ къ лакировкѣ и полировкѣ.

Для латуни и мѣди изготовляютъ лакъ изъ свѣтлаго раствора шеллака въ спиртѣ; для латуни къ этому раствору прибавляютъ еще нѣкоторое количество раствора пикриновой кислоты въ спиртѣ; для мѣди прибавляютъ растворъ драконовой крови въ спиртѣ. Лакъ наносятъ на подогрѣтый металлъ (настолько подогрѣтый, чтобы можно было еще держать въ рукахъ) широкой кистью съ одного приѣма и возможно равномернo.

Черный блестящій лакъ для желѣза готовится изъ асфальта, растворивъ асфальтъ въ скипидарѣ; этотъ лакъ наносится тоже на подогрѣтые предметы.

Другіе лаки для металловъ. Растворяютъ двѣ части сандарака, 1 ч. копаловаго лака, 1 ч. мастики и 1 ч. бензола (каменно-угольнаго) въ 8 ч. спирта (96%) и къ готовому раствору прибавляютъ 1 ч. скипидара изъ лиственницы.

Можно также растворить 6 ч. сандарака и 3 ч. мастики въ смѣси изъ 6 ч. обыкновеннаго скипидара съ 2 ч. скипидара изъ лиственницы. Къ готовому раствору приливаютъ 8 ч. спирта, въ которомъ могутъ быть заранѣе растворены въ желаемомъ количествѣ

нѣкоторыя красящія вещества въ родѣ куркумы, гумми-гута, драконо-  
вой крови и т. п., для сообщенія предметамъ желаемой окраски.

### Способъ приданія латуни чернаго цвѣта.

Можно сообщить поверхности предметовъ, изготовленныхъ изъ латуни, прекрасный черный цвѣтъ, который можно измѣнять до свѣтло-коричневаго, посредствомъ обработки латунной поверхности аммиачнымъ растворомъ мѣди. Этотъ растворъ готовится слѣдующимъ образомъ: 1 часть азотномѣдной соли растворяютъ въ 2 ч. воднаго амміака удѣльнаго вѣса 0,96 и сохраняютъ растворъ на холоду. Поверхность латунныхъ предметовъ должна быть очень хорошо очищена. При погруженіи этихъ предметовъ въ вышеназванную жидкость на непродолжительное время они приобрѣтаютъ свѣтлый черный тонъ, а при продолжительномъ погруженіи (въ нѣсколько часовъ) окрашиваются въ густой черный цвѣтъ. Такимъ образомъ окрашеннымъ предметамъ можно сообщить глянecъ, натирая ихъ поверхность небольшимъ количествомъ воска или вазелина. Соляной кислотой можно слишкомъ густую черную окраску опять просвѣтлить. Составныя части латуни имѣютъ вліяніе на окраску, напоминающую цвѣтъ японской бронзы, которую получаютъ, быть можетъ, подобнымъ же образомъ.

### П р и п о и.

1 ч. олова, 3 ч. свинца, составляютъ грубый свинцовый припой; плавится при  $270^{\circ}$  Ц.; употребляется съ канифолью или съ паяльной жидкостью (насыщенный растворъ цинка въ соляной кислотѣ).

1 ч. олова, 2 ч. свинца, обыкновенный припой; плавится при  $229^{\circ}$  Ц.; кан. или паяльн. жидк.

1 ч. олова, 1 ч. свинца, особенно хорошій припой; плавится при  $188^{\circ}$  Ц.; кан. или паяльн. жидк.

1,5 ч. олова, 1 ч. свинца, оловянный припой; плавится при  $180^{\circ}$  Ц.; кан. или паяльн. жидк.

2 ч. олова, 1 ч. свинца, особенно хорошъ, плавится при  $171^{\circ}$  Ц.; кан. или паяльн. жидк.

19 ч. серебра, 1 ч. мѣди, 1 ч. латуни; серебряный припой для золотыхъ дѣлъ мастеровъ; употребляется съ бурой.

5 ч. серебра, 5 ч. латуни, 5 ч. олова; легко плавится; употребляется съ бурой.

4 ч. свинца, 4 ч. олова, 1 ч. висмута; плавится при  $160^{\circ}$  Ц.; канифоль или паяльная жидкость.

2 ч. свинца, 5 ч. олова, 3 ч. висмута; плавится при  $111^{\circ}$  Ц.; канифоль или паяльная жидкость.

## 1. Таблица мѣръ метрической системы.

1 метръ = 10 дециметр. = 100 сантиметр. = 1000 миллиметр. = 0,4687 саж. = 1,4061 арш.  
= 3,2809 фут. = 39,3708 дм.

1 километръ = 1000 метр. = 0,9374 версты.

1 кв. метръ = 0,21968 кв. саж. = 1,97712 кв. арш. = 10,7643 кв. фут. = 1550,06 кв. дюйма.

1 гектаръ = 100 арамъ = 0,91533 десятины; 1 аръ = 100 сантиарамъ = 100 кв. метрамъ.

1 кубич. метръ = 0,102964 куб. саж. = 2,78002 кубич. арш. = 3 166 кубич. фут.  
= 61027,1 кубич. дюйма.

1 литръ = 1 кубич. дециметру =  $\frac{1}{1000}$  куб. метра. = 61,027 куб. дм. = 0,081308 ведра.

1 гектолитръ = 10 декалитрамъ = 100 литрамъ =  $\frac{1}{10}$  кубич. метра = 3,81131 четве-  
рика = 8,13 ведра.

1 декалитръ = 10 литрамъ =  $\frac{1}{100}$  кубич. метра = 0,81308 ведра.

1 стеръ = 10 децистерамъ = 1 кубич. метру = 0,10296 кубич. саж.

## 2. Таблица для перевода метровъ въ сажени, футы, дюймы, аршины и вершки.

Метры.	Сажени.	Футы.	Дюймы.	Аршины.	Вершки.
П о г о н ы е.					
1	0,468700	3,28090	39,3708	1,406100	22,4967
2	0,937400	6,56180	78,7416	2,812199	44,9952
3	1,406100	9,84270	118,1124	4,218299	67,4928
4	1,874800	13,12360	157,4832	5,624399	89,9904
5	2,343499	16,40450	196,8540	7,030498	112,4880
6	2,812199	19,68539	236,2247	8,436598	134,9856
7	3,280899	22,96629	275,5955	9,842698	157,4832
8	3,749599	26,24719	314,9663	11,248798	179,9808
9	4,218299	29,52809	354,3371	12,654897	202,4784
10	4,686999	32,80899	393,7079	14,060997	224,9759

## К в а д р а т н ы е.

1	0,219680	10,7643	1550,06	1,97712	506,143
2	0,439359	21,5286	3100,12	3,95424	1012,285
3	0,659039	32,2929	4650,18	5,93136	1518,428
4	0,878718	43,0572	6200,24	7,90848	2024,571
5	1,098398	53,8215	7750,30	9,88560	2530,714
6	1,318077	64,5858	9300,35	11,86272	3036,856
7	1,537757	75,3501	10850,41	13,83984	3542,999
8	1,757437	86,1144	12400,47	15,81696	4049,142
9	1,977116	96,8787	13950,53	17,79408	4555,284
10	2,196796	104,6430	15500,59	19,77120	5061,427

Метры.	Сажени.	Футы.	Дюймы.	Аршины.	Вершки.
К у б и ч н ы е.					
1	0,102964	35,3166	61027,1	2,78002	11386,98
2	0,205928	70,6332	122054,1	5,56005	22773,96
3	0,308891	105,9497	183081,2	8,34007	34160,94
4	0,411855	141,2663	244108,2	11,12010	45547,92
5	0,514819	176,5829	305135,3	13,90012	56934,90
6	0,617783	211,8995	366162,3	16,68015	68321,88
7	0,720747	247,2161	427189,4	19,46017	79708,86
8	0,823710	282,5326	488216,4	22,24020	91095,84
9	0,926674	317,8492	549243,5	25,02022	102482,82
10	1,029638	353,1658	610270,5	27,80025	113869,80

3. Таблица для перевода частей метра въ дюймы.

Смѣтк.	М и л л и м е т р ы.									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,00	0,03	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,31	0,35
1	0,39	0,43	0,47	0,51	0,55	0,59	0,63	0,67	0,71	0,75
2	0,79	0,83	0,87	0,91	0,94	0,98	1,02	1,06	1,10	1,14
3	1,18	1,22	1,26	1,30	1,34	1,38	1,42	1,46	1,50	1,53
4	1,57	1,61	1,65	1,69	1,73	1,77	1,81	1,85	1,89	1,93
5	1,97	2,01	2,05	2,09	2,13	2,16	2,20	2,24	2,28	2,32
6	2,36	2,40	2,44	2,48	2,52	2,56	2,60	2,64	2,68	2,72
7	2,76	2,79	2,83	2,87	2,91	2,95	2,99	3,03	3,07	3,11
8	3,15	3,19	3,23	3,27	3,31	3,35	3,39	3,42	3,46	3,50
9	3,54	3,58	3,62	3,66	3,70	3,74	3,78	3,82	3,86	3,90
10	3,94	3,98	4,02	4,05	4,09	4,13	4,17	4,21	4,25	4,29
11	4,33	4,37	4,41	4,45	4,49	4,53	4,57	4,61	4,65	4,68
12	4,72	4,76	4,80	4,84	4,88	4,92	4,96	5,00	5,04	5,08
13	5,12	5,16	5,20	5,24	5,28	5,31	5,35	5,39	5,43	5,47
14	5,51	5,55	5,59	5,63	5,67	5,71	5,75	5,79	5,83	5,87
15	5,91	5,94	5,98	6,02	6,06	6,10	6,14	6,18	6,22	6,26
16	6,30	6,34	6,38	6,42	6,46	6,50	6,54	6,57	6,61	6,65
17	6,69	6,73	6,77	6,81	6,85	6,89	6,93	6,97	7,01	7,05
18	7,09	7,13	7,16	7,20	7,24	7,28	7,32	7,36	7,40	7,44
19	7,48	7,52	7,56	7,60	7,64	7,68	7,72	7,76	7,79	7,83
20	7,87	7,91	7,95	7,99	8,03	8,07	8,11	8,15	8,19	8,23
21	8,27	8,31	8,35	8,39	8,42	8,46	8,50	8,54	8,58	8,62
22	8,66	8,70	8,74	8,78	8,82	8,86	8,90	8,94	8,98	9,02
23	9,05	9,09	9,13	9,17	9,21	9,25	9,29	9,32	9,37	9,41
24	9,45	9,49	9,53	9,57	9,61	9,65	9,68	9,72	9,76	9,80
25	9,84	9,88	9,92	9,96	10,00	10,04	10,08	10,12	10,16	10,20

Салтик.	М и л л и м е т р ы.									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
26	10,24	10,28	10,31	10,35	10,39	10,43	10,47	10,51	10,55	10,59
27	10,63	10,67	10,71	10,75	10,79	10,83	10,87	10,91	10,94	10,98
28	11,02	11,06	11,10	11,14	11,18	11,22	11,26	11,30	11,34	11,38
29	11,42	11,46	11,50	11,54	11,57	11,61	11,65	11,69	11,73	11,77
30	11,81	11,85	11,89	11,93	11,97	12,01	12,05	12,09	12,13	12,17
31	12,20	12,24	12,28	12,32	12,36	12,40	12,44	12,48	12,52	12,56
32	12,60	12,64	12,68	12,72	12,76	12,79	12,83	12,87	12,91	12,95
33	12,99	13,03	13,07	13,11	13,15	13,19	13,23	13,27	13,31	13,35
34	13,39	13,42	13,46	13,50	13,54	13,59	13,62	13,66	13,70	13,74
35	13,78	13,82	13,86	13,90	13,94	13,98	14,02	14,09	14,05	14,13
36	14,17	14,21	14,25	14,29	14,33	14,37	14,41	14,45	14,49	14,53
37	14,57	14,61	14,65	14,68	14,72	14,72	14,80	14,84	14,88	14,92
38	14,96	15,00	15,04	15,08	15,12	15,16	15,20	15,24	15,28	15,31
39	15,35	15,39	15,43	15,47	15,51	15,55	15,59	15,63	15,67	15,71
40	15,75	15,79	15,83	15,87	15,91	15,94	15,98	16,02	16,06	16,10
41	16,14	16,18	16,22	16,26	16,30	16,34	16,38	16,42	16,46	16,50
42	16,54	16,57	16,61	16,65	16,69	16,73	16,77	16,81	16,85	16,89
43	16,93	16,97	17,01	17,05	17,09	17,13	17,17	17,20	17,24	17,28
44	17,32	17,36	17,40	17,44	17,48	17,52	17,56	17,60	17,64	17,68
45	17,72	17,76	17,80	17,83	17,87	17,91	17,95	17,99	18,03	18,07
46	18,11	18,15	18,19	18,23	18,27	18,31	18,35	18,39	18,42	18,46
47	18,50	18,54	18,58	18,62	18,66	18,70	18,74	18,78	18,82	18,86
48	18,90	18,94	19,98	19,02	19,05	19,09	19,13	19,17	19,21	19,25
49	19,29	19,33	19,37	19,41	19,45	19,49	19,53	19,57	19,61	19,65
50	19,68	19,72	19,76	19,80	19,84	19,88	19,92	19,96	20,00	20,04

4. Таблица для перевода погонных дюймовъ, футовъ, сажень, аршинъ, вершковъ въ метры.

	Дюймы въ миллим.	Футы.	Сажени.	Аршинны.	Вершки.
		в ъ м е т р ы.			
1	25,400	0,3048	2,134	0,711	0,0444
2	50,799	0,6096	4,267	1,422	0,0889
3	76,199	0,9144	6,401	2,134	0,1333
4	101,598	1,2192	8,534	2,845	0,1778
5	126,998	1,5240	10,668	3,556	0,2222
6	152,397	1,8290	12,801	4,267	0,2667
7	177,797	2,1336	14,935	4,978	0,3111
8	203,196	2,4383	17,068	5,689	0,3556
9	228,596	2,7431	19,202	6,401	0,4000
10	253,995	3,0479	21,336	7,112	0,4445

## 5. Метрическая таблица вѣса.

- 1 граммъ = 10 дециграмъ. = 100 центигр = 1000 миллигр. = 0,23442 зол. = 22,505 долямъ.  
 1 килограммъ = 10 гектограмъ. = 100 декаграмъ. = 1000 грамъ. = 2,4419 русскимъ фунт.  
 = вѣсу литра воды при наибольшей ея плотности и атмосфер. давл. 760 милим.  
 1 новый (нѣмецкій) фунтъ =  $\frac{1}{2}$  килограмма.  
 1 центнеръ = 100 кило =  $\frac{1}{10}$  тонны = 6,10475 пудамъ.

## 6. Таблица перевода русского вѣса въ метрической и обратно.

а) Переводъ золотниковъ въ граммы, фунтовъ и пудовъ въ килограммы.

	золотники	фунты	пуды		золотники	фунты	пуды
	въ граммы	въ килограммы.			въ граммы	въ килограммы.	
1	4,2658	0,40952	16,38	8	34,1264	3,27614	131,04
2	8,5316	0,81903	32,76	9	38,3922	3,68565	147,42
3	12,7974	1,22855	49,14	10	42,6580	4,09517	163,80
4	17,0632	1,63807	65,52	$\frac{1}{3}$	0,5332	0,05119	2,05
5	21,3290	2,04759	81,90	$\frac{1}{4}$	1,0664	0,10238	4,09
6	25,5948	2,45710	98,28	$\frac{1}{2}$	2,1329	0,20476	8,19
7	29,8606	2,86662	114,66	$\frac{3}{4}$	3,1992	0,30714	12,27

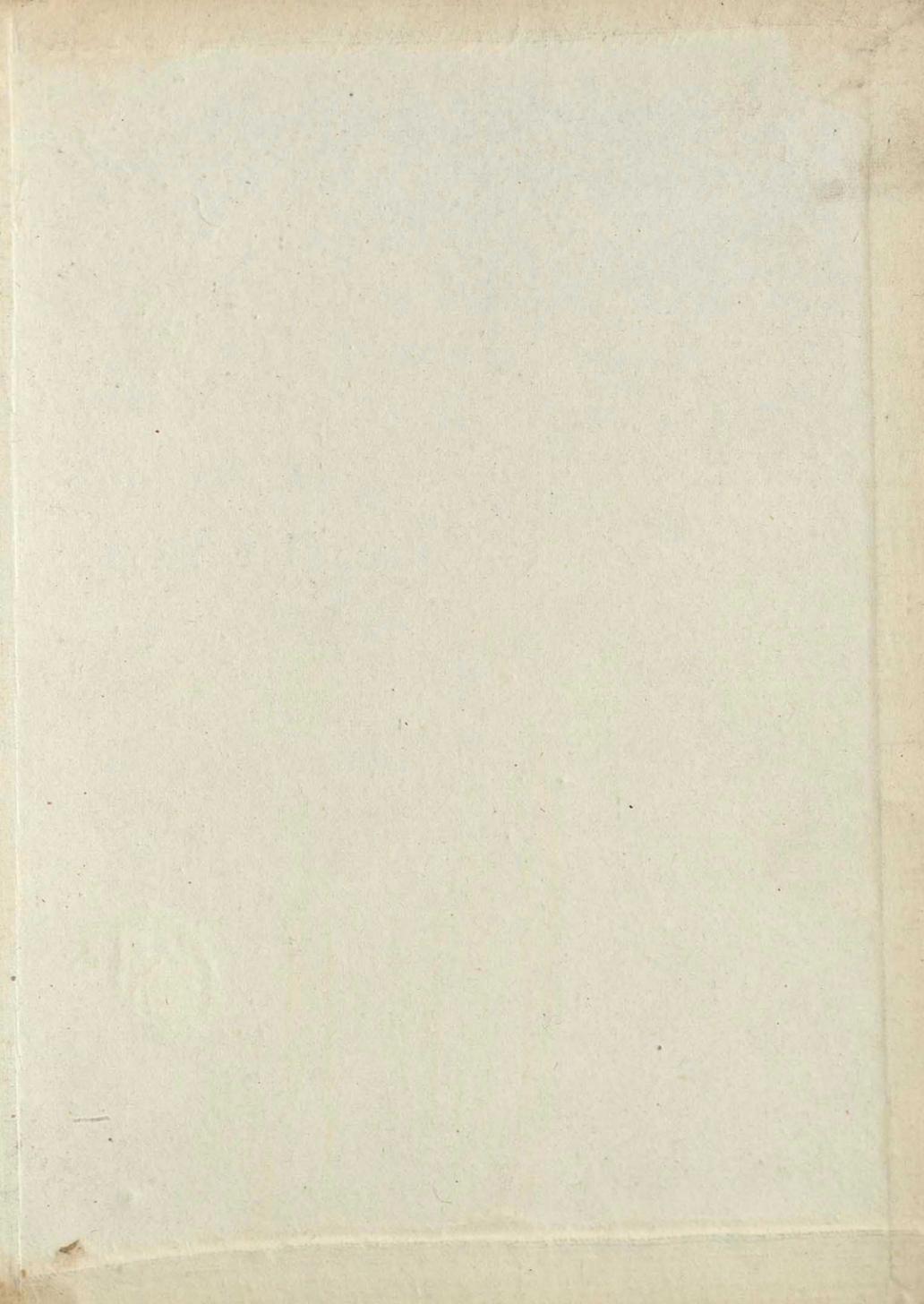
б) Переводъ граммовъ въ золотники, килограммовъ въ фунты и пуды

	граммы	килограммы			граммы	килограммы	
	въ золотники	въ фунты	въ пуды		въ золотники	въ фунты	въ пуды.
1	0,23442	2,442	0,061	8	1,87536	19,536	0,488
2	0,46884	4,884	0,122	9	2,10978	21,978	0,549
3	0,70326	7,326	0,183	10	2,34420	24,420	0,610
4	0,93768	9,768	0,244	$\frac{1}{3}$	0,02930	0,305	0,007
5	1,17210	12,210	0,305	$\frac{1}{4}$	0,05860	0,610	0,015
6	1,40652	14,652	0,366	$\frac{1}{2}$	0,11721	1,221	0,030
7	1,64094	17,094	0,427	$\frac{3}{4}$	0,17580	1,830	0,045



44

прим  
МЗ





2011143474