

ЖУРНАЛЪ
РУССКАГО
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАГО ОБЩЕСТВА

при Императорскомъ С.-Петербургскомъ Университетѣ.

Томъ XXVIII.

ЧАСТЬ ФИЗИЧЕСКАЯ

ИЗДАНА ПОДЪ РЕДАКЦІЮ

И. БОРГМАНА.

Корректуру держалъ Е. Роговскій.

ОТДѢЛЪ ПЕРВЫЙ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Тип. В. Демакова, Новый пер., 7.
1896.



ФИЗИЧЕСКІЙ ОТДѢЛЪ

ОТДѢЛЪ ПЕРВЫЙ

Приборъ для обнаруженія и регистрированія электрическихъ колебаній.

А. С. Попова.

Содержаніе настоящей статьи въ главной своей части было предметомъ сообщенія въ апрѣльскомъ собраніи физическаго отдѣленія нашего общества; теперь прибавлены только результаты испытаній предложеннаго мною прибора, сдѣланныхъ въ Лѣсномъ Институтѣ Г. А. Любославскимъ, и нѣкоторые опыты, произведенные съ цѣлю выясненія какъ явленія, лежащаго въ основаніи устроеннаго прибора, такъ и условій дѣйствія самого прибора.

Въ началѣ текущаго года я занялся воспроизведеніемъ нѣкоторыхъ опытовъ Лоджа ¹⁾ надъ электрическими колебаніями съ цѣлю пользоваться ими на лекціяхъ; но первыя же попытки показали мнѣ, что явленіе, лежащее въ основѣ этихъ опытовъ, — измѣненіе сопротивленія металлическихъ опилокъ подъ вліяніемъ электрическихъ колебаній, — довольно непостоянно; чтобы овладѣть явленіемъ, пришлось перепробовать нѣсколько комбинацій. Въ результатѣ я пришелъ къ устройству прибора, служащаго для объективныхъ наблюденій электрическихъ колебаній, пригоднаго какъ для лекціонныхъ цѣлей, такъ и для регистрированія электрическихъ пертурбацій, происходящихъ въ атмосферѣ. Попутно я сдѣлалъ нѣкоторые опыты съ цѣлю выясненія основнаго явленія, но оговариваюсь, что само по себѣ явленіе не было предметомъ моего изслѣдованія.

¹⁾ O. I. Lodge: The work of Hertz. The Electrician. Vol. XXXIII.

Въ 1891 году Бранли открылъ, что тонкіе слои металла, осажденные на стеклѣ, эбонитѣ и т. п., а также металлическіе порошки обладаютъ способностью мгновенно измѣнять свое сопротивленіе электрическому току, если вблизи ихъ произойдетъ разрядъ электрофорной машины или индукціонной катушки.

Не столь значительно, но все-таки замѣтно измѣняется сопротивление порошка, если временно будетъ чрезъ него пропущенъ токъ батареи изъ большого числа элементовъ. Сопротивленіе подвляніемъ разряда вообще уменьшается, хотя существуютъ исключенія; тонкій слой платины (платиновое зеркало) иногда увеличиваетъ сопротивление ¹⁾. Эти свойства порошка сохраняются, если порошокъ будетъ помѣщенъ въ непроводящей жидкости, канадскомъ бальзамѣ (Бранли), или даже въ такихъ средахъ, какъ почти сухой коллодіонъ и желатина (Минчинъ ²⁾, или въ гуттаперчѣ (Аппльярдь ³⁾.

Механическія сотрясенія возвращаютъ снова опилкамъ прежнее состояніе, характеризуемое большимъ сопротивленіемъ. Дѣйствіе разряда опять можетъ уменьшить его, и снова встряхиваніемъ можно получить прежнія величины сопротивленія.

Минчинъ, а затѣмъ Лоджъ примѣнили эти свойства металлическихъ порошковъ къ обнаруженію Гертцевыхъ электрическихъ лучей ⁴⁾; а въ послѣднее время Бернадскій ⁵⁾ описалъ опыты въ формѣ, болѣе близкой къ Гертцевымъ.

Причину явленія Бранли видитъ въ томъ, что въ моментъ разряда всѣ близъ лежащія, почти не прикасающіяся между собой, зерна порошка заряжаются какъ конденсаторы и благодаря взаимному притяженію наступаетъ лучшее прикосновеніе между ними. Дѣйствительно, измѣненіе сопротивления отъ электрическаго колебанія — того же знака и порядка, какое можно получить прессованіемъ порошка. Минчинъ, основываясь на томъ, что въ его опытахъ подвижность отдѣльныхъ зеренъ была стѣснена и чувствительность при высыханіи желатины убывала, объясняетъ уменьшеніе сопротивления молекулярнымъ движеніемъ, — измѣненіемъ расположенія молекулъ, подвергшихся дѣйствію электромагнитнаго возмущенія (rearrangement of the molecules). Лоджъ, имѣя въ виду ра-

¹⁾ E. Branly. Comptes Rendas. Vol. CXI и CXII.

²⁾ G. M. Minchin. The Philosophical Magazin. Vol. 37.

³⁾ R. Appleyard. Тамъ же. Vol. 38.

⁴⁾ См. цитированныя выше статьи.

⁵⁾ Wied. Ann. Bd. 55, 599, 1895.

нѣе извѣстные факты, что отдѣльныя капли въ струѣ жидкости и даже двѣ отдѣльныя, но близкія струи соединяются между собой ¹⁾ подѣ влияніемъ даже слабыхъ электрическихъ силъ, и принимая во вниманіе аналогичное явленіе — уничтоженіе тумана и дыма электризаціей, считаетъ возможнымъ объяснить подобнымъ образомъ и способность порошковъ къ уменьшенію сопротивленія подѣ дѣйствіемъ электрическихъ силъ. Лоджъ предполагаетъ, что близь лежація частицы, когда къ дѣйствующей между ними силѣ частичнаго притяженія присоединяется еще электрическая сила, окончательно соединяются между собой и наступаетъ то явленіе, которое въ физикѣ характеризуется словомъ «сипленіе» (cohesion). Позднѣе въ своей лекціи «The Work of Hertz» онъ для характеристики механизма явленія, между прочимъ, употребляетъ фразу: «it is a singular variety of electric welding», т. е. уподобляетъ связь, образуемую въ порошокѣ, электрическому свариванію. Я съ своей стороны раздѣляю послѣдній взглядъ Лоджа, придавая болѣе значенія слову «свариваніе», чѣмъ то дѣлаетъ Лоджъ. Я подразумеваю именно подѣ словомъ «свариваніе» возможность образованія въ порошокѣ нитей сплошнаго металла по линіямъ происшедшаго разряда; причемъ способность различныхъ металловъ къ свариванію, понимаемому въ буквальномъ смыслѣ, стоитъ въ нѣкоторомъ соотношеніи къ чувствительности порошковъ, какъ то будетъ видно изъ опытовъ, описанныхъ ниже.

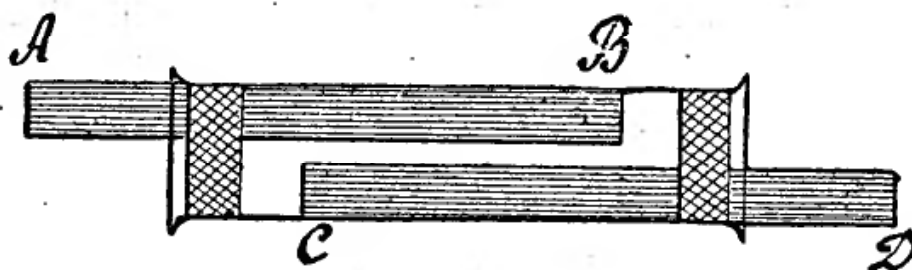
Прежде всего я пожелалъ дать такую форму прибору съ опилками, чтобы имѣть возможное постоянство чувствительности. При этомъ, руководясь высказаннымъ взглядомъ на явленіе, надо было испытывать такое расположеніе частей цѣпи, содержащей опилки, чтобы увеличить шансы образованія нитей металла по линіямъ тока. Лучшіе результаты получились въ слѣдующихъ комбинаціяхъ.

1). Внутри стеклянной трубки, длиной около 7 сантиметровъ и діаметромъ около 1 сантиметра, сквозь пробки натянуты двѣ параллельныя проволоки, не касающіяся между собой. Опилки насыпаны въ трубку такъ, что они только немного ея не заполняютъ. Эта форма прибора очень удобна для опытовъ съ грубымъ гальванометромъ и разрядомъ электрофора. Наклономъ трубки можно регулировать величины сопротивленія, такъ какъ въ вертикальномъ положеніи порошокъ спрессовывается своимъ вѣсомъ.

¹⁾ O. I. Lodge: «On the Sudden Acquisition of Conducting-Power by a Series of Discrete Metallic Particles» Phil. Mag. Vol. 37.

2) Желѣзные опилки, висящiе на маленькомъ прямомъ магнитѣ въ видѣ кисти, опирающей на металлическую пластинку или чашку. Въ этомъ случаѣ нити опилокъ уже образованы магнитными силами и электрическiй разрядъ только даетъ имъ проводимость. Подобная форма, какъ я потомъ узналъ, была съ успѣхомъ применена къ измѣрительнымъ опытамъ ¹⁾.

3) Наиболее удачная форма по значительной чувствительности, при достаточномъ постоянствѣ, выполнена слѣдующимъ образомъ. Внутри стеклянной трубки, на ея стѣнкахъ, приклеены двѣ полоски тонкой листовой платины *AB* и *CD* почти во всю длину трубки (см. черт.). Одна полоска выведена на вѣшнюю поверхность съ одного конца трубки, другая съ противоположнаго конца. Полоски платины своими краями лежатъ на разстоянiи около 2-хъ миллиметровъ, при ширинѣ 8-ми миллиметровъ; внутреннiе концы полосокъ *B* и *C* не доходятъ до пробокъ, закрывающихъ трубку, чтобы порошокъ, въ ней помѣщенный, не могъ, набившись подъ пробку, образовать неразрушаемыхъ сотрясенiями проводящихъ нитей, какъ то случалось въ нѣкоторыхъ моделяхъ. Длина всей трубки достаточна въ 6—8 сантиметровъ при диаметрѣ около 1 сантиметра. Фигура 1-я представляетъ разрѣзъ трубки по диаметральной плоскости.



Фиг. 1.

Трубка при своемъ дѣйствiи располагается горизонтально, такъ что полоски лежатъ въ нижней ея половинѣ и металлическiй порошокъ вполне покрываетъ ихъ. Однако лучшее дѣйствiе получается въ томъ случаѣ, если трубка наполнена не болѣе, чѣмъ на половину.

Во всѣхъ опытахъ какъ на величину, такъ и на постоянство чувствительности влiяютъ размѣры зеренъ металлическаго порошка и вещество его. Наилучшiе результаты получаются при употребленiи желѣзнаго порошка, извѣстнаго въ продажѣ подъ названiемъ *ferrum*

¹⁾ Рефератъ въ 1 выпускѣ Журн. Русск. Физико-Химич. Общества стр. 17 1895 г.

pulveratum»; желѣзо, извѣстное подъ названіемъ «*ferrum, hydrogenio reductum*», даетъ слишкомъ большія величины сопротивленія; болѣе крупныя опилки даютъ по временамъ очень большую чувствительность, но не постоянную. Довольно удовлетворительные результаты получаются съ мѣднымъ порошкомъ, полученнымъ возстановленіемъ накаленного порошка окиси мѣди метиловымъ спиртомъ. Металлическія опилки свѣже напиленные не годятся для опытовъ вслѣдствіе того, что имѣютъ очень малое сопротивленіе; существованіе тонкаго слоя окисла, повидимому, необходимо для рѣзкаго измѣненія сопротивленія.

Первая и третья формы прибора были употребляемы мною въ опытахъ, служащихъ, какъ мнѣ кажется, нѣкоторыми аргументами въ пользу поддерживаемаго мной взгляда на явленіе. Желая получить болѣе однообразія въ строеніи порошка, я взялъ вмѣсто опилокъ мелкую дробь; оказалось, что она представляетъ слишкомъ большія величины сопротивленія и не обнаруживаетъ чувствительности къ разряду, даже сильному и проходящему непосредственно чрезъ трубку. Поверхность этой дроби имѣла блестящій, черный цвѣтъ; я освѣжилъ ее, встряхивая дробь въ сосудѣ, стѣнки котораго были покрыты стеклянной шкуркой; тогда дробь, помѣщенная въ трубкѣ съ проволоками, давала сопротивленія въ десятки тысячъ омовъ, но отъ разряда теряла проводимость, т. е. сопротивленіе трубки возрастало за 100,000 омъ. Другого сорта дробь, поверхность которой имѣла видъ графита, давала лучшую проводимость и всегда измѣняла сопротивленіе въ сторону уменьшенія его. Первый сортъ дроби содержалъ сурьму, сплавъ былъ жесткій; второй сортъ былъ почти изъ чистаго свинца.

Получивъ такой результатъ съ дробью, я взялъ для испытанія порошокъ истолченной сурьмы; какъ и другіе свѣже приготовленные порошки, онъ обладалъ очень большою проводимостью, но, будучи окисленъ нагрѣваніемъ, онъ пріобрѣлъ особенныя свойства по отношенію къ разряду; — его состояніе было совершенно неустойчиво: сопротивленіе отъ разряда то увеличивалось, то уменьшалось. Случалось и такъ, что проводимость, пріобрѣтенная порошкомъ отъ электрическаго колебанія, при слѣдующемъ разрядѣ исчезала; только очень энергическіе разряды въ слегка спрессованномъ порошокѣ давали однообразный результатъ, — именно уменьшеніе сопротивленія.

Эти опыты, а также опытъ съ платиновымъ слоемъ (Бранли) и совершенная нечувствительность къ разрядамъ угольнаго порошка

(Лоджъ), при сопоставленіи съ опытами Спринга надъ свариваніемъ различныхъ металловъ¹⁾ при низкихъ температурахъ, наводятъ на мысль, что въ порошкахъ подъ вліяніемъ разряда происходитъ связь между частицами такого же характера и отъ подобныхъ же причинъ, какъ и въ опытахъ Спринга надъ свариваніемъ металловъ.

Сюрма оказывается неспособной къ свариванію при температурахъ ниже плавленія; платина сваривается съ трудомъ и только при очень высокихъ температурахъ; а уголь сваривается только въ вольтовой дугѣ. Въ моментъ разряда чрезъ слабые контакты прикасающіяся частицы могутъ нагрѣться (т. е. получить значительныя приращенія въ живой силѣ), не смотря на очень малую энергію разряда, потому что эта энергія выдѣляется мгновенно въ весьма маломъ объемѣ вещества и, какъ тепловая энергія, медленно разсѣивается.

Для повѣрки такого взгляда я сдѣлалъ еще опытъ съ окисью мѣди; порошокъ зернистой окиси мѣди былъ помѣщенъ между двухъ серебрянныхъ монетъ и для увеличенія проводимости сжать; онъ оказался, какъ и слѣдовало ожидать, нечувствителенъ къ разряду; по крайней мѣрѣ его сопротивление не измѣнялось болѣе 0,5%, каковое измѣненіе при моихъ опытахъ можно было ясно замѣтить. Далѣе я испыталъ еще порошокъ мѣднаго колчедана (сѣрнистая мѣдь и желѣзо) и случайно имѣвшійся у меня продуктъ, имѣющій въ металлургіи названіе «бѣлаго штейна» и содержащій главнымъ образомъ сплавленную сѣрнистую мѣдь,—значитъ, способный плавиться, но въ то же время хрупкій и съ кристаллическимъ строеніемъ. Эти порошки въ трубкѣ съ платиновыми листочками обнаружили чувствительность: сопротивление ихъ убывало, но амплитуда измѣненія, при прочихъ равныхъ условіяхъ, была значительно менѣе: сопротивление ихъ измѣнялось въ 2—3 раза подъ дѣйствіемъ такихъ разрядовъ, подъ вліяніемъ которыхъ желѣзныя опилки мѣняли проводимость въ 10—100 разъ.

Отрицательныя свойства платинового зеркала и порошка сюрмы мнѣ кажутся понятными съ этой точки зрѣнія: слабыя связи могутъ быть разрушены искрой и даже механическими силами, которыми сопровождаются энергическія колебанія въ порошкообразной массѣ. По всей вѣроятности, отрицательныя свойства можно придать значительнымъ окисленіемъ поверхности и мѣдному, и желѣзному по-

¹⁾ W. Spring. Zeitschrift für Physikalische Chemie. T. XV, p. 65, 1894.

рошкамъ, потому что въ этихъ условіяхъ образованіе сплошной нити металла будетъ затруднено, а дальнѣйшее окисленіе возможно.

Ограничиваясь описаніемъ этихъ опытовъ, я опускаю различныя попытки устроить приборъ съ достаточнымъ постоянствомъ чувствительности при маломъ числѣ контактовъ (цѣпочки, комбинаціи, аналогичныя микрофонамъ и т. п.); въ подобныхъ формахъ приборы могутъ достигать чувствительности значительно превосходящей трубки съ опилками, но постоянства чувствительности я пока не могъ добиться.

Чтобы покончить съ основнымъ явленіемъ, надо упомянуть еще о послѣднихъ работахъ, касающихся этого явленія. Ашкинасъ ¹⁾ нашель, что рѣшетка, сдѣланная изъ тонкаго листового олова, измѣняетъ сопротивленіе на 2% отъ электрическаго колебанія и, казалось, надо было признать за электрическими колебаніями способность измѣнять строеніе проводниковъ по крайней мѣрѣ въ поверхностномъ слоѣ, но работы Хага ²⁾ и Мицуно ³⁾ опровергаютъ этотъ взглядъ и сводятъ явленія, наблюденныя Ашкинасомъ, къ разряду только что разсмотрѣнныхъ нами явленій.

Добившись удовлетворительнаго постоянства чувствительности при употребленіи трубки съ платиновыми листочками и желѣзнымъ порошкомъ, я поставилъ себѣ еще другую задачу: добиться такой комбинаціи, чтобы связь между опилками, вызванная электрическимъ колебаніемъ, разрушалась немедленно автоматически.

Такая комбинація, конечно, удобнѣе, потому что будетъ отвѣчать на электрическія колебанія, повторяющіяся послѣдовательно одно за другимъ. Послѣ нѣкоторыхъ попытокъ воспользоваться движеніемъ рамки гальванометра д'Арсонваля для сотрясенія трубки съ опилками, я пришелъ къ болѣе простымъ и вѣрнымъ средствамъ: употребленію, вмѣсто гальванометра, телеграфнаго релѣ и обыкновеннаго звонка,—какъ для объективнаго обнаруженія дѣйствія электрическаго колебанія на опилки, такъ и для разрушенія проводимости опилокъ. Такимъ образомъ былъ комбинированъ приборъ, къ описанію котораго я и перейду.

Прилагаемая схема (фиг. 2) показываетъ расположеніе частей прибора. Трубка съ опилками подвѣшена горизонтально между зажимами *M* и *N* на легкой часовой пружинѣ, которая для большей эластичности согнута со стороны одного зажима зигзагомъ. Надъ

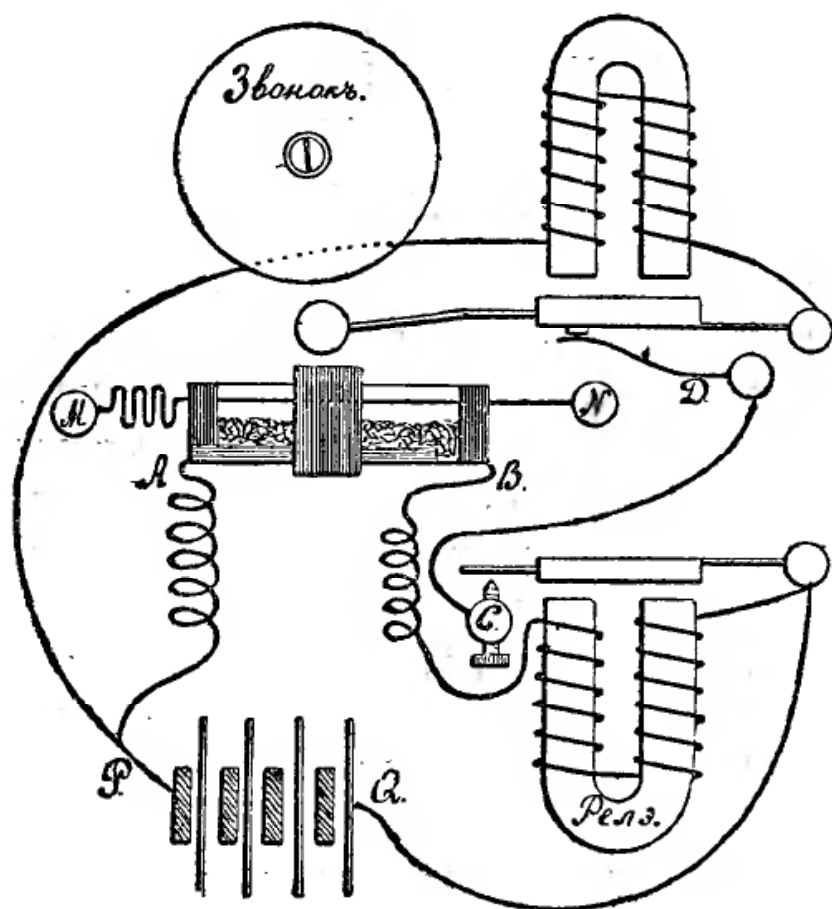
¹⁾ E. Aschkinass. Verh. d. Phys. Gesellsch. zu Berlin. Jahr 13, № 4.

²⁾ H. Haga. Wied. Ann. Band. 56, 571, 1895.

³⁾ T. Mizuno. Phil. mag. v. 40, 497, 1895 г.

трубкой расположенъ звонокъ, такъ чтобы при своемъ дѣйствии онъ могъ давать легкіе удары молоточкомъ посрединѣ трубки, защищенной отъ разбиванія резиновымъ кольцомъ. Удобнѣе всего трубку и звонокъ укрѣпить на общей вертикальной дощечкѣ. Релѣ можетъ быть помѣщено, какъ угодно.

Дѣйствуетъ приборъ слѣдующимъ образомъ. Токъ батареи въ 4—5 вольтъ постоянно циркулируетъ отъ зажима *P* къ платиновой пластинкѣ *A*, далѣе черезъ порошокъ, содержащійся въ трубкѣ, къ другой пластинкѣ *B* и по обмоткѣ электромагнита релѣ обратно



Фиг. 2.

къ батарееѣ. Сила этого тока недостаточна для притягиванія якоря релѣ, но, если трубка *AB* подвергнется дѣйствию электрическаго колебанія, то сопротивленіе мгновенно уменьшится и токъ увеличится настолько, что якорь релѣ притянется. Въ этотъ моментъ цѣпь, идущая отъ батареи къ звонку, прерванная въ точкѣ *C*, замкнется и звонокъ начнетъ дѣйствовать, но тотчасъ же сотрясенія трубки опять уменьшатъ ея проводимость и релѣ разомкнетъ цѣпь звонка. Въ моемъ приборѣ сопротивленіе опилокъ послѣ сильнаго встряхиванія бываетъ около 100.000 омъ, а релѣ, имѣя сопротивленіе около

250 омъ, притягиваетъ якорь при токахъ отъ 5 до 10 миллиамперъ (предѣлы регулировки), т. е. когда сопротивленіе всей цѣпи падаетъ ниже тысячи омъ. На одиночное колебаніе приборъ отвѣчаетъ короткимъ звонкомъ; непрерывно дѣйствующіе разряды спирали отзываются довольно частыми, черезъ приблизительно равные промежутки слѣдующими звонками.

Чувствительность прибора можно характеризовать слѣдующими опытами:

1) Приборъ отвѣчаетъ на разряды электрофора чрезъ большую аудиторію, если параллельно направленію разряда провести отъ точки *A* или *B* проволоку длиной около 1 метра для увеличенія энергіи, достигающей опилокъ.

2) Въ соединеніи съ вертикальной проволокой длиною, въ 2,5 метра, приборъ отвѣчалъ на открытомъ воздухѣ колебаніямъ, произведеннымъ большимъ Гертцевымъ вибраторомъ (квадратные листы 40 сантиметровъ въ сторонѣ) съ искрой въ маслѣ, на разстояніи 30 сажень.

3) Помѣщенный въ цинковомъ замкнутомъ чехлѣ, приборъ не отвѣчаетъ на разряды, происходящіе въ непосредственномъ сосѣдствѣ, даже и на искры между чехломъ и кругомъ электрофора, но, если вывести изъ чехла изолированную проволоку, соединенную съ съ точкой *A* или *B*, то при концѣ, выдающемся изъ чехла на 10—15 сантиметровъ, приборъ отвѣчаетъ на колебанія, производимыя маленькими вибраторами Риги, Лоджа и т. п. на разстояніи 3—5 метровъ; удлиненіе внѣшней части проволоки значительно увеличиваетъ чувствительность.

4) Приборъ очень чувствителенъ къ разрядамъ между проводниками, находящимися въ непосредственномъ металлическомъ соединеніи съ цѣпью, содержащей трубку съ опилками. Такъ, если соединить точку *A* или *B* со штифтомъ разряднаго электроскопа, то приборъ отвѣчаетъ на всякій разрядъ листочковъ, происходящій при зарядѣ электроскопа 300 вольтъ. Непосредственные разряды кружка или шарика, заряжаемыхъ сухимъ столбомъ, дающимъ около 500 вольтъ, вызываютъ звонокъ при энергіи заряда, меньшей 5 эрговъ.

5) Приборъ отзывается на искру, образующуюся въ моментъ перерыва въ посторонней цѣпи, если эта цѣпь металлически соединена съ цѣпью, содержащей опилки. Напр., если замыкать элементъ Гренэ проволокой отъ зажима къ зажиму и провести отъ одного зажима къ точкѣ *A* не длинный проводникъ. Если размыкаемая цѣпь содержитъ электромагнитъ, то дѣйствія искры размы-

канія можетъ быть передано къ прибору по весьма длинной проволокъ. Самоиндукція и емкость въ проводникѣ, передающемъ колебаніе, конечно, значительно ослабляютъ переданную энергію; поэтому искры въ перерывахъ цѣпи звонка въ точкахъ *C* и *D* дѣйствуютъ на трубку съ опилками, но слабо, искра въ *D* даже не имѣетъ значенія, потому что въ моментъ разрушенія проводимости опилокъ контактъ въ точкѣ *D* замкнутъ. По этой причинѣ расположеніе частей прибора, показанное выше, кажется, единственное; при другихъ расположеніяхъ легко можетъ случиться неудача въ томъ смыслѣ, что проводимость, разрушенная ударомъ молоточка, возстановится подѣ дѣйствіемъ искры, происходящей въ самомъ приборѣ, и звонокъ не прекратитъ звона.

6) Приборъ, введенный на мѣсто телефона въ одну изъ свободныхъ линій на центральной станціи, не отзывался ни на звонки, ни на разговорные токи сосѣднихъ линій, ясно слышимые въ телефонѣ, если послѣдній ставили на мѣстѣ моего прибора. Иногда онъ отвѣчалъ на короткіе звонки, означающіе конецъ разговора, и въ моментъ подвѣшиванія телефона на мѣсто въ одной изъ сосѣднихъ линій, но въ эти моменты въ цѣпяхъ могли произойти быстрыя колебанія отъ образовавшейся искры.

7) Повидимому, приборъ чувствителенъ и къ медленнымъ разрядамъ, проходящимъ чрезъ опилки, но только при болѣе значительныхъ энергіяхъ: такъ приборъ отзывается на *быстрыя* движенія наэлектризованной эбонитовой палочки, производимыя вблизи проводниковъ самага прибора, но *медленныя* движенія на него не дѣйствуютъ. Токъ, наведенный во вторичной обмоткѣ индукціонной спирали размыканіемъ, при разрядѣ чрезъ опилки непосредственно или съ конденсаторомъ, послѣдовательно включеннымъ въ эту же цѣпь, всегда дѣйствуетъ на опилки, вызывая достаточное уменьшеніе сопротивленія; токъ же, наведенный замыканіемъ, дѣйствуетъ замѣтно слабѣе, нерѣшительно. Подобный эффектъ впрочемъ согласуется съ гипотезой, принятой мною выше. Приборъ дѣйствуетъ отъ разряда круга электрофора въ мокрый шнурокъ, около 1 метра длинной, подвѣшенный къ точкѣ *A* или *B*, если шнурокъ смоченъ подкисленной водой, и не отзывается, если шнурокъ смоченъ дистиллированной водой.

Въ результатѣ этихъ опытовъ можно сдѣлать допущеніе, что всякій разрядъ, чрезъ опилки можетъ вызвать эффектъ уменьшенія сопротивленія, но величина эффекта зависитъ не отъ абсолютной величины энергіи, выдѣленной въ металлическомъ порошокѣ, а отъ

энергіи, выдѣляемой въ единицу времени, вѣрнѣе—отъ быстроты выдѣленія энергіи, или отъ величины отношенія $\frac{\text{энергія}}{\text{время}}$. Поэтому опилки болѣе чувствительны къ быстрымъ колебаніямъ при одинаковой величинѣ энергіи.

Приборъ, обладающій такой чувствительностью, можетъ служить для различныхъ лекціонныхъ опытовъ съ электрическими колебаніями и, будучи закрытъ металлическимъ футляромъ, съ удобствомъ можетъ быть приспособленъ къ опытамъ съ электрическими лучами; во многихъ подобныхъ опытахъ приборъ, имѣющійся въ моемъ распоряженіи обладаетъ излишней чувствительностью. Однако, благодаря тому, что релѣ можетъ измѣнять чувствительность въ нѣкоторыхъ предѣлахъ, а также мѣняя число элементовъ батареи, желаемую степень чувствительности получить легко.

Другое примѣненіе прибора, которое можетъ дать болѣе интересные результаты, будетъ его способность отмѣчать электрическія колебанія, происходящія въ проводникѣ, связанномъ съ точкой *A* или *B* (на схемѣ), въ томъ случаѣ, когда этотъ проводникъ подвергается дѣйствию электромагнитныхъ пертурбацій, происходящихъ въ атмосферѣ. Для этого достаточно приборъ, защищенный отъ всякихъ другихъ дѣйствій, связать съ воздушнымъ проводомъ, проложеннымъ вдали отъ телеграфовъ и телефоновъ, или же со стержнемъ громоотвода. Всякое колебаніе, переходящее за извѣстный предѣлъ по своей интенсивности, можетъ быть отмѣчено приборомъ и даже зарегистрировано, такъ какъ всякое замыканіе контакта релѣ на схемѣ въ точкѣ *G*—можетъ привести въ дѣйствіе кромѣ звонка еще электромагнитный отмѣчикъ. Для этого достаточно одинъ конецъ его обмотки присоединить между точками *C* и *D*, а другой къ зажиму батареи *P*, т. е. включить электромагнитъ въ цѣпь параллельно звонку.

Испытаніе прибора въ соединеніи съ воздушной линіей значительной длины дастъ несомнѣнно болѣе или менѣ интересные результаты. Лично мнѣ случались въ теченіи одного лѣта на Уралѣ ¹⁾, пользоваться удаленной отъ другихъ телефонной линіей, при этомъ въ телефонѣ, когда бы ни пришлось взять его въ руки, можно было слышать особенные ритмическіе звуки, а также очень часто шипѣніе, свистъ и трескъ разряда; по свидѣтельству лицъ, пользующихся этой линіей, эти звуки слышны не только лѣтомъ (я наблю-

¹⁾ Линія тянулась на протяженіи 15 верстъ съ запада на востокъ, вдоль горнаго отрога Урала, въ Богословскомъ округѣ.

дать ихъ съ мая по сентябрь), но и зимой; только зимой звуки менѣе вредятъ передачѣ рѣчи, лѣтомъ же иногда передача рѣчи затрудняется ими.

Пробное испытаніе регистрирующаго прибора въ соединеніи съ громоотводомъ было сдѣлано минувшимъ лѣтомъ Г. А. Любославскимъ въ Лѣсномъ Институтѣ въ С.-Петербургѣ.

На зданіи Института, среди другихъ приспособленій, назначенныхъ для наблюденій надъ направленіемъ и силою вѣтра, была установлена небольшая, деревянная мачта, превышающая сажени на 4 стержни анемометровъ и флюгеровъ и снабженная на вершинѣ обыкновеннымъ наконечникомъ громоотвода. Этотъ наконечникъ, помощію проволоки, проведенной сначала по дереву мачты, а далѣе протянутой чрезъ дворъ на изоляторахъ въ метеорологическій кабинетъ, былъ соединенъ съ приборомъ въ точкѣ А (фиг. 2), точка В была присоединена къ общему съ другими метеорологическими приборами проводу, отведенному къ землѣ, при посредствѣ водопроводной сѣти. Регистрирующая часть состояла изъ электромагнита, къ якорю котораго было присоединено перо бр. Ришаръ, и изъ цилиндра той же фирмы съ недѣльнымъ оборотомъ. При этомъ оказалось, что приборъ отвѣчалъ звонкомъ и отмѣткой на всякое замыканіе тока при наблюденіи направленія и силы вѣтра, потому что въ сѣти проводниковъ, соединенной съ приборомъ общимъ проводомъ, идущимъ къ землѣ, возбуждались въ моментъ перерыва тока электрическія колебанія. Чтобы отличить эти отмѣтки отъ другихъ, произведенныхъ атмосфернымъ электричествомъ, наблюдатели, вызвавшіе звонокъ, дѣлали запись на цилиндрѣ; это побочное дѣйствіе на приборъ было однако сохранено для того, чтобы быть увѣреннымъ въ его исправности.

Приборъ въ пробномъ, не совсѣмъ исправномъ видѣ, приводился въ дѣйствіе въ послѣднихъ числахъ іюля н. ст. и затѣмъ въ послѣднихъ числахъ августа н. ст. и далъ слѣдующіе результаты:

30-го іюля н. ст. По записямъ Главной Физической Обсерваторіи гроза съ 10^h 40^m до 11^h 40^m; по записи обсерваторіи Лѣснаго Института — гроза около 1 часа дня. Приборъ далъ рядъ сливающихся между собой отмѣтокъ, непрерывно слѣдующихъ другъ за другомъ на протяженіи 40 минутъ въ предѣлахъ отъ 12 до 1 часу дня.

21-го августа н. ст. На Главной Физической Обсерваторіи записано: гроза отъ 4^h 50^m до 5^h 50^m р. ш. при ближайшемъ разстояніи 3 сек. въ 5^h 17^m и гроза отъ 8^h 37^m до 9^h 10^m веч., — ближайшее раз-

стояніе въ 8^h 40^m. Гроза записана наблюдателями Лѣснаго Института и зарегистрирована приборомъ рядомъ непрерывно слѣдующихъ отмѣтокъ съ 4^h 50^m до 8^h 50^m вечера; въ теченіе ночи приборъ далъ еще нѣсколько отмѣтокъ.

23-го августа н. ст. Приборъ даетъ непрерывную запись въ 1^h 15^m, продолжающуюся 25 минутъ, и другую запись послѣ 9^h вечера, продолжительностью 1 часъ 20 минутъ. Отмѣтокъ о грозѣ и дождѣ не сдѣлано наблюдателями Лѣснаго Института.

25-го августа. Записи на приборѣ: 5^h 45^m утра,—продолжительность 20 минутъ; отмѣтки въ 9 ч. 10^m; въ 10^h 0^m; почти непрерывная запись отъ 10^h 25^m а. м. до 7^h 45^m р. м. Въ этотъ день отмѣченъ дождь до полудня, въ часъ дня, и послѣ полудня. По свидѣтельству студента-наблюдателя, въ теченіе всего дня приборъ давалъ звонки чрезъ 5—10 минутъ. Г. А. Любославскій отсутствовалъ въ этотъ день; по его наблюденію этотъ день былъ жаркій, съ большимъ количествомъ кучевыхъ облаковъ. На Главной Физической Обсерваторіи отмѣтокъ о грозѣ нѣтъ.

26-го августа. Приборъ даетъ отмѣтки 4^h 35^m утра, 5^h 10^m утра, 8^h 25^m веч. и 9^h 45^m в.; есть отмѣтки наблюдателя о дождѣ раннимъ утромъ.

28-го августа. Отмѣтки: 9^h 0^m утра и 12^h 5^m; на послѣдней отмѣткѣ разбилась стеклянная трубка, содержащая опилки;—въ 12 ч. отмѣченъ наблюдателемъ дождь.

Приборъ былъ снова приведенъ въ дѣйствіе въ концѣ сентября стараго стиля съ измѣненіемъ въ регистрирующей части: недѣльный цилиндръ замѣненъ двѣнадцатичасовымъ и запись дѣлается на телеграфной лентѣ, наматывающейся на цилиндръ. Скорость перемѣщенія ленты при этомъ—23^{mm} въ часъ; на лентѣ легко различить часто слѣдующіе другъ за другомъ штрихи. Приборъ стоитъ на прежнемъ мѣстѣ, не защищенъ отъ дѣйствій на него метеорологическихъ приборовъ, пользующихся электрическимъ токомъ, и случайныхъ разрядовъ при работахъ въ физическомъ кабинетѣ; поэтому, рассматривая записи прибора по часамъ, можно считать за несомнѣнно происходящія отъ атмосферныхъ разрядовъ только нѣкоторыя. Не подлежатъ сомнѣнію отмѣтки, сдѣланныя въ періодъ времени отъ 11 часовъ ночи до 7 ч. утра, такъ какъ въ теченіе этого времени кабинетъ, въ которомъ помѣщается приборъ, и всѣ сосѣднія помѣщенія зданія закрыты. Такія отмѣтки прибора существуютъ напр. 6-го октября въ 12 ч. 45 м. ночи и 5 часовъ утра.

Въ этомъ періодѣ можно отмѣтить сутки 24 — 25-го сентября.

Двадцать четвертого сентября — день воскресный, кабинеты закрыты. 24-го сентября есть отмѣтки 8^h 51^m утра и 5^h 0^m, 5^h 45^m, 6^h 0^m вечера, въ 5^h утромъ слѣдующаго дня и 9^h 25^m утра. Отмѣтки вечеромъ 24-го сентября были ожидаемы: я съ Г. А. Любославскимъ въ это время находился въ Петербургѣ, и Г. А., указавъ мнѣ на рѣзко очерченныя облака, сходныя по формѣ съ грозowymi тучами, замѣтилъ, что очень любопытно, — будетъ-ли при-
 оутствіе этихъ облаковъ отмѣчено приборомъ; позднѣе вечеромъ этого дня былъ очень сильный дождь, имѣющій характеръ лѣтнихъ ливней.

Въ половинѣ октября испытанія были прекращены вслѣдствіе необходимости нѣкоторыхъ измѣненій въ пробномъ экземплярѣ. До сихъ поръ работавшая при испытаніяхъ батарея изъ 4 элементовъ Декланше истощилась. Въ настоящее время приборъ снова приведенъ въ дѣйствіе съ батареей въ 6 элементовъ Мейдингера.

При опытахъ съ приборомъ въ лѣтній періодъ необходимо, конечно, параллельно трубкѣ съ опилками ввести для безопасности гребенчатый громоотводъ.

Кромѣ этого считаю нужнымъ прибавить еще нѣкоторыя замѣчанія о регулировкѣ собраннаго прибора. Звонкомъ нужно урегулировать такъ, чтобы молоточекъ имѣлъ наибольшій размахъ, а трубка съ опилками должна быть помѣщена на такой высотѣ, чтобы она только что касалась молоточка, находящагося въ покоѣ, но не слѣдовала за нимъ подъ дѣйствіемъ своей пружины. При такихъ только условіяхъ приборъ отвѣчаетъ отчетливо, — короткимъ звонкомъ на отдѣльных колебаніяхъ.

Основываясь на результатахъ, полученныхъ при описанныхъ выше испытаніяхъ, можно выразить пожеланіе, чтобы лица, заинтересованныя въ наблюденіяхъ надъ грозами, подвергли приборъ болѣе продолжительнымъ и тщательнымъ наблюденіямъ.

Въ заключеніе могу выразить надежду, что мой приборъ, при дальнѣйшемъ усовершенствованіи его, можетъ быть примененъ къ передачѣ сигналовъ на разстояніяхъ при помощи быстрыхъ электрическихъ колебаній, какъ только будетъ найденъ источникъ такихъ колебаній, обладающій достаточной энергіей.