

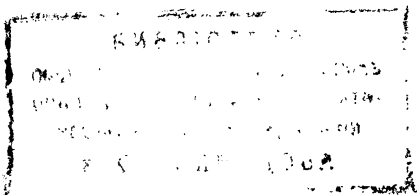
Генрихъ Герцъ.

ИНВ. № 7337

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИЛА.

I. Теоріи. II. Опыты.

Прислано Г.



10мс

2270

22

1746

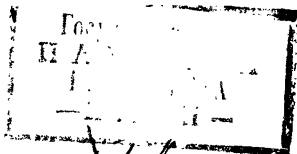
С.-ПЕТЕРБУРГЪ.



ТИПО-ЛИТОГРАФІЯ Ю. Я. РИМАНА, ВАСОСЕЙНАЯ УЛИЦА, Д. 48.



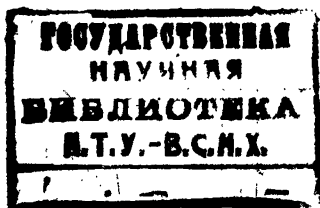
1894.



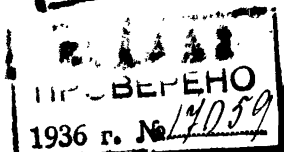
166/46
1935



✓ 621.3
621.3
Г-41



~~29~~
~~1932~~



66



Довзволено ценз. СПб. 20 Июнь 1894 г.

ПРОВЕРКА
ХХУГНБ1949

Новѣйшія физическія теоріи.

Съ 1861 года наука обладаетъ теоріей, построенной Максвелломъ на воззрѣніяхъ Фарадея, которая предсказывала возможность цѣлаго ряда электрическихъ явленій, тогда какъ прочія теоріи были вынуждены отрицать ихъ. Теорія Максвелла далеко превосходила всѣ прочія красотою и богатствомъ отношеній, принимаемыхъ ею между явленіями. Вѣроятность этой теоріи и вмѣстѣ съ тѣмъ число ея приверженцевъ возрастали съ каждымъ годомъ. Правда, теорія Максвелла не могла вполне вытѣснить противоположныхъ ей ученій, такъ какъ она основывалась лишь на вѣроятности конечныхъ результатовъ, а не на достовѣрности сдѣланныхъ допущеній. Основные гипотезы теоріи Максвелла противорѣчили обычнымъ воззрѣніямъ и не могли опираться, какъ на доказательства, на точные опыты. Въ этой естественной связи мы не можемъ лучше характеризовать цѣль и результаты нашихъ собственныхъ опытовъ, какъ сказавъ: цѣлью опытовъ была провѣрка основныхъ гипотезъ Фарадея и Максвелла, результатомъ ихъ явилось подтвержденіе этихъ гипотезъ.

Но что такое, собственно говоря, теорія Фарадея и Максвелла? Максвеллъ оставилъ работу, совершенную имъ въ зрѣлые годы, обширное сочиненіе объ электричествѣ и магнетизмѣ; можно, поэтому, сказать, что теорія Максвелла есть ученіе, изложенное въ этомъ трудѣ. Но тѣ специалисты, которые ближе присмотрѣлись къ этимъ вопросамъ, едва ли удовлетворятся такимъ отвѣтомъ. Многие ревностно занялись изученіемъ труда Максвелла, не встрѣчаясь ни съ какими необыкновенными математическими трудностями и, тѣмъ не менѣе, были вынуждены отказаться отъ попытки образовать себѣ вполне свободное отъ противорѣчій представленіе о воззрѣніяхъ Максвелла. Я самъ былъ не болѣе счастливъ. При всемъ вы-

сочайшемъ уваженіи къ математической сторонѣ ученія Максвелла, я не всегда былъ вполне увѣренъ относительно физическаго значенія его утвержденій. Въ моихъ опытахъ я поэтому не могъ руководствоваться прямо книгою Максвелла, но слѣдовалъ работамъ Гельмгольца. Для особаго предѣльнаго случая теоріи Гельмгольца, который приводитъ къ Максвелловымъ уравненіямъ, и къ которому я былъ приведенъ моими опытами, улетучивается, къ сожалѣнію, вся физическая основа теоріи Гельмгольца, какъ и вообще эта теорія остается безъ физической почвы, разъ мы стараемся оставить въ сторонѣ силы, дѣйствующія на разстояніи. Поэтому я пытался самъ для себя построить неизбѣжныя физическія представленія возможно свободно отъ противорѣчій, при чемъ исходилъ изъ уравненій Максвелла, но относительно остального по возможности упростилъ теорію Максвелла, исключивъ или просто выпустивъ все тѣ ея элементы, которыхъ я не понималъ, и которые, однако, были излишними, такъ какъ не оказывали вліянія на какія-бы то ни было явленія.

Такъ возникли мои теоретическія работы, образовавшія заключеніе моихъ опытовъ. Изложеніе теоріи Максвелла въ его собственномъ сочиненіи, изложеніе ея какъ предѣльнаго случая ученія Гельмгольца и, наконецъ, то изложеніе, которое сдѣлано мною—это три существенно различныя формы одного и того-же содержанія. Это общее содержаніе разныхъ формъ,—а такихъ формъ можетъ быть, вѣроятно, найдено еще множество,—представляется мнѣ безмертною частью работы Максвелла. Этому содержанію, а не различнымъ представленіямъ или методамъ Максвелла хотѣлъ-бы я придать названіе «Максвелловой теоріи». На вопросъ: что такое теорія Максвелла? я не знаю лучшаго и опредѣленнѣйшаго отвѣта, чѣмъ слѣдующій: эта теорія есть система Максвелловыхъ уравненій. Всякая теорія, приводящая къ этимъ уравненіямъ и такимъ образомъ включающая въ себя тѣ-же возможные явленія, по моему, есть специальный случай или-же особая форма Максвелловой теоріи. Всякая теорія, приводящая къ другимъ уравненіямъ, а стало-быть и явленіямъ, есть иная теорія. Въ этомъ, и только въ этомъ смыслѣ я послѣдователь Максвелла. Ни въ какомъ случаѣ я не имѣю притязанія на точную передачу идей Максвелла. Наоборотъ, сомнительно, чтобы Максвеллъ, будь онъ живъ, призналъ мое изложеніе точно согласнымъ съ его собственнымъ

При изложеніи одного и того-же содержанія съ различныхъ точекъ зрѣнія является значительная трудность для пониманія каждаго изъ нихъ порознь. Одно и то-же обозначеніе изобра-

жають, — въ разныхъ формахъ изложенія, — родственныя, но все-таки различныя понятія или представленія. Первое условіе для пониманія состоитъ въ томъ, чтобы стараться понять всякое изложеніе въ отдѣльности, не внося въ него представленій, взятыхъ изъ другого изложенія. Можетъ быть я окажу нѣкоторую услугу даже специалистамъ, если поясню здѣсь вкратцѣ основныя представленія трехъ способовъ изложенія Максвелловой теоріи, о которыхъ упомянуто выше. При этомъ я воспользуюсь случаемъ указать, въ чемъ, по моему мнѣнію, состоитъ особая трудность собственнаго изложенія Максвелла. Часто выражаемое мнѣніе, будто эта трудность математическаго характера, вовсе мною не раздѣляется.

Если мы видимъ, что тѣла дѣйствуютъ другъ на друга на разстояніи, то можемъ составить различныя представленія о природѣ этого дѣйствія. Мы можемъ разсматривать вліяніе какъ непосредственную дѣйствующую на разстояніи силу, какъ перескакивающее черезъ пространство «дѣйствіе на разстояніи», или же можемъ считать его слѣдствіемъ дѣйствія, распространяющагося въ гипотетической средѣ отъ точки къ точкѣ. Въ примѣненіяхъ этихъ представленій къ электричеству, мы можемъ, однако, установить еще рядъ болѣе тонкихъ различій. Если мы перейдемъ отъ чистаго представленія непосредственнаго дѣйствія на разстояніи къ чистому представленію посредственнаго дѣйствія, то можно различить, по крайней мѣрѣ, четыре точки зрѣнія.

Первая изъ нихъ изображаетъ взаимное притяженіе двухъ тѣлъ, какъ родъ взаимнаго духовнаго стремленія. Сила, оказываемая каждымъ изъ двухъ, связана съ присутствіемъ другого тѣла. Чтобы, вообще, возникла сила, необходимо, по малой мѣрѣ, присутствіе двухъ тѣлъ. Магнитъ пріобрѣтаетъ свою силу въ извѣстномъ смыслѣ лишь тогда, когда по близости къ нему находится другой магнитъ. Это представленіе есть чистое представленіе дѣйствія на разстояніи, представленіе Куломова закона. Въ ученіи объ электричествѣ оно почти оставлено, но все еще употребляется въ ученіи о тяготѣніи. Вычисляющій астрономъ говоритъ о притяженіи между солнцемъ и планетою, но *притяженіе въ пустомъ пространствѣ* вовсе его не интересуетъ.

Со второй точки зрѣнія, притяженія между тѣлами все еще сохраняютъ характеръ духовныхъ вліяній. Но признавая, что дѣйствіе на разстояніи замѣчается нами лишь когда мы имѣемъ по малой мѣрѣ два тѣла, въ этомъ случаѣ мы все-таки допускаемъ, что и одно изъ дѣйствующихъ тѣлъ, само по себѣ

взятое, постоянно обладает стремленіемъ вызвать въ каждой точкѣ скружающей среды притяженія, опредѣленные по величинѣ и направленію, даже и тогда, когда по близости нѣтъ никакихъ съ нимъ родственныхъ тѣлъ. Мы наполняемъ наше представленіе о пространствѣ непрерывно, отъ точки къ точкѣ, измѣняющимися стремленіями этого рода. Въ то-же время мы не принимаемъ, на мѣстѣ дѣятельности силы, какого-бы то ни было измѣненія пространства, ради котораго мы могли-бы считать его мѣстопребываніемъ силы; но какъ мѣстопребываніемъ такъ и источникомъ силы остается лишь дѣйствующее тѣло. Эта точка зрѣнія есть, приблизительно, точка зрѣнія теоріи потенциала. Само собою разумѣется, что такова-же и точка зрѣнія нѣкоторыхъ главъ сочиненія Максвелла, хотя и не та, на которой, собственно, основана «теорія Максвелла». Чтобы имѣть возможность наглядно сравнить различные представленія, изобразимъ двѣ противоположно наэлектризованныя пластинки конденсатора въ видѣ удобопонятной схемы. Сначала изобразимъ на пластинкахъ положительное и отрицательное электричество, мыслимое какъ нѣчто матеріальное; между пластинками дѣйствуетъ изображенная стрѣлками сила.

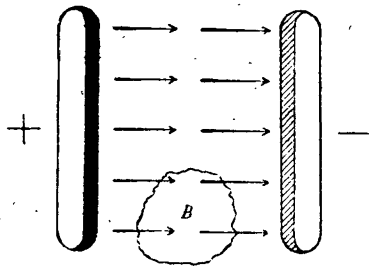


Рис. 1.

Теорія потенциала.

■ + положительное электричество.
 ▨ — отрицательное электричество.

Считать-ли пространство, находящееся между пластинками наполненнымъ или пустымъ, съ этой точки зрѣнія совершенно безразлично. Допустимъ существованіе свѣтового эѳира всюду, исключая какой-нибудь части пространства В. Въ такомъ случаѣ сила, дѣйствующая въ этой части пространства, останется безъ измѣненія.

Третья точка зрѣнія удерживаетъ представленія второй, но вводитъ нѣкоторое усложненіе. Здѣсь принимается, что дѣйствіе удаленныхъ между собою тѣлъ опредѣляется не одними

непосредственными дѣйствіями на разстояніи. Наоборотъ, здѣсь принято, что силы вызываютъ нѣкоторыя измѣненія въ сплошь наполненномъ пространствѣ, и эти измѣненія, въ свою очередь, производятъ новыя дѣйствія на разстояніи. Притяженія раздѣльных тѣлъ основаны, по этой теоріи, частью на ихъ непосредственномъ дѣйствіи на разстояніи, частью на вліяніи измѣненной среды. Измѣненіе среды мыслится какъ электрическая (или-же магнитическая) поляризація ея малѣйшихъ частицъ подъ вліяніемъ дѣйствующей силы. Относительно статическихъ явленій эта точка зрѣнія развита для магнетизма Пуассономъ, для электричества Мозотти; въ общемъ развитіи и въ примѣненіи ко всей области электромагнетизма теорія эта является у Гельмгольца *).

Изобразимъ эту точку зрѣнія для того случая, когда среда лишь незначительнымъ образомъ участвуетъ въ общемъ дѣйствіи. На пластинкахъ мы видимъ теперь свободныя электричества, точно также и въ частяхъ діэлектрической среды видимъ раздѣленные, но не отводимыя въ сторону электрическія жидкости. Представимъ себѣ снова, что пространство между пластинками содержитъ свѣтовой эфиръ и снова выдѣлимъ лишнюю эфирную часть В. Въ этой части силы останутся по прежнему, но поляризація отпадутъ.

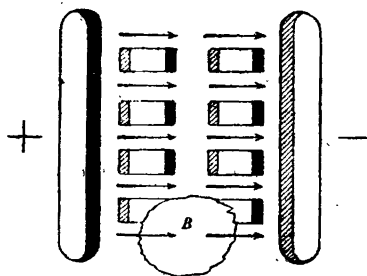


Рис. 2.
Теорія Гельмгольца.

Предѣльный случай этого способа представленія особенно важенъ. Какъ показываетъ ближайшее разсмотрѣніе, мы можемъ различнымъ образомъ распредѣлить совокупное взаимодѣйствіе тѣлъ (т. е. то, что единственно поддается наблюденію) между непосредственными дѣйствіями на разстояніи и влія-

*) Helmholtz, Gesamm. Abh. I стр. 545.

нiемъ промежуточной среды. Мы можемъ увеличить часть совокупной энергiи, находящуюся въ наэлектризованныхъ тѣлахъ, на счетъ части, заключающейся въ средѣ, и обратно. *Въ предѣльномъ случаѣ мы помпцаемъ всю энергiю исключительно въ средѣ.* Такъ какъ электричества, находящимся въ проводникахъ, не соответствуетъ на этотъ разъ никакой энергiи, то силы, дѣйствующiя на разстоянiи, должны быть безконечно малы. Необходимымъ условiемъ для этого является предположенiе, что *нигдѣ нѣтъ свободнаго электричества*. И такъ, электричество должно двигаться, подобно несжимаемой жидкости; существуютъ, стало быть, лишь замкнутые токи, отсюда возможность распространить теорiю на всѣ роды электрическаго движенiя, даже при нашемъ незнанiи законовъ дѣйствiя «незамкнутыхъ» токовъ.

Математическая обработка этого предѣльнаго случая приводитъ насъ къ уравненiямъ Максвелла. Ее можно, стало быть, считать одной изъ формъ Максвелловой теорiи. Такъ обозначенъ этотъ предѣльный случай и самимъ Гельмгольцемъ. Этимъ, ни въ какомъ случаѣ, не имѣется въ виду сказать, чтобы основныя представленiя такой теорiи были представленiями Максвелла. Легко изобразить представленiя этой теорiи. Дѣйствiя на разстоянiи теперь превратились въ пустыя схемы. Электричество на проводникахъ все еще присутствуетъ, да оно и неизбѣжно для представленiя, но въ своихъ дѣйствiяхъ на разстоянiи оно вполне нейтрализовано направленнымъ противъ него противоположнымъ электричествомъ среды. Давленiе, оказываемое этой средой, въ силу притяженiя ея внутреннихъ электричествъ, притягиваетъ пластинки между собою. Въ пустомъ пространствѣ В находятся еще безконечно малыя, дѣйствующiя на разстоянiи силы.

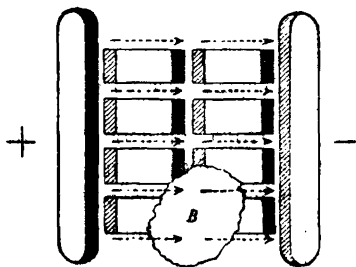


Рис. 3.

Теорiя Максвелла какъ предѣлъ теорiи Гельмгольца.

Четвертая точка зрѣнія принадлежитъ чистому представленію посредствующаго дѣйствія. На этотъ разъ, мы допускаемъ, что принятыя нами раньше измѣненія пространства фактически существуютъ, и что эти послѣднія являются посредниками вліянія, оказываемаго другъ на друга вѣсмыми тѣлами. Но мы отрицаемъ, чтобы эти поляризаціи были слѣдствіемъ дѣйствій на разстояніи, мы, вообще, отрицаемъ даже наличность этихъ дѣйствій. Мы устраняемъ электричества, якобы являющіяся источниками этихъ дѣйствій на разстояніе. Наоборотъ, мы теперь разсматриваемъ поляризаціи какъ единственное фактически существующее. Онѣ въ тоже время являются причиною движеній вѣсомыхъ тѣлъ и прочихъ явленій, которыя намъ представляются, какъ измѣненія этихъ тѣлъ. Объясненіе сущности поляризаціи, ихъ связи и ихъ дѣйствій, вовсе опускается нами или основывается на механическихъ гипотезахъ; но мы отказываемся видѣть въ прежде примѣненныхъ нами электричествахъ и дѣйствіяхъ на разстояніи удовлетворительное рѣшеніе этой связи и этихъ дѣйствій. Выраженія электричество, магнетизмъ и т. п., удерживаются нами лишь въ качествѣ сокращеній.

Въ математическомъ отношеніи мы можемъ привести обработку этой четвертой точки зрѣнія къ полному совпаденію съ предѣльнымъ случаемъ третьей изъ приведенныхъ гипотезъ. Но съ физической точки зрѣнія эти два допущенія совершенно различны. Невозможно одновременно отвергать дѣйствія на разстояніи и признавать ихъ причинами поляризаціи. То, что мы съ послѣдней изложенной точки зрѣнія обозначаемъ еще какъ «электричество», не движется болѣе какъ несжимаемая жидкость. Другое различіе бросается въ глаза, если мы разсмотримъ схему, символически изображающую эту точку зрѣнія. Поляризація пространства изображается нами совер-

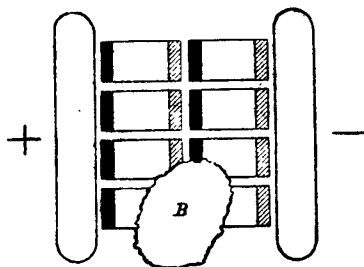


Рис. 4.
Теорія Максвелла и Фарадея

шенно какъ и по третьей гипотезѣ. Но въ то время какъ раньше поляризація вытекала изъ сущности «электричества», по предположенію намъ извѣстной, здѣсь эта сущность электрическаго заряженія, обратно, опредѣляется посредствомъ поляризаций пространства, которыя даются какъ нѣчто извѣстное. Всякая частица діэлектрическаго вещества представляется здѣсь, какъ заряженная противоположными электричествами. Если мы снова удалимъ мысленно изъ части пространства, напр. изъ В эфиръ, то здѣсь на этотъ разъ не останется ровно ничего, что походило-бы на электрическое возбужденіе.

Эта четвертая точка зрѣнія и есть, какъ я полагаю, настоящая точка зрѣнія Максвелла. Общія соображенія въ его трудѣ не оставляютъ сомнѣній, что онъ хотѣлъ совершенно устранить дѣйствія на разстояніи. Максвеллъ ясно высказываетъ, что, если въ какомъ-либо діэлектрическомъ веществѣ сила, а стало быть и «перемѣщеніе» (displacement) направлено вправо, то слѣдуетъ представить себѣ, что каждая частица этого діэлектрика заряжена отрицательнымъ электричествомъ справа, положительнымъ — съ лѣвой стороны. Но нельзя отвергать, что съ перваго взгляда кажется, будто другія выраженія Максвелла противорѣчатъ представленіямъ этого рода. Максвеллъ принимаетъ, напр., электричество также въ проводникахъ, это электричество, стало быть, всегда движется такъ, что вмѣстѣ съ «перемѣщеніями» въ діэлектрикѣ образуетъ въ совокупности замкнутые токи. Утвержденіе, что электричество движется какъ несжимаемая жидкость, есть любимое изреченіе Максвелла. Но эти выраженія не подходятъ къ представленіямъ четвертой гипотезы, они заставляютъ предполагать, что скорѣе третья гипотеза руководила воззрѣніями Максвелла. Я полагаю, однако, что дѣло не въ этомъ, что эти противорѣчія чисто кажущіяся и зависятъ отъ недоразумѣнія. Если я не ошибаюсь, связь идей тутъ слѣдующая. Первоначально Максвеллъ развилъ свою теорію на основаніи весьма опредѣленныхъ и специальныхъ представленій о природѣ электрическихъ явленій. Онъ принималъ, что поры эфира и всѣхъ тѣлъ наполнены тонкой жидкостью, которая, однако, не оказываетъ никакихъ дѣйствій на разстояніи. Въ проводникахъ эта жидкость движется свободно и это движеніе какъ разъ образуетъ то, что мы называемъ электрическимъ токомъ. Въ непроводникахъ эта жидкость прикована къ мѣсту упругими силами и перемѣщеніе «displacement» ея разсматривается какъ сущность электрической поляризаціи. Самую жидкость Максвеллъ называлъ, какъ причину электрическихъ явленій, электричествомъ. Но

когда Максвелль взялся за свое капитальное сочиненіе, гипотезы, первоначально имъ накопленныя, оказались недостаточными, онъ нашель въ нихъ противорѣчія, и онъ ихъ выпустилъ. Но все-таки ему не удалось исключить ихъ настолько, чтобы не остался цѣлый рядъ обозначеній, проистекавшихъ изъ этого представленія. Такимъ образомъ, къ сожалѣнію, слово электричество имѣетъ въ трудѣ Максвелля двоякій смыслъ. Иногда оно обозначаетъ то, что и мы обозначаемъ этимъ терминомъ, величину, которая можетъ быть положительной или отрицательной, и которая образуетъ источникъ, по крайней мѣрѣ, кажущихся дѣйствій на разстояніи. Но иногда оно обозначаетъ у него ту гипотетическую жидкость, изъ которой не исходить ровно никакихъ, даже кажущихся дѣйствій на разстояніи, и которая, находясь въ пространствѣ, можетъ быть только положительной величиной. Если читать разсужденія Максвелля, постоянно истолковывая смыслъ слова «электричество» должнымъ образомъ, то противорѣчія, на первый разъ изумительныя, почти всегда исчезаютъ. Я долженъ, однако, сознаться, что вполне не успѣлъ устранить этихъ противорѣчій; иначе я выразился-бы опредѣленнѣе, а не въ формѣ сомнѣнія *). Какъ-бы то ни было, во всякомъ случаѣ, я пытался въ своихъ двухъ теоретическихъ работахъ, изобразить ученіе Максвелля, т. е. систему его уравненій, съ четвертой изъ приведенныхъ точекъ зрѣнія. Эту гипотезу я старался выдержать строго, т. е. представленія ей чуждыя я совсѣмъ исключилъ изъ разсмотрѣнія. Выраженіе «электрическая сила» означаетъ у меня лишь поляризационное состояніе пространства. Во избѣжаніе недоразумѣнія было-бы лучше придумать другое слово. напр., «электрическое напряженіе поля» **).

Далѣе я старался, по возможности, сократить число тѣхъ представленій, которыя произвольно вводятся нами въ явленія и допустилъ лишь такіе элементы, которыхъ нельзя ни удалить, ни измѣнить, не измѣнивъ тѣмъ самымъ возможныхъ опытовъ. Правда, что это стремленіе придало теоріи весьма отвлеченный и безцвѣтный характеръ. Наше воображеніе мало удовлетворяется, слыша о «направленныхъ измѣненіяхъ со-

*) Таково-же мнѣніе Пуанкаре (Poincaré, *Electricité et optique*. Vol. I.) Л. Больцманъ въ его *Vorlesungen über Maxwell's Theorie* пытается, подобно мнѣ, скорѣе дать свободное отъ противорѣчій изложеніе системы Максвелля, чѣмъ точную передачу мыслей самого Максвелля.

**) E. Cohn. *Zur Systematik der Elektrizitätslehre*. Wiedem. Ann. 40, p. 625, 1890.

стоянія» тамъ, гдѣ привыкли имѣть передъ глазами чувственный образъ атомовъ, заряженныхъ электричествомъ. Мы мало удовлетворяемся, видя, что уравненія, которыя мы привыкли доказывать длинными математическими выводами, даются какъ общіе выводы изъ опыта. Я полагаю, однако, что безъ самообмана нельзя взять изъ опыта много болѣе того, что высказано въ моихъ теоретическихъ работахъ. Если кто-либо желаетъ придать теоріи болѣе колорита, то ничто не препятствуетъ, въ послѣдствіи, содѣйствовать воображенію помощью конкретныхъ чувственныхъ представленій о сущности электрической поляризации тока и т. п. Но достоинство науки требуетъ, однако, чтобы мы умѣли точно различать пестрый нарядъ, которымъ мы окутываемъ теорію, и который, по покрою и цвѣту, вполне находится въ нашей власти, отъ простой и безыскусственной формы, даваемой намъ природой и независящей отъ нашего произвола.

II.

Опытное изслѣдованіе электрическихъ лучей (1888 г.).

Послѣ того, какъ мнѣ удалось доказать, что дѣйствіе электрическаго колебанія распространяется подобно волнѣ въ пространствѣ, я предпринялъ опыты, имѣвшіе цѣлью сосредоточить это вліяніе и сдѣлать его замѣтнымъ на дальнихъ разстояніяхъ, для чего я поставилъ возбуждающій ихъ проводникъ въ фокусную линію довольно большого параболическаго вогнутаго зеркала. Эти опыты не привели къ цѣли, и я могъ также выяснитъ себѣ, что неуспѣхъ зависѣлъ существенно отъ неудобнаго соотношенія, которое было взято между длиною волнъ (отъ 4 до 5 метровъ) и размѣрами, какіе я въ лучшемъ случаѣ могъ придать моему зеркалу. Въ послѣднее время я замѣтилъ, что мои опыты отлично могутъ быть произведены и съ помощью колебаній болѣе чѣмъ въ десять разъ быстрыхъ, чѣмъ прежнія, и съ помощью волнъ въ десять разъ болѣе короткихъ. Мнѣ удалось произвести явные лучи электрической силы и съ помощью ихъ воспроизвести элементарные опыты, какіе обыкновенно производятъ съ свѣтомъ и лучистой теплотой. Объ этихъ опытахъ сообщено въ дальнѣйшемъ изложеніи.

Приборы.

Методъ для полученія короткихъ волнъ одинаковъ съ тѣмъ, какимъ мы получаеиъ болѣе длинныя волны. Употребленный при этомъ первичный проводникъ можно проще всего описать такъ (сравн. рисунокъ и поясненія въ концѣ этого изслѣдованія). Вообразимъ себѣ цилиндрическое латунное тѣло 3 сантиметровъ въ діаметрѣ и 26 сантиметровъ длины, прерванное по срединѣ *промежутка искры* *) (Funkenstrecke), причемъ полюсы этой искры образованы съ обѣихъ сторонъ шаровыми поверхностями, съ радіусомъ въ 2 сантим. Длина проводника будетъ равна почти половинѣ длины волны, соотвѣтствующей колебанію въ прямыхъ проволокахъ; по этому можно уже составить приблизительное сужденіе о продолжительности колебанія. Существенно, чтобы полярныя поверхности, между которыми проходитъ искра, были часто полируемы вновь и чтобы во время опытовъ онѣ были тщательно защищены отъ освѣщенія одновременными побочными разрядами, иначе колебанія не появятся. Видъ и трескъ искръ всегда позволяетъ различить, находится-ли промежутокъ искры въ порядкѣ или нѣтъ. Разрядъ приводится къ обѣимъ половинамъ проводника помощью двухъ толстыхъ, обтянутыхъ гуттаперчей проволокъ, которыя оканчиваются близъ протяженія искры съ обѣихъ ея сторонъ. Роль индуктора (Inductarium) игралъ у меня на этотъ разъ не большой приборъ Румкорфа, но съ успѣхомъ замѣнившій его маленькій приборъ Кейзера и Шмидта, который въ благопріятнѣйшемъ случаѣ даетъ между остріями искру въ 4,5 сантиметровъ длины. Аппаратъ приводился въ дѣйствіе тремя аккумуляторами и при этомъ могъ давать между шаровыми поверхностями первичнаго проводника искры отъ 1 до 2 сантим. длины. Для опытовъ промежутокъ искры доводился затѣмъ до длины 3 миллиметровъ.

Доказательство существованія электрическихъ силъ въ пространствѣ основывалось и здѣсь на появленіи во *вторичномъ* проводникѣ малыхъ искръ. Для этой цѣли служилъ, какъ и въ прежнихъ моихъ опытахъ, вращаемый въ самомъ себѣ кругъ, который обладалъ приблизительно тою-же продолжительностью колебаній, какъ и первичный проводникъ. Кругъ этотъ имѣлъ

*) Вводимъ этотъ терминъ, за отсутствіемъ другого въ русской терминологіи. *Перев.*

лишь 7,5 сант. въ діаметрѣ и состоялъ изъ мѣдной проволоки толщиною въ 1 миллиметрѣ. На одномъ концѣ проволоки былъ надѣтъ отполированный латунный шаръ діаметромъ въ нѣсколько миллиметровъ, другой конецъ былъ заостренъ и устанавливался, при помощи изолированнаго отъ проволоки винтика; на весьма малыя разстоянія отъ латуннаго шара. По-нятно, рѣчь идетъ лишь объ искоркахъ въ нѣсколькихъ сотыхъ долей миллиметра длиною и, при нѣкоторомъ навыкѣ, судяť скорѣе по яркости искръ, чѣмъ по ихъ длинѣ.

Но круговой проводникъ даетъ разностное дѣйствіе (Differenzwirkung) и его поэтому неудобно ввести въ фокусную линію вогнутаго зеркала; поэтому работа производилась, главнымъ образомъ, съ другимъ вторичнымъ проводникомъ слѣдующаго устройства: два прямыхъ куска проволоки 50 сантим. длинны и 5 миллим. въ діаметрѣ были приспособлены такъ въ одной и той-же прямой линіи, что обращенныя другъ къ другу ихъ оконечности образовали между собою промежутокъ въ 5 сантиметровъ. Отъ этихъ оконечностей вели двѣ проволоки длиною въ 15 сантим., толщиною въ 1 мм. между собою параллельныя и перпендикулярныя къ двумъ предъидущимъ, къ промежутку искры, который было устроено совершенно также, какъ въ круговомъ проводникѣ. Въ этомъ новомъ проводникѣ, по незначительности явленій резонанса, дѣйствія его нельзя было наблюдать. Было-бы проще устроить промежутокъ искры просто въ серединѣ прямой проволоки, но тогда это разстояніе искры не могло-бы быть помѣщено и наблюдаемо въ фокусѣ вогнутаго зеркала безъ того, чтобы наблюдатель не закрылъ отверстія зеркала. Поэтому и было предпочтено вышеописанное устройство.

Производство луча.

Если теперь устроимъ первичное колебаніе въ обширномъ свободномъ пространствѣ, то, съ помощью круговаго проводника, можно въ уменьшенномъ масштабѣ наблюдать всѣ тѣ явленія, которыя я раньше наблюдалъ и описывалъ по сосѣдству съ колебаніемъ болѣе значительныхъ размѣровъ. Наибольшее разстояніе, на которомъ еще замѣчались искры во вторичныхъ проводникахъ, достигаетъ 1,5 метра, а при благоприятномъ состояніи первичнаго разстоянія искры даже 2 метровъ. Дѣйствіе въ одну сторону усиливается, если на противоположной сторонѣ первичнаго колебанія находится плоская

проводящая стѣнка параллельно колебанію въ надлежащемъ разстояніи. Если, впрочемъ, разстояніе слишкомъ мало или много болѣе 30 сантим., то стѣна вліяетъ вредно; она весьма полезна на разстояніи 8—15 сантим., слабо содѣйствуетъ при 45 сантим. и вовсе не вліяетъ на болѣе значительныхъ разстояніяхъ. Явленіе это было нами объяснено еще раньше и мы выводимъ изъ него, что соотвѣтствующая первичному колебанію волна въ воздухѣ имѣетъ длину для полуволны равную 30 сантиметрамъ. Болѣе значительнаго усиленія мы должны ожидать въ томъ случаѣ, если замѣнимъ плоскую стѣну вогнутымъ зеркаломъ, имѣющимъ видъ параболическаго цилиндра, и если въ его фокусной линіи будетъ находиться продольная ось первичнаго колебанія. Если вогнутое зеркало хорошо сосредоточиваетъ «дѣйствіе на разстояніи» (Fernwirkung), то выгодно избрать его фокусное разстояніе возможно малымъ. Но если непосредственная волна не уничтожаетъ тотчасъ дѣйствія отраженной волны, то нельзя брать фокусное разстояніе значительно меньше четверти длины волны. Поэтому я избралъ фокусное разстояніе въ $12\frac{1}{2}$ сантим. и устроилъ вогнутое зеркало, взявъ цинковый листъ въ 2 метра длины, 2 м. ширины и $\frac{1}{2}$ мм. толщины и согнувъ его въ желаемую форму надъ деревянной стойкою, точно требуемой кривизны. Высота зеркала оказалась въ 2 м., ширина отверстія въ 1,2 метра, глубина въ 0,7 метра. Первичное колебаніе было укрѣплено въ центрѣ фокусной линіи. Проволоки, приводившія разрядъ, я провелъ сквозь зеркало; индукторъ и элементы находились поэтому позади зеркала и не мѣшали. Изслѣдуемъ затѣмъ снова съ помощью нашихъ проводниковъ сосѣднее съ колебаніемъ пространство. Позади зеркала и съ боковъ его мы не замѣтимъ никакого дѣйствія. Наоборотъ, по направленію оптической оси зеркала, искры могутъ быть воспринимаемы даже на разстояніяхъ 5—6 метровъ. На болѣе дальнихъ разстояніяхъ 9—10 метровъ искры могутъ быть воспринимаемы по близости отъ плоской проводящей стѣны, поставленной перпендикулярно къ поступательнымъ волнамъ; это потому, что отраженные стѣною волны усиливаютъ набѣгающія волны въ извѣстныхъ точкахъ. Въ другихъ точкахъ волны, наоборотъ, ослабляютъ другъ друга. Передъ плоскою стѣною съ помощью прямолинейнаго проводника легко воспринимаются явные максимумы и минимумы, а въ круговомъ проводникѣ замѣчаются характерныя для стоячихъ волнъ явленія интерференціи. Я былъ въ состояніи различить четыре узловыя точки, которыя находились одна на самой стѣнѣ, затѣмъ на разстояніяхъ 33, 65 и

98 сантим. отъ стѣны. Итакъ, съ значительною степенью приближенія можно допустить, что длина полуволны въ моихъ опытахъ была въ 33 сантиметра ($65 - 33 = 32$, $98 - 65 = 33$), продолжительность колебанія 1,1 тысячемилліонная часть секунды, предполагая, что скорость распространенія равна скорости свѣта (300.000 килом. въ 1 секунду; поэтому продолжительность колебанія $T = \frac{33 \text{ сантим.}}{300.000 \text{ килом.}} \times 1 \text{ секунду}$, но 1 килом. = 10^3 метровъ = 10^5 сантим. Поэтому $T = 11 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-5}$ секундъ или $1,1 \cdot 10^{-9}$ или 1,1 тысячемилліонныхъ секунды. Перев.). Въ проволокѣ колебаніе дало длину волны въ 29 сантим. Итакъ на опытѣ и эти короткія волны (какъ въ прежнихъ опытахъ длинныя) дали скорость нѣсколько меньшую, чѣмъ въ воздухѣ, но отношеніе это близко къ теоретической величинѣ, т. е. къ 1, и уклоняется отъ нея не такъ, какъ для длинныхъ волнъ. Это замѣчательное явленіе требуетъ еще разъясненія. Такъ какъ явленія обнаруживаются единственно по близости къ оптической оси зеркала, то мы обозначаемъ полученное состояніе какъ электрическій *лучъ*, выходящій изъ вогнутаго зеркала. Затѣмъ я поставилъ другое вогнутое зеркало, точно равное первому и ввелъ въ него прямолинейный вторичный проводникъ такимъ образомъ, что обѣ проволоки, каждая въ 50 сантиметровъ длиною, попали въ фокусную линію, обѣ же проволоки, ведущія къ искрѣ, проходили сквозь толщину зеркала кратчайшимъ путемъ изолированно. Тогда искра находилась непосредственно за зеркаломъ и наблюдатель могъ установить ее и наблюдать, не мѣшая движенію волнъ. Я предчувствовалъ, что, если съ помощью этого приспособленія мнѣ удастся воспринять лучъ, то я буду въ состояніи воспринять его на еще большихъ разстояніяхъ, и я убѣдился, что не ошибся въ этомъ. Въ помѣщеніяхъ, которыя были въ моемъ распоряженіи, я могъ теперь воспринять искры отъ одного конца до другого. Наибольшее разстояніе, до котораго я, открывая дверь, успѣлъ изслѣдовать лучъ, достигло 16 метровъ, но результаты опытовъ надъ отраженіемъ, о которыхъ сейчасъ будетъ сказано, не позволяютъ нисколько сомнѣваться въ томъ, что въ открытыхъ пространствахъ можно было-бы получить искры по малой мѣрѣ на разстояніи 20 метровъ. Для дальнѣйшихъ опытовъ столь значительныя разстоянія вовсе не необходимы, и хорошо, если вторичный токъ искръ не слишкомъ слабъ. Разстояніе отъ 6 до 10 метровъ для большей части опытовъ слѣдуетъ считать выгоднѣйшимъ. Теперь мы можемъ разсмотрѣть простѣйшія явленія, которыя безъ труда наблю-

даются въ лучѣ. Тамъ, гдѣ не сказано противнаго, всегда подразумѣвается, что фокусныя линіи обоихъ параболическихъ зеркалъ поставлены вертикально.

Прямолинейное распространеніе.

Если поставимъ на прямой соединительной линіи зеркала перпендикулярно къ направленію луча экранъ изъ листового цинка вышиною въ 2 м. и шириною въ 1 м., то вторичныя искры совершенно погаснутъ, (т. е. появится «тѣнь»). Точно такую-же полную тѣнь даетъ экранъ изъ фольги или изъ листового золота. Помощникъ экспериментатора, преграждающій лучъ, заставляетъ вторичный промежутокъ искры потемнѣть всякій разъ, какъ только онъ самъ вступаетъ въ пространство, гдѣ проходитъ лучъ. Наоборотъ, искры вновь загораются, какъ только онъ выходитъ изъ этого пространства. *Изоляторы, наоборотъ, не задерживаютъ луча.* Сквозь деревянную стѣну или дверь лучъ проходитъ свободно и не безъ изумленія можно увидѣть искры внутри запертой комнаты. Если поставить два проводящіе экрана вышиною въ 2 м. и шириною въ 1 м. симметрично справа и слѣва подлѣ луча, перпендикулярно къ его направленію, то эти лучи нисколько не вліяютъ на вторичную искру, пока ширина промежутка, между ними образованнаго, не станетъ меньше отверстія зеркала, именно меньше 1,2 метра. Если промежутокъ сдѣлать еще уже, то искры убываютъ и, наконецъ, когда щель станетъ меньше 0,5 м., онѣ совсѣмъ угасаютъ. Если оставить ширину щели въ 1,2 м., но самую щель перемѣстить въ сторону отъ прямой линіи, соединяющей зеркала, то искры также угасаютъ. Если, наконецъ, повернуть оптическую ось дающаго лучъ зеркала вправо или влево градусовъ на 10 отъ надлежащаго положенія, то вторичныя искры слабѣютъ, а при вращеніи градусовъ на 15 погасаютъ совсѣмъ.

Геометрически рѣзкое очертаніе имѣетъ лучъ; но тѣнь не ограничена геометрически, и можно легко вызвать явленія, соответствующія диффракціи свѣта *). Наблюдать максимумы и минимумы по краямъ тѣни мнѣ, однако, еще не удалось.

*) Къ этимъ явленіямъ относится наблюденіе, сдѣланное Гогенбахомъ и Цендеромъ и, по мнѣнію этихъ авторовъ, являющееся противорѣчіемъ моему объясненію опытовъ. (Wied. Ann. 43 p. 611). Я полагаю, что свѣтъ даетъ, а не же, что даютъ здѣсь электрическія волны; но при этомъ надо предположить, что ~~все~~ измѣренія опыта сокращены въ соответственномъ масштабѣ, а не только длины волнъ. Прим. Герца (1891 годъ).

Поляризація.

Что нашъ лучъ образованъ поперечными колебаніями и поляризованъ прямолинейно въ смыслѣ оптической поляризаціи, въ этомъ нѣтъ сомнѣнія уже по способу его происхожденія. Но этотъ фактъ можно подтвердить и опытомъ. Если мы повернемъ наше принимающее зеркало вокругъ луча; какъ вокругъ оси, пока его фокусная линія, а стало быть и вторичный проводникъ не придетъ въ горизонтальное положеніе, то вторичныя искры все болѣе и болѣе будутъ погасать, и при перекрестномъ положеніи обѣихъ фокусныхъ линій мы болѣе не получимъ искръ, хотя-бы мы сблизили зеркала на незначительное разстояніе. Итакъ, оба зеркала относятся между собою какъ поляризаторъ и анализаторъ поляризаціоннаго прибора. Я заказалъ восьмиугольную деревянную раму 2 м. высоты и 2 м. ширины и обтянулъ ее мѣдной проволокою 1 мм. толщины. Всѣ проволоки были взаимно параллельны и каждая отстояла отъ сосѣдней съ нею на 3 см. Если теперь поставить оба зеркала съ параллельными между собою фокусными линіями и вставить проволоочный экранъ перпендикулярно къ лучу такъ, что направленіе проволокъ станетъ перпендикулярнымъ къ направленію фокусныхъ линій, то экранъ, можно сказать, вовсе не вліяетъ на вторичныя искры. Но если экранъ противопоставляется лучу такимъ образомъ, что его проволоки параллельны фокуснымъ линіямъ, то онъ вполне преграждаетъ лучъ. Итакъ, по отношенію къ проходящей насквозь энергіи, экранъ относится къ нашему лучу совершенно такъ, какъ турмалиновая пластинка къ прямолинейно поляризованному оптическому лучу. Затѣмъ фокусная линія принимающаго зеркала опять была установлена горизонтально; тогда искры, какъ замѣчено, не появлялись. Такія искры не вызывались также вдвиганіемъ экрана по пути луча, какъ только проволоки экрана были направлены горизонтально или вертикально. Но если деревянная рама установилась такъ, что проволоки были наклонены къ горизонтали подъ угломъ 45° въ одномъ изъ двухъ возможныхъ при этомъ положеній, то при вставкѣ экрана вторичный промежутокъ искры тотчасъ освѣщался. Очевидно, экранъ разлагаетъ приходящее колебаніе на двѣ слагаемыя, пропуская насквозь лишь ту, которая перпендикулярна къ направленію его проволокъ. Эта слагаемая наклонена подъ 45° къ фокусной линіи второго зеркала и можетъ, по вторичномъ разложеніи зеркаломъ, подѣйствовать еще на вторичный проводникъ. Явленіе это вполне однородно съ освѣщеніемъ тем-

наго поля двухъ скрещенныхъ николей посредствомъ вставленной надлежащимъ образомъ турмалиновой пластинки.

Относительно поляризації да будетъ позволено сдѣлать еще слѣдующее замѣчаніе. При помощи средствъ, которыми мы пользовались въ настоящемъ изслѣдованіи, мы можемъ воспринять лишь электрическую силу. Колебанія ея, при вертикальномъ положеніи первичнаго колебанія, безспорно происходятъ въ вертикальной проходящей чрезъ лучъ плоскости и отсутствуютъ въ горизонтальной плоскости. По опытамъ, произведеннымъ нами надъ медленно перемѣняющимися токами, нельзя сомнѣваться въ томъ, что электрическія колебанія сопровождаются колебаніями магнитной силы, причемъ эти послѣднія происходятъ *въ горизонтальной* плоскости, проходящей чрезъ лучъ и равны нулю въ вертикальной плоскости. Итакъ, поляризація луча состоитъ не въ томъ, что колебанія происходятъ только въ вертикальной плоскости, но скорѣе въ томъ, *что колебанія въ вертикальной плоскости имѣютъ электрическую природу, а въ горизонтальной — магнитную*. Вопросъ, въ какой изъ обѣихъ плоскостей происходятъ колебанія для нашего луча, безъ указанія, идетъ-ли рѣчь объ электрическихъ колебаніяхъ или о магнитныхъ, поэтому, вовсе не допускаетъ отвѣта. Подобнымъ соображеніемъ объясняется также и безцѣльность одного стариннаго спорнаго вопроса въ области оптики, что впервые ясно высказано Колачекомъ *).

Отраженіе.

Мы доказали уже отраженіе волнъ отъ проводящихъ поверхностей посредствомъ интерференціи отраженныхъ волнъ съ падающими и примѣнили его къ конструкціи нашихъ вогнутыхъ зеркалъ. Теперь для насъ возможно также раздѣлить между собою обѣ системы волнъ. Прежде всего я поставилъ въ болѣе просторномъ помѣщеніи оба вогнутыхъ зеркала, одно подлѣ другого, такимъ образомъ, что ихъ отверстія глядѣли въ одну и ту же сторону, и оси сходились къ точкѣ, находившейся отъ нихъ на разстояніи около 3 м. Промежутокъ искры принимающаго зеркала, разумѣется, оставался темнымъ. Теперь я поставилъ плоскую вертикальную стѣну изъ тонкаго листового цинка вышиною въ 2 метра, шириною также въ

*) Wied. Ann. 34. p. 676. 1888.

2 м. въ точкѣ скрещенія осей такъ, что эта стѣна была перпендикулярна къ линіи, находящейся посрединѣ между осями. Я получилъ сильный токъ искръ, происходящій отъ луча, отраженнаго стѣною. Токъ этотъ угасъ, какъ только стѣна была поворочена вокругъ вертикальной оси градусовъ на 15 въ одну или другую сторону отъ правильнаго положенія; итакъ рѣчь идетъ о правильномъ отраженіи, а не разсѣянii. Если стѣна удалялась отъ зеркалъ, причемъ оси послѣднихъ были направлены такъ, что сходились на стѣнѣ, то искры убывали весьма медленно. Я могъ еще воспринять искры, когда стѣна отстояла на 10 метровъ отъ зеркалъ, т. е. волнамъ приходилось пройти путь въ 20 метровъ. Это расположеніе можно было употреблять съ выгодою, если рѣчь идетъ о сравненіи скорости распространенія въ воздухѣ съ другими медленными распространеніями, какъ напр. въ подводномъ кабелѣ.

Чтобы установить отраженіе луча подъ угломъ паденія, отличнымъ отъ нуля, я провелъ лучъ въ одномъ залѣ параллельно одной изъ боковыхъ стѣнъ, въ которой находилась дверь. Въ сосѣдней комнатѣ, къ которой вела дверь, я поставилъ принимающее вогнутое зеркало такимъ образомъ, что его оптическая ось проходила сквозь средину двери и перпендикулярно перекрещивала направленіе луча. Если теперь въ точкѣ перекрещиванія была поставлена плоская проводящая стѣна такимъ образомъ, что она образовала какъ съ лучемъ, такъ и съ осью принимающаго зеркала уголъ въ 45° , то во вторичномъ проводникѣ возникалъ токъ искръ, который не прерывался и въ томъ случаѣ, если дверь затворялась. Когда я поворачивалъ отражающую стѣну градусовъ на 10 отъ ея правильнаго положенія, то и искры угасали. Итакъ, отраженіе правильно: уголъ паденія равенъ углу преломленія. Что путь дѣйствія ведетъ отъ источника возбужденія къ плоскому зеркалу и оттуда къ вторичному проводнику, могло быть доказано также тѣмъ, что въ различныхъ точкахъ этого пути ставились дающіе тѣнь экраны. Тогда вторичныя искры угасали всякій разъ; наоборотъ, любая постановка экрановъ въ остальномъ пространствѣ не вредна имъ. Итакъ съ помощью кругового вторичнаго проводника возможно опредѣлить въ лучѣ положеніе плоскости волны; оно оказалось и до, и послѣ отраженія перпендикулярнымъ къ лучу, и стало быть при отраженіи произошелъ поворотъ плоскости на 90° .

До сихъ поръ фокусныя линіи вогнутыхъ зеркалъ стояли вертикально и плоскость колебаній была, стало быть, перпендикулярна къ плоскости падающаго луча. Чтобы получить

такое отраженіе, при которомъ колебанія происходятъ въ плоскости паденія, я положилъ фокусныя линіи обоихъ вогнутыхъ параболическихъ зеркалъ горизонтально. Я наблюдалъ при этомъ явленія, сходныя съ прежними и не могъ найти никакого различія въ напряженіи отраженныхъ лучей въ обоихъ случаяхъ. Но если, обратно, фокусная линія одного изъ зеркалъ вертикальна, а другого—горизонтальна, то никакихъ вторичныхъ искръ не замѣчается. Итакъ, наклоненіе плоскости колебаній къ плоскости паденія не измѣняется отраженіемъ, пока этотъ наклонъ имѣетъ одно изъ указанныхъ выше особенныхъ значеній; въ общемъ случаѣ это утвержденіе не оправдывается. Слѣдуетъ считать даже сомнительнымъ, остается ли лучъ послѣ отраженія вообще еще прямолинейно поляризованнымъ. Интерференціи, которыя образуютъ передъ зеркаломъ скрещивающіяся между собою системы волнъ и которыя, какъ я замѣтилъ, даютъ въ круговомъ проводникѣ поводъ къ характернымъ явленіямъ, могутъ скорѣе всего привести къ извѣстному оптикамъ вопросу объ измѣненіи фазы и амплитуды вслѣдствіе отраженія.

Упомянемъ еще объ одномъ опытѣ надъ отраженіемъ отъ электрически анизотропныхъ поверхностей. Оба вогнутыхъ зеркала ставятся одно подлѣ другого, какъ и въ первомъ описанномъ опытѣ съ отраженіемъ: противъ нихъ, однако, ставится теперь въ роли отражающей стѣны упомянутый экранъ изъ параллельныхъ мѣдныхъ проволокъ. Оказалось, что вторичный промежутокъ искры оставался темнымъ, когда проволоки пересѣкали перпендикулярно направленія колебаній, но освѣщался, какъ только проволоки шли по направленію колебаній. Итакъ, аналогія между нашею односторонне проводящею поверхностью и турмалиновою пластинкою ограничивается лишь *пропущенною* частью луча *). Непропущенная *поглощается* турмалиновой пластинкою, наша же поверхность *отражаетъ* соответствующую часть. Если въ послѣднемъ опытѣ скрестить фокусныя линіи обоихъ зеркалъ, то съ помощью отраженія на изотропической стѣнѣ нельзя вызвать въ побочномъ проводникѣ ни одной искры. Но я убѣдился, что

*) В. Кенигъ впервые показалъ, что аналогія между отраженіемъ электрическихъ волнъ отъ нашей рѣшетки и отраженіемъ простого (одноцвѣтнаго) луча отъ поверхности диэлектрическихъ кристалловъ значительно полнѣе, чѣмъ указанная въ текстѣ. В. Кенигъ обратилъ также вниманіе на связь между дѣйствіемъ нашей рѣшетки и извѣстными поляризующими дѣйствіями оптическихъ рѣшетокъ. (Wied. Ann. 37 p. 651). Прямыч. Герца (1891 годъ).

это удается помощью отраженій отъ анизотропной проволочной рѣшетки, именно если ее поставить такъ, что направленіе ея проволокъ къ обѣимъ фокуснымъ линіямъ образуетъ уголъ въ 45° . Опытъ легко объясняется по предыдущему.

Преломленіе.

Чтобы испытать, можно ли доказать преломленіе луча при переходѣ изъ воздуха въ иную изолирующую среду, я заказалъ довольно большую призму изъ такъ наз. твердой смолы (Hart-resch)—асфальтоподобной массы. Основная поверхность представляла равнобедренный треугольникъ съ боками въ 1,2 м. и преломляющимъ угломъ около 30° . Высота цѣлой призмы, которой преломляющій край былъ поставленъ вертикально, достигала 1,5 метра. Но такъ какъ призма вѣсила около 12 центнеровъ и какъ цѣлое была бы трудно подвижна, то ее составляли изъ трехъ расположенныхъ одна надъ другою частей, каждая въ 0,5 м. высоты. Массы были влиты въ деревянные ящики, которые, какъ оказалось, не вредили опыту. Призма была поставлена на подставкѣ на такой высотѣ, что середина ея преломляющаго ребра была на одной высотѣ съ первичнымъ и вторичнымъ промежутками искры. Убѣдившись въ наличности преломленія и найдя возможность оцѣнить его величину, я устроилъ опыты такимъ образомъ: отдающее вогнутое зеркало было обращено на разстояніи 2,6 м. отъ призмы къ преломляющей поверхности и поставлено такъ, что равнодѣляющая линія Mittellinie луча возможно точно попадала въ центръ тяжести призмы и на преломляющую поверхность съ задней стороны подъ угломъ въ 65° .

Подлѣ преломляющаго ребра призмы и противулежащей стороны устанавливались два проводящіе экрана, которые отрѣзывали лучу всякій путь, исключая проходящаго сквозь призму. Со стороны же прошедшаго насквозь луча на полу вокругъ центра тяжести основанія призмы, чертился кругъ радіусомъ въ 2,5 метра. Въ этомъ кругѣ вращалось принимающее зеркало такимъ образомъ, что отверстіе его постоянно оставалось направленнымъ къ центру круга. Когда затѣмъ зеркало ставилось сначала на продолженіи падающаго луча, то искры въ немъ болѣе не получались, и въ эту сторону призма бросала полную тѣнь. Искры, наоборотъ, получались, если зеркало подвигалось къ задней поверхности призмы, а именно, первыя искры являлись когда измѣренное по кругу угловое отклоне-

ніе отъ начальнаго положенія достигало около 11° . Токъ искръ возрасталъ въ напряженности до отклоненія около 22° , чтобы затѣмъ убывать вновь.

Послѣднія искры были замѣтны при отклоненіи около 34° . Но когда зеркало ставилось по направленію сильнѣйшаго дѣйствія и только удалялось на радіусъ круга отъ призмы, то искры могли быть прослѣжены на разстояніи 5—6 метровъ. Помощникъ, который становился передъ призмой или же за нею, погашалъ искры безъ малѣйшаго промаха,—доказательство, что дѣйствіе достигало своей цѣли, т. е. вторичнаго проводника, фактически чрезъ призму, а не какимъ либо-инымъ путемъ. Опыты были повторены, послѣ того какъ, не измѣняя положенія призмы, фокусныя линіи обоихъ зеркалъ были положены горизонтально. Уклоненіе отъ описанныхъ раньше явленій при этомъ не наблюдалось. Преломляющему углу въ 30° и уклоненію въ 22° по близости отъ минимума уклоненія соответствуетъ показатель преломленія въ 1,69.

Оптическій показатель преломленія для смолистыхъ тѣлъ колеблется между 1 5 и 1,6. Неточность нашего опредѣленія и нечистота употребленнаго матеріала не допускаетъ, впрочемъ, придать особое значеніе величинѣ или направленію уклоненія *).

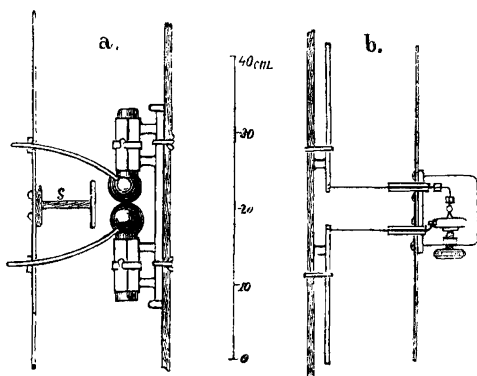
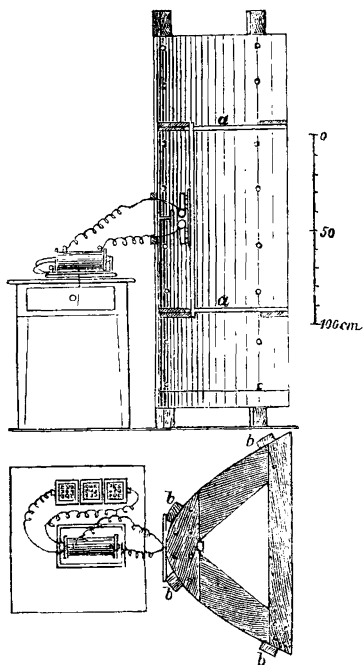
Изслѣдуемыя нами формы мы разсматривали какъ *лучи электрической силы*. Въ видѣ заключенія, мы, быть можетъ, вправѣ назвать ихъ также свѣтовыми лучами, соответствующими весьма значительной длинѣ волнъ. Мнѣ, по крайней мѣрѣ, кажется, что описанные опыты въ высшей степени способны разсѣять сомнѣнія на счетъ тождества свѣта, лучистой теплоты и электродинамическаго волнообразнаго движенія. Я увѣренъ, что теперь можно смѣло воспользоваться выгодами, доставляемыми допущеніемъ этого тождества какъ оптикѣ, такъ и ученію объ электричествѣ.

Объясненіе рисунковъ. — 1) Чтобы помочь повторенію и распространенію этихъ опытовъ, присоединяю рисунки употребленныхъ мною приборовъ, хотя я составилъ ихъ лишь для минутнаго опыта, не заботясь объ ихъ прочности. Фиг. 1 изображаетъ разрѣзъ и планъ отдающаго лучи зеркала. Остовъ

*) Оливеру Лоджу и Гоуарду удалось доказать преломленіе и сосредоточеніе электрическихъ лучей даже посредствомъ большихъ чечевицъ. (Phil. Mag. 27 p. 48. 1889). Прпм. Герца. (1891).

его состоитъ изъ двухъ параболическихъ горизонтальныхъ рамъ (а,а) и четырехъ вертикальныхъ подпорокъ (b,b), которыя свинчены съ этими рамами и служатъ для ихъ склоненія и поддержки. Отражающій листъ цинка вставленъ между рамами и подпорами и привинченъ къ нимъ многими винтами. Подпоры выдаются сверху и снизу изъ-за листа, чтобы пользоваться при для передвиженіи зеркала какъ ручками. Фигура 2 (а) изображаетъ устройство первичнаго проводника (въ нѣсколько большемъ масштабѣ, чѣмъ первая фигура). Обѣ металлическихъ части скользятъ съ треніемъ въ двухъ гильзахъ изъ толстой бумаги (картона), которыя замкнуты двумя каучуковыми связками. Съ своей стороны, эти гильзы укрѣплены 4 сюргучными подпорами на досчечкѣ, которая, въ свою очередь, помощью каучуковыхъ лентъ прижимается къ деревянной, видимой также на ф. 1. Приводящія проволоки, покрытыя гуттаперчей, заканчиваются въ двухъ дырочкахъ, пробурованныхъ въ шарикахъ первичнаго проводника. Это устройство позволяетъ частямъ проводника необходимую взаимную подвижность. Въ нѣсколько минутъ ихъ можно разобрать и опять собрать, что необходимо для частой шлифовки полярныхъ поверхностей. Тамъ, гдѣ приводящія проволоки проникаютъ зеркало, онѣ, во время разрядовъ, окутываются голубоватымъ сіяніемъ. Чтобы избѣжать вреднаго вліянія, оказываемаго этимъ явленіемъ на промежутокъ искры, ставятъ ширму S изъ полированного дерева. Фиг. 2 (b), наконецъ, изображаетъ вторичный промежутокъ искры. Обѣ части вторичнаго проводника опять укрѣплены посредствомъ сюргучныхъ подставокъ и каучуковыхъ полосъ на перекадинахъ остова. Изъ внутреннихъ оконечностей этихъ частей видны приводящія проволоки, окруженныя стеклянными трубками, проникающія зеркало и повернутыя другъ къ другу. Верхняя проволока имѣетъ вмѣсто полюса маленькій латунный шарикъ. Къ нижней проволоки припаянъ кусокъ часовой пружины, а на послѣдней находится другой полюсъ, — тонкое мѣдное остріе. Остріе нарочно дѣлается изъ болѣе мягкаго металла чѣмъ шаръ: безъ этой предосторожности остріе легко вдавливается въ шаръ, и крошечныя искорки ускользаютъ отъ наблюденія, попадая въ происходящую ямку. Чертежъ показываетъ, какимъ образомъ остріе подвигается винтомъ, надавливающимъ на пружину, но изолированнымъ отъ нея стеклянною пластинкою. Своеобразное искривленіе пружины имѣетъ цѣлью сдѣлать движеніе острія еще болѣе точнымъ, чѣмъ было бы возможно съ помощью одного только винта.

Безъ сомнѣнія, описанные здѣсь приборы можно значительно измѣнить, не повредивъ успѣху опытовъ. Слѣдуя дружескому совѣту, я пытался также замѣнить во вторичномъ проводникѣ промежутокъ искры испытывающимъ токъ бездромъ



лягушки, но это, при другихъ условіяхъ весьма чувствительное средство, въ данномъ случаѣ оказалось неудобопримѣнимымъ *).

Исторія открытій Герца.

(Отъ переводчика).

Для болѣе яснаго пониманія переведеннаго нами знаменитаго мемуара Герца (въ подлинникѣ онъ озаглавленъ *Ueber Strahlen elektrischer Kraft* и напечатанъ впервые въ мемуарахъ Берлинской академіи 13 дек. 1888 года) считаемъ умѣстнымъ привести свѣдѣнія о болѣе раннихъ опытахъ этого ученаго, умершаго преждевременно въ возрастѣ, когда многіе только что начинаютъ свою научную дѣятельность.

Въ 1879 году Берлинская академія наукъ предложила на премію тему: найти какое бы то ни было соотношеніе между электродинамическими силами и діэлектрической поляризацией изолирующихъ тѣлъ. Герцъ, въ то время еще юноша, работавшій въ физическомъ институтѣ въ Берлинѣ, успѣлъ обратить на себя вниманіе Гельмгольца, который и предложилъ ему взяться за эту тему, обѣщая поддержку института. Обдумавъ вопросъ, Герцъ изслѣдовалъ сначала вліяніе разрядовъ лейденскихъ банокъ. Результатъ былъ почти отрицательный. Лишь въ 1886 году, работая въ физическомъ кабинетѣ высшей Технической школы въ Карльсруэ, Герцъ вновь имѣлъ случай возобновить эти опыты.

Готовясь къ чтенію лекцій, онъ испыталъ дѣйствіе такъ наз. спиралей Рисса или Кнохенгауэра. Герцъ былъ крайне изумленъ, замѣтивъ, что вовсе не понадобилось разряда сильныхъ батарей чрезъ одну изъ спиралей, чтобы вызвать искры въ другой спирали, но что для этого оказалось достаточнымъ примѣнить маленькія лейденскія банки или же разрядъ маленькаго индукціоннаго аппарата. Измѣняя условія опыта, Герцъ открылъ явленіе такъ наз. *побочныхъ искръ* (*Nebenfunken*), которое и послужило исходнымъ пунктомъ его дальнѣйшихъ работъ. Первоначально Герцъ считалъ найденныя имъ электрическія движенія, по его собственному

*) Съ тѣхъ поръ какъ это было написано, удалось различнымъ образомъ изобразить опыты объективно; употребленіе бедра лягушки удалось Риттеру (*Wied. Ann.* 40 p. 53), Гейсслерову трубку примѣнилъ Драгумисъ (*Nature* 39 p. 548).

выраженію, слишкомъ «бурными и неправильными» для дальнѣйшаго изслѣдованія. Вскорѣ ему, однако, удалось найти въ побочномъ проводникѣ такъ наз. безразличную (индифферентную) точку—именно въ серединѣ проводника—и это вполне отчетливое явленіе убѣдило его въ разрѣшимости задачи, предложенной Берлинской академіей,—а дальше въ то время не простиралось его честолюбіе.

Изложимъ вкратцѣ эти первые опыты Герца, напечатанные еще въ 1887 году (Wiedemann's Annalen Bd. 31 p. 421) въ мемуарѣ «О весьма быстрыхъ электрическихъ колебаніяхъ».

Герцъ зналъ изъ предыдущихъ работъ, что движенія, происходящія при разрядѣ лейденскихъ банокъ, имѣютъ колебательный характеръ. Мысль эту впервые высказалъ Гельмгольцъ въ 1847 году въ своемъ знаменитомъ мемуарѣ «О сохраненіи силы», затѣмъ ее защищали, съ разныхъ точекъ зрѣнія, У. Томсонъ, Феддерсенъ, Эттингенъ, Кирхгофъ и другіе. Гельмгольцъ вывелъ свою гипотезу изъ попеременнаго намагничиванія противоположнымъ магнетизмомъ отъ дѣйствія лейденскихъ банокъ и изъ того, что при попыткѣ разлагать воду электрическими разрядами на обоихъ электродахъ появляется какъ водородъ, такъ и кислородъ. Различные изслѣдователи установили для колебаній, открытыхъ индукціонныхъ аппаратовъ продолжительность колебанія, измѣряемую десяти-тысячными долями секунды. Феддерсену удалось, помощью лейденскихъ банокъ, получить колебанія въ сто разъ быстрѣйшія. Еще большую скорость можно было предвидѣть теоретически въ хорошо проводящихъ незамкнутыхъ проволокахъ. Съ этого и началъ Герцъ; ему, дѣйствительно, удалось получить колебанія съ продолжительностью, измѣряемою *стотысячными* частями секунды, т. е. стоящую уже по серединѣ между тою, которая свойственна съ одной стороны—звуковымъ колебаніямъ, съ другой—свѣтовымъ. Для опытовъ Герцъ пользовался слѣдующимъ аппаратомъ: вообразимъ себѣ обыкновенную спираль Румкорфа или иной какой-либо индукторъ съ разрядникомъ, у котораго шарики раздвинуты на нѣкоторое разстояніе. Къ одной изъ ручекъ разрядника прикрѣпимъ спиральную проволоку, къ нему перпендикулярную и переходящую въ четырехугольный проволочный проводникъ, прерванный подлѣ проволоки небольшимъ промежуткомъ. Съ обѣихъ сторонъ этого промежутка находятся шарики. Если мы просто вставимъ въ разрядную цѣпь еще такъ наз. «микрометръ Рисса», т. е. побочный металлическій проводникъ, прерванный вторичнымъ промежуткомъ, то при разрядѣ оказывается,

что, въ благопріятныхъ условіяхъ, разрядъ предпочитаетъ путь чрезъ промежутокъ микрометра — пути чрезъ металлическій проводникъ, — явленіе давно извѣстное и служащее основаніемъ для конструкціи громоотводовъ въ телеграфныхъ проводникахъ. Но въ описанномъ опытѣ мы не ввели побочный проводникъ въ разрядную цѣпь индуктора, а соединили лишь *одинъ* полюсъ индуктора съ произвольно избранной точкой разряднаго четырехугольника, помощью промежуточной спиральной проволоки. Повидимому, не было основанія ожидать появленія искры во вторичномъ проводникѣ; а между тѣмъ, при благопріятныхъ условіяхъ, искра появлялась. Не мѣшаетъ привести подлинныя слова Герца при описаніи этого основнаго опыта.

«Опытъ показываетъ, что въ моментъ разряженія происходятъ сильныя электрическія движенія не только въ собственно замыкающей цѣпи, но и во всѣхъ соединенныхъ съ нею проводникахъ. Сверхъ того, здѣсь еще яснѣе видно (чѣмъ въ опытѣ съ введеніемъ микрометра въ разрядную цѣпь индуктора), что эти электрическія движенія протекаютъ такъ быстро, что время, въ которое электрическія волны проходятъ чрезъ короткіе металлическіе проводники, уже оказываетъ замѣтное вліяніе. Дѣйствительно, опытъ можно истолковать лишь такъ, что исходящее изъ индуктора измѣненіе потенціала достигаетъ одного изъ шариковъ вторичнаго проводника скорѣе (вслѣдствіе неодинаковости разстояній), чѣмъ другого. Если принять во вниманіе, что, судя по всему намъ извѣстному, электрическія волны въ мѣдныхъ проволокахъ распространяются приблизительно со скоростью свѣта, то явленіе это можетъ просто привести въ изумленіе. Мнѣ поэтому показалось стоящимъ труда изслѣдовать, какія обстоятельства благопріятны для появленія сильныхъ искръ въ микрометрѣ».

Замѣтимъ, что для первыхъ опытовъ Герць пользовался большимъ индукторомъ (спиралью Румкорфа) въ 52 сантим. длины и 20 сантим. въ діаметрѣ, снабженнымъ ртутнымъ прерывателемъ и возбуждаемымъ шестью большими элементами Бунзена. Оказалось, что дѣйствіе зависитъ значительно отъ свойства искръ въ разрядникѣ, причемъ наилучшіе результаты дала искра между двумя латунными шариками въ 3 сантим. въ діаметрѣ; длина искръ была около $\frac{3}{4}$ сантим. Искра короче $\frac{1}{2}$ сантим. давала лишь слабыя побочныя искры (такъ называются искры въ побочномъ проводникѣ); искра длиннѣе $1\frac{1}{2}$ сантим. вовсе не давала побочныхъ искръ. Вообще появленіе и сила побочныхъ искръ оказались зависящими отъ сложныхъ обстоятельствъ (причемъ, конечно, важ-

ную роль играла длина побочной (микрометренной) цѣпи), отъ ея геометрической формы и отъ мѣста прикрѣпленія побочной цѣпи. Если расположить побочную цѣпь такъ, что пути отъ ея точки прикрѣпленія до обоихъ шариковъ микрометра станутъ равной длины, то вслѣдствіе равенства и противоположнаго направленія фазъ обоихъ электрическихъ движеній дѣйствіе уничтожится. Этимъ путемъ и была найдена индифферентная или безразличная точка. Первоначально Герцъ тщательно изолировалъ вторичный проводникъ; опыты убѣдили его однако, что и при весьма несовершенной изоляціи посредствомъ сухого дерева достигаются тѣ же результаты. Сначала онъ думалъ объяснить явленіе «самоиндукціей»; но принимая во вниманіе, что дѣйствіе производится весьма слабыми токами въ короткихъ проводникахъ, пришлось усумниться въ этомъ. Чтобы устранить сомнѣніе, онъ произвелъ новый опытъ, а именно, взялъ индуктирующій и индуктируемый проводники такого рода, что раздѣленіе ихъ изолирующими веществами и другія принятыя предосторожности исключали возможность какого бы то ни было разряда между обоими проводниками. Тѣмъ не менѣе индукція все таки происходила, т. е., во вторичномъ проводникѣ являлись искры, сопутствовавшія разряду индуктора.

Доказавъ, что весьма быстро измѣняющіеся или прерывистые токи возбуждаютъ индукціонныя явленія въ проводникахъ, находящихся въ извѣстномъ соотношеніи къ разрядной цѣпи, Герцъ приступилъ къ доказательству другого положенія, а именно, что электрическія колебанія отличаются правильною періодичностью. Это можно было бы считать доказаннымъ при установленіи явленій, подобныхъ резонансу и, дѣйствительно, Герцу на первыхъ же порахъ удалось наблюдать такія явленія; вмѣстѣ съ тѣмъ были получены и явленія, совершенно аналогичныя узловымъ точкамъ, играющимъ роль въ явленіяхъ звука. Взявъ побочный проводникъ изъ двухъ четырехугольниковъ, съ обращенными другъ къ другу, т. е. находящимися около центра фигуры шариками, удалось получить индуктированное колебаніе съ двумя пучностями и двумя узловыми точками.

Не ограничиваясь опытами, Герцъ пытался построить теорію явленія, исходя первоначально изъ теоретическихъ взглядовъ Гельмгольца, У. Томсона и Кирхгофа. При вычисленіи результата опытовъ, онъ сдѣлалъ курьезную ариметическую ошибку, которую самъ Герцъ впослѣдствіи назвалъ «злополучною» и которая не мало повредила его дальнѣйшимъ изслѣ-

дованіямъ. Пусть T обозначаетъ продолжительность колебанія въ первичномъ проводникѣ, P коэффициентъ самоиндукціи этого проводника въ магнитной мѣрѣ и въ сантиметрахъ, C емкость одной его оконечности въ электростатической мѣрѣ и также въ сантиметрахъ, A скорость свѣта въ сантиметрахъ въ секунду. Тогда при маломъ сопротивленіи имѣемъ $T = \frac{\pi \sqrt{PC}}{A}$

и такъ какъ въ опытахъ Герца емкость концовъ проводника зависѣла преимущественно отъ емкости насаженныхъ на нихъ шаровъ, то, говоритъ Герць, «мы не сдѣлаемъ существенной ошибки, если примемъ за C радіусъ этихъ шаровъ, т. е. положимъ (согласно размѣрамъ шаровъ въ приборѣ) $C = 15$ сант.».

А между тѣмъ ошибка была *весьма существенна!* Герць по-просту забылъ раздѣлить полученное число на 2!

Дѣло вотъ въ чемъ. Емкость C въ приведенномъ выраженіи для T обозначаетъ количество электричества, находящееся на одномъ концѣ дающаго колебанія проводника, предполагая, что разность потенціаловъ обоихъ концовъ равна единицѣ. Но если эти концы состоятъ изъ двухъ удаленныхъ другъ отъ друга шаровъ и разность ихъ потенціаловъ равна единицѣ, то разность потенціаловъ каждаго изъ шаровъ по отношенію къ окружающему пространству равна $\pm \frac{1}{2}$.

Итакъ, на каждомъ изъ шаровъ находится такое количество электричества, что для измѣренія его въ абсолютныхъ единицахъ надо раздѣлить радіусъ шаровъ (въ сантиметрахъ) или что то же емкость шаровъ на два. Итакъ, въ нашемъ случаѣ необходимо взять C не $= 15$ сант., но $= \frac{15}{2}$ сант., а потому и T получится въ пропорціи $1:\sqrt{2}$ меньше, чѣмъ у Герца. Ошибку эту лишь четыре года спустя указалъ знаменитый математикъ Пуанкаре (Comptes rendus 111 p. 322. 1891). Поэтому нѣкоторые совпаденія между вычисленіями и опытами, полученные Герцемъ, на первый разъ говорили скорѣе не въ пользу опытовъ, такъ какъ вычисленіе было невѣрно.

Дальнѣйшія работы Герца показали, однако, что ошибаясь въ мелочахъ, онъ былъ правъ въ основной идеѣ своихъ опытовъ.

Предыдущіе опыты дали Герцу возможность возбуждать болѣе быстрыя электрическія колебанія, чѣмъ тѣ, какія наблюдались кѣмъ-либо изъ прежнихъ физиковъ. Вскорѣ послѣ начала этихъ опытовъ, онъ обратилъ вниманіе на загадочное взаимодѣйствіе между одновременными электрическими искрами.

Первоначально Герцъ думалъ, что открылъ новый родъ электрическаго дѣйствія на разстояніи, но позже, при помощи пластинокъ изъ горнаго хрустала, доказалъ, что дѣйствіе зависитъ отъ вліянія ультрафіолетовыхъ лучей.

Лѣто 1887 года Герцъ употребилъ на напрасныя попытки доказать, при помощи открытыхъ имъ весьма быстрыхъ колебаній, настоящее электродинамическое вліяніе изоляторовъ. Такъ онъ вставлялъ между пластинками первичнаго проводника большой брусокъ изъ сѣры или парафина и затѣмъ быстро удалялъ его, но въ обоихъ случаяхъ получалъ во вторичномъ проводникѣ одинаково сильныя искры. Лишь постепенно удалось Герцу открыть такія положенія вторичнаго проводника, при которыхъ приближеніе и удаленіе изолятора дѣйствительно вліяло на силу искръ и даже погашало ихъ или возбуждало. Этимъ, до извѣстной степени, былъ данъ отвѣтъ на берлинскую академическую задачу.

Здѣсь мы соприкасаемся съ однимъ изъ важнѣйшихъ моментовъ въ исторіи открытій Герца. Извѣстно, что Гельмгольцъ, исходя изъ «общепринятыхъ» въ то время уравненій электродинамики, пришелъ къ далеко не «общепринятымъ» въ тѣ времена уравненіямъ Максвелла, добавивъ къ обычной теоріи такія гипотезы: 1) что измѣненія діэлектрической поляризаціи въ непроводникахъ возбуждаютъ тѣ же электродинамическія силы, какъ и одноименные съ ними токи; 2) что электродинамическія силы, подобно электростатическимъ, способны возбуждать діэлектрическія поляризаціи; 3) что воздухъ и даже «пустота» относится въ этихъ случаяхъ, какъ и всякій иной діэлектрикъ. Доказать справедливость этихъ трехъ положеній, значитъ доказать точность уравненій Максвелла; но лишь первый изъ этихъ пунктовъ составилъ тему Берлинской Академіи. Давъ утвердительный отвѣтъ на этотъ первый пунктъ, Герцъ рѣшился идти далѣе. У него явилась блестящая мысль, что истинная суть дѣла заключается въ третьемъ изъ названныхъ пунктовъ. Дѣйствительно, доказательство первыхъ двухъ предложеній для какого-либо изолятора могло бы показать, что въ немъ распространяются волны, предвидѣнныя Максвеллемъ, при томъ съ нѣкоторою конечною скоростью, въ чемъ нѣтъ ничего удивительнаго, какъ и въ общеизвѣстномъ фактѣ, что электричество распространяется въ проводникахъ съ весьма большою, но все-таки конечною скоростью. При томъ отдѣльная провѣрка этихъ положеній для воздуха или для «пустоты» трудна, и оба первыхъ предположенія провѣряются для воздуха и для безвоздушнаго пространства сразу,

если будетъ доказано, что скорость распространенія волнъ въ воздухѣ и въ «пустотѣ» есть величина конечная. Явленія отраженія и зависящихъ отъ него стоячихъ колебаній съ узлами и пучностями позволили Герцу точно опредѣлить длину волны и вызвать явленія интерференціи. Но на первый разъ фаза интерференціи оказалась зависящей отъ разстояній и при томъ такъ, какъ если бы скорость распространенія электрическихъ волнъ въ воздухѣ была *безконечно велика*, что доказывало, повидимому, *ошибочность* теоріи Максвелла.

Герцъ былъ такъ разочарованъ этимъ результатомъ, что бросилъ опыты и лишь чрезъ нѣсколько недѣль взялся снова за работу. Обдумавъ результаты и устраняя нѣкоторыя ошибки, онъ пришелъ къ выводу, что скорость въ воздухѣ не безконечна, но болѣе значительна, чѣмъ въ проволоку. Не слѣдуетъ забывать, что работа Герца была искажена слѣдствіями упомянутаго выше невѣрнаго вывода, измѣнявшаго продолжительность колебанія въ пропорціи $V 2 : 1$ больше настоящей. Сверхъ того, опытъ не былъ обставленъ всѣми требуемыми предосторожностями: такъ проволока проходила мимо желѣзной печи, которая должна была дѣйствовать возмущающимъ образомъ. Для *короткихъ* волнъ равенство обѣихъ скоростей, дѣйствительно, было затѣмъ установлено отчасти самимъ Герцемъ и затѣмъ другими наблюдателями. Для болѣе длинныхъ вопросъ требуетъ еще дальнѣйшихъ работъ.

Гораздо болѣе успѣшны были опыты, показавшіе тѣсное соотношеніе между электричествомъ и свѣтомъ, посредствомъ явленій отраженія, преломленія и поляризаціи. Для этихъ опытовъ Герцъ воспользовался гораздо болѣе короткими волнами, чѣмъ тѣ, съ которыми имѣлъ дѣло раньше. Они и описаны въ переведенномъ нами мемуарѣ по; своей чрезвычайной убѣдительности, они быстро пріобрѣли огромную популярность. Можно сказать, что именно эти опыты и доставили Герцу такую всемірную извѣстность. Но какъ бы ни были важны и хотя даже эффектны эти опыты, не слѣдуетъ забывать, что, по собственнымъ словамъ Герца, они были задолго обдуманы имъ и являлись почти готовымъ слѣдствіемъ его прежнихъ работъ, въ которыхъ были и неудачи, и даже минуты полного разочарованія, но были и тѣ счастливые моменты, которые доступны лишь творческому гению.