

О ЛУЧАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИЛЫ ¹⁾*Генрих Герц*

Непосредственно после того как мне удалось доказать, что действие электрического колебания распространяется в пространстве в виде волны, я сделал попытку усилить это действие и сделать его заметным на больших расстояниях, помещая возбуждаемый проводник в фокальной линии большого параболического вогнутого зеркала. Эти опыты не дали результата, причем мне стало ясно, что их неудача обусловлена неподходящими соотношениями между длиной использованной волны, составлявшей 4—5 м, и размерами зеркала, которым я пользовался.

Недавно я заметил, что описанные мной ранее опыты легко могут быть произведены при колебаниях, происходящих примерно в 10 раз быстрее, т. е. при волнах, в 10 раз более коротких, чем использованные ранее. Поэтому я снова обратился к использованию вогнутого зеркала и добился значительно больших успехов, чем рассчитывал. Мне удалось получить отчетливые лучи электрической силы и произвести при помощи их все элементарные опыты, которые производятся со световыми и тепловыми лучами. Эти опыты и описываются в дальнейшем.

П р и б о р ы

Метод получения коротких волн был вполне подобен методу, при помощи которого возбуждались длинные волны. Примененный в опытах первичный проводник был устроен следующим образом: представим себе (см. рис. 1 и 2 и их объяснение в конце статьи) цилиндрическое медное тело диаметром в 3 см и длиной 26 см. Посредине оно разрезано и снабжено искровым промежутком, полюса которого образованы двумя сферическими поверхностями с радиу-

¹⁾ Впервые опубликовано в Wiedem. Ann., 36, 769, 1888. В примечании к повторному изданию этой статьи, относящемуся к 1891 г., Герц пишет, что термин „электрическая сила“ является лишь обозначением поляризационного состояния некоторой части пространства. Он указывает, что, возможно, следовало бы заменить этот термин термином „напряженность электрического поля“, предложенным Коном.

Перевод сделан с повторного издания, снабженного Герцем примечаниями. Перевод Н. Н. Малова.

сом в 2 см. Длина проводника приблизительно равнялась половине длины волны, соответствующей колебанию, возникающему в прямом проводе. Уже отсюда можно было сделать примерное заключение о величине периода колебаний.

Необходимо, чтобы полюса искрового промежутка часто отполировывались и предохранялись во время опыта от побочных разрядов, при которых колебания возникать не могут. Вид и звук искр легко позволяют судить о том, находится ли искровой промежуток в удовлетворительном состоянии. Разряд подводился к обеим половинам проводника при помощи двух проводов, покрытых гуттаперчей; эти провода припаивались по обе стороны вблизи искрового промежутка ¹⁾. В качестве индуктора я применял вместо большого аппарата Румкорфа маленький аппарат Кайзера и Шмидта, который позволял получить между остриями искру длиной 4,5 см. Аппарат питался от трех аккумуляторов, причем между шариками первичного проводника удавалось получать искры длиной 1—2 см. Во время опытов длина искрового промежутка составляла 3 мм.

Для обнаружения электрической силы в пространстве использовались маленькие искры, создаваемые ею во вторичном проводнике. Иногда в качестве вторичного проводника применялся круговой проводник, имевший собственную частоту колебаний, примерно равную частоте первичного проводника. Радиус круга составлял 7,5 см; круг был сделан из медной проволоки толщиной в 1 мм. Один конец проволоки оканчивался латунным шариком диаметром в несколько миллиметров, другой конец был заострен и мог быть установлен на очень маленьком расстоянии от латунного шарика при помощи микрометрического винта, изолированного от проволоки. Конечно, здесь получались лишь искры длиной в несколько сотых долей миллиметра; при некотором навыке удается оценивать интенсивность процесса не столько по длине искр, сколько по их яркости.

Круговой проводник является непригодным для помещения в фокальной линии зеркала. Поэтому большая часть работы производилась с другим вторичным проводником, устроенным следующим образом: две прямых проволоки длиной по 50 см и диаметром 5 мм были установлены по одной прямой, причем их концы, обращенные друг к другу, находились на расстоянии 5 см. От этих концов вели две проволоки (15 см длины, 1 мм диаметром), параллельные друг другу и перпендикулярные первым проволокам; они приключались к искровому промежутку, устроенному так же, как и в случае кругового проводника.

Было бы проще поместить искровой промежуток непосредственно между прямыми проволоками, но в этом случае было бы невозможно наблюдать его в фокальной линии зеркала, не за-

¹⁾ Словом „разряд“ автор обозначает подводимое высокое напряжение. *Прим. перев.*

крывая своим телом отверстия зеркала. По этой причине и была выбрана конструкция, описанная выше.

Возбудитель луча

Если поместить первичный проводник в большом свободном пространстве, то при помощи кругового проводника можно наблюдать вблизи него все те явления, которые наблюдались при более медленных колебаниях и были описаны ранее¹. Наибольшее расстояние, на котором еще наблюдались искры во вторичном проводнике, составляло 1,5 м, а при весьма хорошем состоянии первичного искрового промежутка — даже 2 м. Можно было усилить эффект в одном направлении, располагая с противоположной стороны первичного излучателя на подходящем расстоянии плоскую проводящую стенку, параллельную излучателю. Именно, если расстояние было очень мало, либо несколько превышало 30 см, то стенка оказывала лишь вредное влияние: она создавала значительное усиление при расстоянии 8—15 см, менее значительное усиление при расстоянии 45 см и не оказывала никакого влияния при еще больших расстояниях. Это явление мы уже объясняли ранее и могли заключить, что первичным колебаниям соответствует в воздухе волна, половина длины которой равна 30 см. Можно было ожидать значительного усиления эффекта при замене плоской стенки вогнутым зеркалом, имеющим форму параболического цилиндра, фокальная линия которого совпадала бы с осью первичного проводника. Если вогнутое зеркало должно правильно концентрировать лучи, то целесообразно делать его фокусное расстояние возможно меньшим. Если же действие прямой волны не должно быть уничтожаться отраженной, то фокусное расстояние не должно быть много меньше чем четверть длины волны. Поэтому я выбрал фокусное расстояние равным $12\frac{1}{2}$ см и изготовил вогнутое зеркало, взявши цинковый лист в 2 м длиной, 2 м шириной и $\frac{1}{2}$ мм толщиной; этот лист укреплялся на деревянной раме надлежащей формы. Таким образом высота зеркала составляла 2 м, ширина его отверстия — 1,2 м, его глубина — 0,7 м. Первичный проводник устанавливался в середине фокальной линии. Проволоки, подводившие разряд, пропускались через стенку зеркала. Индуктор и элементы находились, таким образом, сзади зеркала и не оказывали вредного влияния. Если теперь исследовать колебания вокруг зеркала при помощи вторичного проводника, то позади зеркала и сбоку от него не наблюдается совершенно никаких действий, в направлении же оптической оси зеркала искры могут быть замечены на расстояниях порядка 5—6 м. Искры могут наблюдаться и на больших расстояниях, до 9—10 м, если на пути выходящей из зеркала волны установить перпендикулярно направлению ее распространения плоскую проводящую стенку. В этом случае отраженные стенкой волны в некоторых точках усиливают приходящие волны. В других же точках обе волны

ослабляют друг друга. При помощи прямолинейного проводника можно наблюдать перед стенкой отчетливые максимумы и минимумы, а при помощи кругового проводника — интерференционные явления, характерные для стоячих волн, которые были описаны ранее. Мне удавалось обнаружить четыре узловых точки, располагавшиеся у самой стенки и на расстояниях 33, 65 и 98 см от нее. Таким образом с большим приближением можно считать, что половина длины волны равнялась 33 см, а период колебаний — $1,1 \cdot 10^{-9}$ сек. (автор принимает за период время, равное половине периода, принимаемого нами теперь Н. М.), если считать, что скорость распространения равна скорости света. В проволоках получалась длина полуволны, равная 29 см. Таким образом и при этих коротких волнах скорость распространения их в проволоках получается несколько меньше, чем в воздухе, но отношение обеих скоростей очень близко к теоретическому значению, равному единице, и отличается от нее меньше, чем при наших опытах с длинными волнами. Это замечательное явление нуждается в дальнейшем изучении¹⁾.

Так как явления наблюдаются лишь вблизи оптической оси зеркала, то мы можем сказать, что из зеркала выходит электрический луч.

Далее, я изготовил второе вогнутое зеркало, вполне подобное первому, и расположил в нем прямолинейный вторичный проводник таким образом, что обе проволоки, имевшие 50 см длины, совпадали с фокальной линией, а обе проволоочки, ведущие к искровому промежутку, кратчайшим путем выходили через стенку зеркала, от которой они были изолированы. Таким образом искровой промежуток находился как раз сзади зеркала, и наблюдатель мог устанавливать его и рассматривать, не искажая распространения волн. Я предполагал, что если устройство будет улавливать луч, то мне удастся проследить его на еще больших расстояниях; я убедился, что не ошибся. В пространстве, которым я располагал, мне удавалось наблюдать искры от одного конца до другого. Наибольшее расстояние, на котором я прослеживал луч (при этом приходилось открывать дверь), составляло 16 м.

Согласно результатам опытов с отражением, описываемых ниже, можно быть уверенным, что в открытом пространстве искры могут быть получены при расстояниях до 20 м. Но для дальнейших опытов столь большие расстояния не требуются, а практически удобно, если вторичные искры не слишком слабы. Поэтому для большинства опытов наиболее подходящим расстоянием является 6—10 м.

¹⁾ Чрезвычайно характерно для Герца, что он упорно считал скорость распространения волн в воздухе и в проволоках одинаковой, что, как известно, справедливо с очень большой точностью. Расхождения в длинах волн для обоих случаев, которые Герц считал необходимым подвергнуть дальнейшему изучению, конечно, объясняются недостаточной точностью измерений и влиянием побочных емкостей, которое не могло быть им учтено. *Прим. перев.*

Теперь мы перейдем к простейшим явлениям, которые легко могут быть получены при помощи луча. Во всех случаях, где не сделана специальная оговорка, фокальные линии обоих зеркал нужно считать расположенными вертикально.

ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ

Если на прямой, соединяющей зеркала, расположить перпендикулярно направлению луча экран из цинкового листа в 2 м высоты и 1 м ширины, то вторичные искры совершенно исчезают. Столь же полную тень дает ширма из станиоля или золотых листочков. Если ассистент пересекает луч, то вторичный искровой промежуток темнеет, как только ассистент входит в пространство луча, и снова загорается, как только он оттуда выходит. Изоляторы не задерживают луча, он проникает через деревянную стену или деревянную дверь, так что не без удивления можно наблюдать возникновение искр внутри закрытой комнаты.

Если установить две проводящих ширмы в 2 м высоты и 1 м ширины симметрично справа и слева от луча (перпендикулярно его распространению), то они не оказывают влияния на вторичные искры, если ширина щели, образуемой ими, не меньше, чем отверстие зеркал, т. е. 1,2 м. Если щель сделать уже, то искры ослабевают и гаснут, когда ширина щели делается меньше 0,5 м. Если ширина щели сделана равной 1,2 м, но щель расположена сбоку от прямой, соединяющей зеркала, то искры гаснут. Если вращать оптическую ось излучающего зеркала вправо или влево из первоначального положения примерно на 10° , то вторичные искры ослабевают, при повороте приблизительно на 15° они гаснут. Если луч имеет резкие геометрические границы, а тень их не имеет, то должны наблюдаться явления, соответствующие дифракции. Однако мне не удалось наблюдать максимумов и минимумов у края тени¹⁾.

ПОЛЯРИЗАЦИЯ

Из самого способа получения луча можно с полной достоверностью заключить, что луч образован поперечными колебаниями и является линейно поляризованным в оптическом смысле. Но мы можем подтвердить это и опытами. Если вращать приемное зеркало вокруг луча, пока его фокальная линия, а с ней и вторичный проводник не расположатся горизонтально, то можно заметить, что вторичные искры все более и более ослабевают, а при перекрещенном положении обеих фокальных линий совершенно исчезают, даже если поместить зеркала очень близко друг к другу.

¹⁾ Конечно, неудача дифракционных опытов Герца объясняется недостаточной чувствительностью его приемника. Но наблюдавшееся им в опытах с длинными волнами несоответствие узла напряжения с поверхностью отражающей проводящей стенки малого размера является одним из доказательств дифрагирования электрических лучей. *Прим. перев.*

Оба зеркала играют роль поляризатора и анализатора поляризационного аппарата.

Я сделал восьмиугольную рамку в 2 м высоты и 2 м ширины и натянул на ней медные проволоки в 1 мм толщины; все проволоки были параллельны друг другу и располагались через каждые 3 см. Если установить фокальные линии обоих зеркал параллельно и расположить между ними решетку перпендикулярно лучу так, чтобы направление проволок было перпендикулярно направлению фокальных линий, то наличие решетки не оказывает влияния на вторичные искры. Если же решетка установлена так, что ее проволоки параллельны фокальным линиям, то она полностью задерживает луч. Таким образом в отношении проходящей энергии решетка ведет себя подобно турмалиновой пластинке, действующей на прямолинейно поляризованный оптический луч.

Если установить фокальную линию принимающего зеркала горизонтально, то, как указывалось, вторичных искр не возникает. При внесении решетки, проволоки которой вертикальны или горизонтальны, искры также отсутствуют. Но если решетка установлена таким образом, что ее проволоки образуют угол 45° с горизонталью (возможен любой из этих двух углов), то вторичные искры появляются. Очевидно, решетка разлагает приходящее колебание на две компоненты и пропускает лишь ту, которая перпендикулярна направлению ее проволок. Эта компонента образует угол в 45° с фокальной линией второго зеркала и, будучи еще раз им разложена, оказывает влияние на вторичный проводник. Это явление вполне подобно возникновению освещения темного поля двух перекрещенных николей при помещении между ними надлежащим образом ориентированной турмалиновой пластинки.

В отношении поляризации следует сделать еще одно замечание: при помощи средств, которыми мы располагаем в настоящее время, возможно исследовать только электрическую силу. Несомненно, что ее колебания (при вертикальном расположении первичного проводника) происходят в вертикальной плоскости, проходящей через луч, и отсутствуют в горизонтальной. Согласно данным, полученным при изучении медленно меняющихся токов, не может быть никаких сомнений в том, что электрические колебания сопровождаются колебаниями магнитной силы, располагающимися в горизонтальной плоскости, проходящей через луч, и отсутствующими в вертикальной плоскости. Таким образом поляризация луча состоит не в том, что колебания происходят лишь в вертикальной плоскости, но скорее в том, что в вертикальной плоскости возникают электрические, а в горизонтальной — магнитные колебания. Поэтому вопрос о том, в какой из плоскостей происходят колебания нашего луча, не может быть решен без указания, о каких колебаниях идет речь: электрических или магнитных. Этим и объясняется безрезультатность старых оптических дискуссий, на что впервые отчетливо указал Колачек².

ОТРАЖЕНИЕ

Мы уже доказали отражение волн от проводящих поверхностей, наблюдая интерференцию падающей и отраженной волн; кроме того, отражение было использовано при конструкции нашего вогнутого зеркала.

Теперь мы можем обе системы волн отделить друг от друга. Сначала я поставил в большом помещении оба вогнутых зеркала рядом таким образом, что их отверстия были обращены в одну и ту же сторону, а оси их пересекались в точке, удаленной от зеркал приблизительно на 3 м. При этом искровой промежуток в приемном зеркале оставался темным. Далее, я установил плоскую вертикальную стенку из цинкового листа в 2 м высоты и 2 м ширины в точке пересечения осей зеркал, причем она стояла перпендикулярно бисектрисе угла, образованного осями. При этом в приемном зеркале наблюдается интенсивное искрообразование, вызываемое лучом, отраженным от стенки. Искры исчезают при повороте стенки вокруг вертикальной оси примерно на 15° в ту или другую сторону из первоначального положения; это доказывает, что отражение является правильным, а не диффузным. Если удалять стенку от зеркал, сохраняя точку пересечения их осей на поверхности стенки, то искры медленно ослабевают. Мне удавалось обнаружить искры при удалении стенки на 10 м от зеркал, так что волны проходили путь в 20 м. Этот способ с успехом может применяться для сравнения скорости распространения в воздухе с другими (более медленными) скоростями распространения, например в кабеле.

Для получения отражения лучей при угле падения, значительно отличающемся от нуля, я направил луч параллельно стене комнаты, в которой имелась двустворчатая дверь. В соседней комнате, в которую вела эта дверь, я установил приемное зеркало таким образом, что его оптическая ось проходила через середину двери и пересекалась с направлением первичного луча под углом 90° . Если теперь поместить в точке пересечения вертикальную плоскую проводящую стенку, образующую как с лучом, так и с осью приемного зеркала углы в 45° , то во вторичном проводнике возникают искры, не исчезающие даже при закрывании двери. Если отражающую стенку повернуть примерно на 10° из правильного положения, то искры гаснут. Следовательно, отражение является правильным, причем углы падения и отражения равны друг другу. Для доказательства того, что путь распространения возмущения от источника к плоскому зеркалу и оттуда ко вторичному проводнику совпадает с описанным, достаточно поместить в различных точках этого пути экранирующую ширму. При этом вторичные искры всегда исчезают; но при произвольном расположении ширмы в других частях комнаты она не оказывает никакого влияния. При помощи кругового вторичного проводника можно определить расположение волновой плоскости в луче: она оказывается перпендикулярной

лучу как перед отражением, так и после него; таким образом при отражении волновая плоскость поворачивается на 90° .

До сих пор фокальные линии зеркал были вертикальны, и, следовательно, плоскость колебаний (электрической силы) была перпендикулярна плоскости падения. Для получения отражения, при котором колебания лежат в плоскости падения, я расположил¹⁾ фокальные линии обоих зеркал горизонтально. При этом наблюдались те же явления, что и раньше, причем различия в интенсивности отраженного луча для обоих случаев обнаружить не удалось. Если же фокальная линия одного из зеркал вертикальна, а другого горизонтальна, то вторичных искр не наблюдается. Таким образом при отражении не происходит изменения наклона плоскости колебаний относительно плоскости падения, по крайней мере, для двух ее положений, рассмотренных выше. В общем случае это утверждение может оказаться неверным. Именно, остается невыясненным, сохраняет ли луч после отражения прямолинейную поляризацию. Интерференция, возникающая перед зеркалом, где пересекаются обе системы волн, дающая характерные эффекты в круговых проводниках, возможно, позволит решить хорошо известные оптикам вопросы относительно изменений фазы и амплитуды при отражении.

Укажем еще опыт отражения от электрически анизотропных поверхностей. Оба зеркала были установлены, как в первом из опытов, с отражением; но против них в качестве отражающей стенки ставилась упомянутая выше решетка из параллельных медных проволок. Оказалось, что вторичные искры погасают, если проволоки пересекают направление колебаний под прямым углом; если же проволоки параллельны направлению колебаний, то искры загораются. Таким образом аналогия между нашей решеткой и турмалиновой пластинкой сохраняется лишь для проходящей части луча. Непроходящая часть поглощается турмалиновой пластинкой, но отражается нашей решеткой¹⁾. Если в последнем опыте скрестить фокальные линии обоих зеркал, то при отражении от изотропной стенки во вторичном проводнике искр не возникает. Но я убедился, что можно получить искры при отражении от анизотропной проволочной решетки, если установить последнюю так, чтобы ее проволоки образовывали с обеими фокальными линиями угол в 45° . Объяснение этого опыта очевидно из предыдущих рассуждений.

ПРЕЛОМЛЕНИЕ

Для исследования вопроса о преломлении луча при переходе его из воздуха в другую изолирующую среду я изготовил боль-

¹⁾ Кениг³ указал, что между отражением электрических волн от нашей решетки и отражением монохроматического света от поверхности дихроитического кристалла существует более полная аналогия, чем аналогия, указанная в тексте. Кениг указал также на связь между действием нашей решетки и известными поляризующими свойствами оптических решеток.

шую призму из так называемой твердой смолы (асфальтообразная масса, Hartpetch). Сечение призмы представляло равнобедренный треугольник, длина сторон которого составляла 1,2 м, а преломляющий угол был близок 30° . Высота всей призмы, преломляющее ребро которой было вертикально, составляла 1,5 м. Так как призма весила около 1,2 т, а потому ее трудно было перемещать, я изготовил ее из трех положенных друг на друга частей по 0,5 м высоты каждая. Масса наливалась в деревянные ящики; так как они не препятствовали опытам, то масса из них не вынималась. Призма устанавливалась на подставке таких размеров, что середина преломляющего ребра оказывалась на одной высоте с первичным и вторичным искровыми промежутками. После того как я убедился, что преломление существует, и примерно оценил его величину, я произвел следующий опыт. Излучающее зеркало было установлено на расстоянии 2,6 м от призмы против одной из ее преломляющих поверхностей таким образом, что средняя линия луча по возможности совпадала с центром тяжести призмы, а преломляющая поверхность образовывала с лучом угол в 65° (считая со стороны, противоположной преломляющему ребру). У преломляющего ребра призмы и у противоположной ее поверхности были установлены две проводящие ширмы, исключавшие возможность распространения луча по какому-либо направлению, помимо призмы. Со стороны выходящего луча на полу был описан круг радиусом 2,5 м, центр которого совпадал с центром тяжести призмы. По этому кругу и перемещалось приемное зеркало, причем его отверстие всегда было обращено к центру круга. Если установить зеркало на продолжении направления падающего луча, то искр в нем не получается; следовательно, в этом направлении призма дает тень. Но искры возникают при перемещении зеркала к основанию призмы, причем начало их возникновения наблюдается при смещении зеркала из вышеуказанного положения на 11° . В дальнейшем интенсивность искр возрастает до угла поворота, равного 22° , а затем снова начинает уменьшаться. Последние, едва заметные искры наблюдаются при угле поворота приблизительно 34° . Если установить зеркало в направлении, соответствующем наибольшему воздействию, и удалять его от призмы по радиусу круга, то искры могут быть прослежены на расстоянии 5 или 6 м. Помощник, становящийся перед призмой или сзади ее, вызывает потухание искр; это доказывает, что луч приходит к вторичному проводнику через призму, но не каким-либо другим путем.

В дальнейшем опыт был повторен при неизменном расположении призмы, но горизонтальном положении фокальных линий обоих зеркал. При этом никаких изменений не наблюдалось. Преломляющему углу в 30° и отклонению в 22° , приблизительно соответствующему минимальному отклонению, отвечает показатель преломления, равный 1,69. Оптический показатель преломления для смолистых тел лежит между 1,5 и 1,6. Неточность наших измерений и недостаточная чистота использованного вещества не

позволяют приписать этому расхождению сколь-нибудь существенного значения ¹⁾).

Исследованное нами явление мы называли лучами электрической силы. Пожалуй, их можно было бы назвать световыми лучами с очень большой длиной волны. По крайней мере мне представляется весьма вероятным, что описанные опыты доказывают идентичность света, тепловых лучей и электродинамического волнового

движения. Я думаю, что теперь смело можно использовать все преимущества, которые допущение этой идентичности дает как для оптики, так и для учения об электричестве.

Пояснения к рисункам.

Для облегчения повторения и расширения этих опытов я привожу на рис. 1 и 2 схематические изображения использованных мной аппаратов, не претендуя на их долговечность, но оценивая их лишь с точки зрения удобства воспроизведения описанных выше опытов. На рис. 1 в разрезе и плане изображено возбуждающее зеркало. Из рисунка видно, что основа зеркала состоит из двух горизонтальных рам параболической формы *a* и четырех вертикальных стоек *b*, которые прикреплены к рамам винтами и поддерживают их. Отражающий лист зажат между рамами и стойками и прикреплен к ним большим количеством винтов. Стойки выходят за пре-

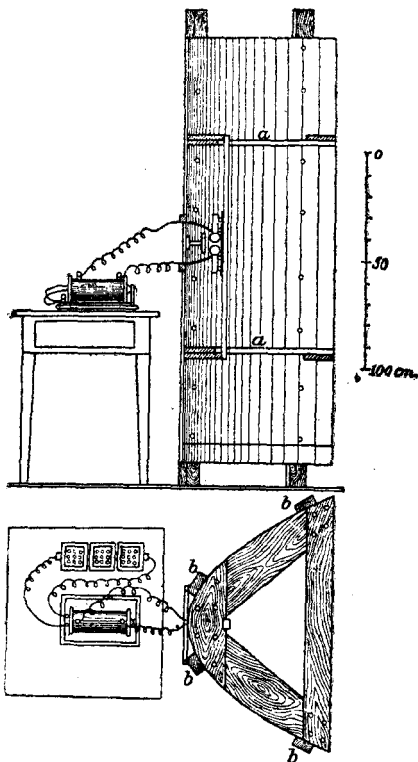


Рис. 1.

делы листа сверху и снизу, что облегчает переноску зеркала. На рис. 2а изображено устройство первичного проводника в увеличенном масштабе. Обе металлические части с трением входят в две гильзы из толстой бумаги, окруженные резиновой лентой. В свою очередь эти гильзы укреплены на дощечке при помощи четырех подставок из сургуча, а дощечка прикреплена к рейке, связанной с основными рамами зеркала (рис. 1). Подводящие про-

¹⁾ Лодж и Хувард ⁴ показали, что можно наблюдать преломление и концентрацию электрических лучей при помощи больших линз.

вода, заключенные в гуттаперчу, входят в две дырочки, просверленные в шариках первичного проводника. Это устройство обеспечивает необходимую подвижность отдельных частей прибора и может быть в течение нескольких минут разобрано и вчовь собрано, что необходимо в связи с потребностью частой полировки шариков искрового промежутка. Там, где подводящие провода проходят через зеркало, в процессе разряда возникает голубоватое свечение. Для устранения его воздействия на искровой промежуток (под влиянием свечения возникновение колебаний затрудняется) применяется ширма S , сделанная из гладкой деревянной пластинки.

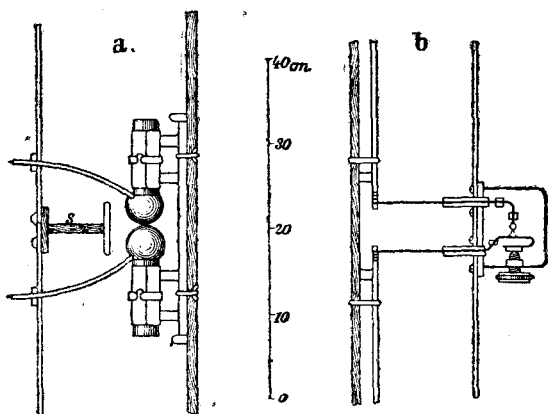


Рис. 2.

Наконец, на рис. 2b изображен вторичный искровой промежуток. Обе части вторичного проводника укреплены на рейке при помощи сургульных подставок и резиновой ленты. От внутренних концов обеих частей идут отводящие провода, заключенные в стеклянные трубки, проходящие через зеркало и приближающиеся друг к другу. На конце верхнего провода находится маленький латунный шарик. К концу нижнего провода припаян кусочек часовой пружины, несущий второй полюс — медное острие. Острие сознательно сделано из более мягкого металла, чем шарик. Без этой предосторожности оно легко вдавливается в шарик, и маленькие искры, возникающие в этом углублении, ускользают от наблюдения. Из рисунка видно, каким образом острие перемещается при помощи винта, нажимающего на пружину, но изолированного от нее стеклянной пластинкой. Своеобразный изгиб пружины сделан для того, чтобы достичь незначительных перемещений острия, которые не могли бы быть получены при употреблении одного лишь винта.

Несомненно, описанные аппараты могут быть значительно изменены, причем эти изменения не ухудшат результатов опыта. По дружескому совету я пробовал заменить искровой промежуток во

вторичном проводнике чувствительной к току лягушачьей лапкой; однако оказалось, что этот способ, столь чувствительный в других опытах, не пригоден в данном случае ¹⁾).

ЛИТЕРАТУРА

1. H. Hertz, Wied. Ann., **34**, 155, 1888; **34**, 551, 1888; **34**, 610, 1888.
2. F. Kolaček, Wied. Ann., **34**, 676, 1888.
3. König, Wied. Ann., **37**, 651, 1889.
4. Lodge a. Howard, Phil. Mag., **27**, 48, 1889.
5. R. R. Ritter, Wied. Ann., **40**, 53, 1890.
6. Dragoumis, Nature, **39**, 548, 1890.
7. Boltzmann, Wied. Ann., **40**, 399, 1890.
8. Klemenčič, Wied. Ann., **42**, 416, 1891.
9. H. Rubens u. R. Ritter, Wied. Ann., **40**, 55, 1890.

¹⁾ В настоящее время удалось различными способами осуществить объективное наблюдение описываемых явлений. Риттеру ⁵ удалось использовать лягушачью лапку. Драгумис ⁶ использовал гейслерову трубку. Больцман ⁷ предложил весьма удобный метод, в котором используется влектроскоп с листочком. Клеменчич ⁸ использовал термоэлемент. Весьма заглядный и изящный метод предложен Рубенсом и Риттером ⁹, которые воспользовались болометром для демонстрации опытов и ряда дальнейших весьма плодотворных исследований.