

О

ЛУЧИСТОЙ МАТЕРИИ.

ЛЕКЦИЯ, ПРОЧИТАННАЯ

ДЛЯ

БРИТАНСКОЙ АССОЦИАЦИИ ПО ПРОДВИЖЕНИЮ

НАУКИ,

В ШЕФФИЛДЕ,

ПЯТНИЦА, 22 АВГУСТА 1879 ГОДА.

УИЛЬЯМОМ КРУКСОМ, F.R.S.

ЛУЧИСТОЙ МАТЕРИИ.

(Сверил с оригиналом и перевел Механик 20200524-20200603, 20200605, 20200608)

Чтобы пролить свет на название этой лекции, я должен вернуться более чем на шестьдесят лет назад - к 1816 году. Фарадею, тогда простому студенту и пылкому экспериментатору, было 24 года, и в этот ранний период своей карьеры он прочитал серию лекций об Основных Свойствах Материи, и одна из них носила замечательный заголовок «О Лучистой Материи». Заметки великого философа об этой лекции можно найти в книге доктора Бенса Джонса «Жизнь и Письма Фарадея», и я приведу здесь отрывок, в котором он впервые использовал выражение «Лучистая Материя»:

«Если мы представим изменение настолько же далекое от испарения, насколько оно больше текучести, а затем примем в расчет также пропорционально возросшую степень перемены по мере роста изменений, мы, вероятно, если вообще сможем сформировать какую-либо концепцию, до сих пор весьма далеки от лучистого вещества; и как в последнем превращении многие качества были утрачены, так и здесь исчезло бы еще больше».

Фарадей, очевидно, был поглощен этим далеко идущим предположением, и три года спустя, в 1819 году, мы обнаружили, что он приводит свежие доказательства и аргументы в подтверждение своей поразительной гипотезы. Его записи теперь более обширны, и они показывают, что за прошедшие три года он много и глубоко задумывался об этой высшей форме материи. Сначала он отмечает, что вещество может быть разделено на четыре состояния - твердое, жидкое, газообразное и лучистое - эти изменения зависят от различий в их некоторых существенных свойствах. Он признает, что существование Лучистой Материи пока еще не доказано, а затем переходит, в серии остроумных аналогичных аргументов, к демонстрации вероятности её существования¹.

¹ «Теперь я могу заметить любопытную прогрессию в физических свойствах, сопровождающую изменения формы, и которая, возможно, достаточна, чтобы вызвать у изобретательного и оптимистического философа значительную степень веры в связь лучистой формы с другими в ряду упомянутых мной изменений.

«Когда мы переходим от твердого к жидкому и газообразному состояниям, физические свойства уменьшаются в количестве и разнообразии, каждое состояние теряет некоторые из тех, которые принадлежали предыдущему состоянию. Когда твердые тела превращаются в жидкости, все виды твердости и пластичности неизбежно теряются. Кристаллические и другие формы разрушаются. Непрозрачность и цвет зачастую сменяются бесцветной прозрачностью, и общая подвижность частиц предусматривается.

«Переходя далее к газообразному состоянию, все больше явных признаков тел аннигилируется. Огромные различия в их весе почти исчезают; остатки различий в цвете, которые остались, теряются. Прозрачность становится универсальной, и все они эластичны. В настоящее время они образуют только один набор субстанций, а разновидности плотности, твердости, непрозрачности, цвета, эластичности и формы, которые делают количество твердых веществ и жидкостей почти бесконечными, теперь обеспечиваются немногочисленными незначительными изменениями в весе, и некоторыми неважными оттенками цвета.

«Для тех, следовательно, кто допускает лучистую форму материи, не существует никаких трудностей в простоте свойств, которыми она обладает, а скорее аргумент в их пользу. Эти люди показывают вам постепенное изменение свойств в материи, которое мы можем оценить по мере того, как материя поднимается по шкале форм, и они были бы удивлены, если бы этот эффект закончился на газообразном состоянии. Они указывают на огромные усилия, которые Природа делает на каждом этапе изменения, и думают, последовательно, что оно должно быть самым большим при переходе от газообразной формы к лучистой». — *Life and Letters of Faraday*, vol. i., p. 308.

Если бы в начале этого века мы спросили: что такое газ? Тогда ответом было бы, что это материя, расширенная и разреженная до такой степени, что она неощутима, кроме случаев, когда приведена в сильное движение; невидимая, неспособная принимать или уменьшаться до какой-либо определенной формы, подобной твердым телам, или образовывать капли, подобные жидкостям; всегда готовая к расширению, где не оказывается противодействие, и сжимается, подвергаясь давлению. Шестьдесят лет назад таковы были главные атрибуты, приписываемые газам. Современные исследования, однако, значительно расширили и видоизменили наши представления на строение этих упругих флюидов. В настоящее время считается, что газы состоят из почти бесконечного числа мелких частиц или молекул, которые постоянно движутся во всех направлениях со скоростями всех мыслимых величин. Поскольку этих молекул чрезвычайно много, из этого следует, что ни одна молекула не может двигаться далеко в любом направлении, не вступая в контакт с какой-либо другой молекулой. Но если мы откачаем воздух или газ, содержащийся в закрытом сосуде, число молекул уменьшится, и расстояние, на которое любая из них сможет двигаться, не вступая в контакт с другой, увеличится, а длина среднего свободного пробега будет обратно пропорциональна количеству присутствующих молекул. Чем дальше этот процесс осуществляется, тем больше становится среднее расстояние, на которое молекула может переместиться до столкновения; или, другими словами, чем больше длина пробега, тем больше изменяются физические свойства газа или воздуха. Таким образом, в какой-то момент явления радиометра становятся возможными, и при дальнейшем увеличении разрежения, *т.е.*, уменьшении числа молекул в данном пространстве и увеличении их длины свободного пробега, можно получить экспериментальные результаты, на которые я сейчас собираюсь обратить ваше внимание. Эти явления настолько отличны от всего, что происходит в воздухе или газе при обычном давлении, что мы вынуждены предположить, что здесь мы столкнулись лицом к лицу с Материей в Четвертом состоянии или состоянии, столь же далеком от состояния газа как газ от жидкости.

Длина свободного пробега. Лучистая материя.

Я давно считал, что хорошо известный внешний вид, наблюдаемый в вакуумных трубках, тесно связан с явлением длины свободного пробега молекул. Когда отрицательный полюс исследуется, во время прохождения разряда от индукционной катушки через вакуумированную трубку, темное пространство окружает его. Это темное пространство обнаруживается увеличенным и уменьшенным с изменением вакуума, так же как длина свободного пробега молекул увеличивается и приводит к соприкосновению. Как одно воспринимается мысленным взором, чтобы стать больше, так другое видится телесным глазом, чтобы увеличиться в размерах; и, если вакуума недостаточно, чтобы позволить большую игру молекул, прежде чем они вступят в столкновение, прохождение электричества показывает, что «темное пространство» сократилось до небольших размеров. Мы естественно делаем вывод, что темное пространство - это средняя длина свободного пробега молекул остаточного газа, предположение подтверждено экспериментом.

Я постараюсь сделать это «темное пространство» видимым для всех присутствующих. Вот трубка, (рис.1), имеющая полюс в центре в виде металлического диска и другие полюсы на каждом конце. Центральный полюс сделан отрицательным, а два соединенных вместе концевых полюса сделаны положительным терминалом. Темное пространство будет в центре. Когда вакуумирование не очень велико, темное пространство простирается лишь немного с каждой стороны отрицательного полюса в центре. Когда

вакуумирование хорошее, как в трубке перед вами, и я включаю катушку, темное пространство расширяется примерно на дюйм с каждой стороны полюса.

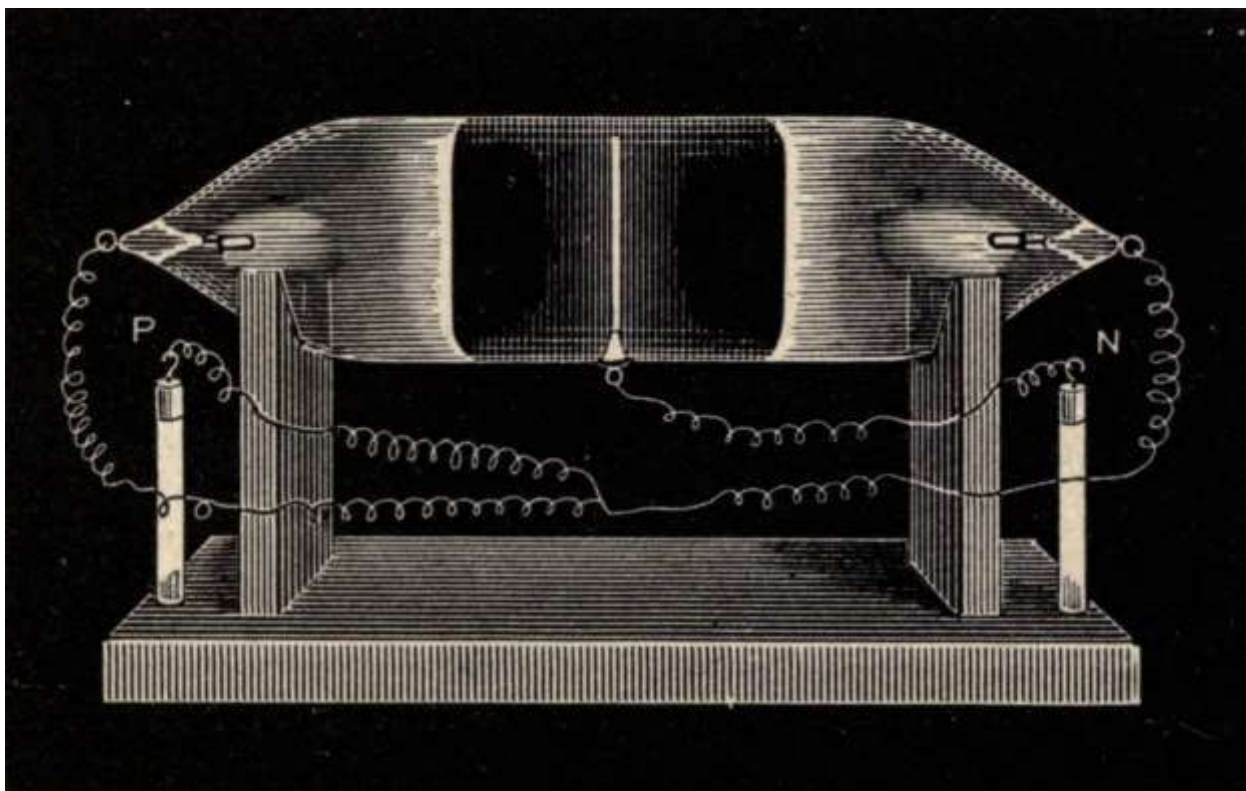


Рис.1.

Здесь, таким образом, мы видим, что индукционная искра фактически освещает линии молекулярного давления, вызванные возбуждением отрицательного полюса. Толщина этого темного пространства соответствует средней длине свободного пробега между последующими столкновениями молекул остаточного газа. Экстра скорость, с которой отрицательно наэлектризованные молекулы отскакивают от возбужденного полюса, удерживает более медленно движущиеся молекулы, которые продвигаются к этому полюсу. Конфликт возникает на границе темного пространства, где светящийся край несет свидетельство энергии разряда.

Поэтому остаточный газ - или, как я предпочитаю это называть, газообразный остаток - в темном пространстве находится в совершенно другом состоянии по сравнению с остаточным газом в сосудах при более низкой степени вакуумизации. процитируем слова нашего прошлогоднего президента в его Послании в Дублине:

«В вакуумированном столбике мы имеем носитель для электричества, не постоянный, как обычный проводник, но самоизменяющийся при прохождении разряда и, возможно, подчиняющийся законам, существенно отличающимся от тех, которым он подчиняется при атмосферном давлении».

В сосудах с меньшей степенью вакуумирования длина среднего свободного пробега молекул чрезвычайно мала по сравнению с размерами колбы, и свойства, относящиеся к обычному газообразному состоянию материи, в зависимости от постоянных столкновений, могут наблюдаться. Но в явлениях, которые сейчас предстоит исследовать, вакуумирование настолько велико, что темное пространство вокруг отрицательного полюса расширилось до тех пор, пока полностью не заполнило трубку. Из-за большого вакуумирования средняя длина свободного пробега стала настолько длинной, что соударениями в данный момент

времени по сравнению с промахами можно пренебречь, и обычной молекуле теперь разрешено подчиняться своим собственным движениям или законам беспрепятственно. В сущности, длина свободного пробега сравнима с размерами сосуда, и нам больше не нужно иметь дело с *непрерывной* порцией материи, как это было бы в случае, если трубки менее сильно вакуумированы, но мы должны здесь рассматривать молекулы *индивидуально*. В этих сильно вакуумированных сосудах молекулы газообразного остатка способны пролететь через трубу при сравнительно небольшом количестве столкновений и, излучаясь от полюса с огромной скоростью, они приобретают свойства, столь новые и столь особенные, что полностью оправдывают применение термина, заимствованного от Фарадея, как *Лучистая Материя*.

***Лучистая Материя оказывает мощное фосфорогенное действие,
где она соударяется.***

Я упомянул, что Лучистая Материя внутри темного пространства возбуждает светимость, где ее скорость ограничивается остаточным газом вне темного пространства. Но если не останется остаточного газа, скорость молекул будет ограничена стенками стекла; и здесь мы подходим к первому и одному из наиболее примечательных свойств Лучистой Материи, разряжаемой из отрицательного полюса, - её способности возбуждать фосфоресценцию, когда он сталкивается с твердой материей. Число тел, которые реагируют светимостью на эту молекулярную бомбардировку, очень велико, и получающиеся цвета различны. Стекло, например, обладает высокой фосфоресценцией при воздействии потока Лучистой Материи. Здесь (рис. 2) три колбы, выполненные из разных стекол: одна - урановое стекло (*a*), которое фосфоресцирует темно-зеленым цветом; другая английское стекло (*b*), которое фосфоресцирует синим цветом; и третье (*c*) - мягкое немецкое стекло, - из которого изготовлена большая часть оборудования перед вами, - которое окрашено в яркий яблочно-зеленый цвет.

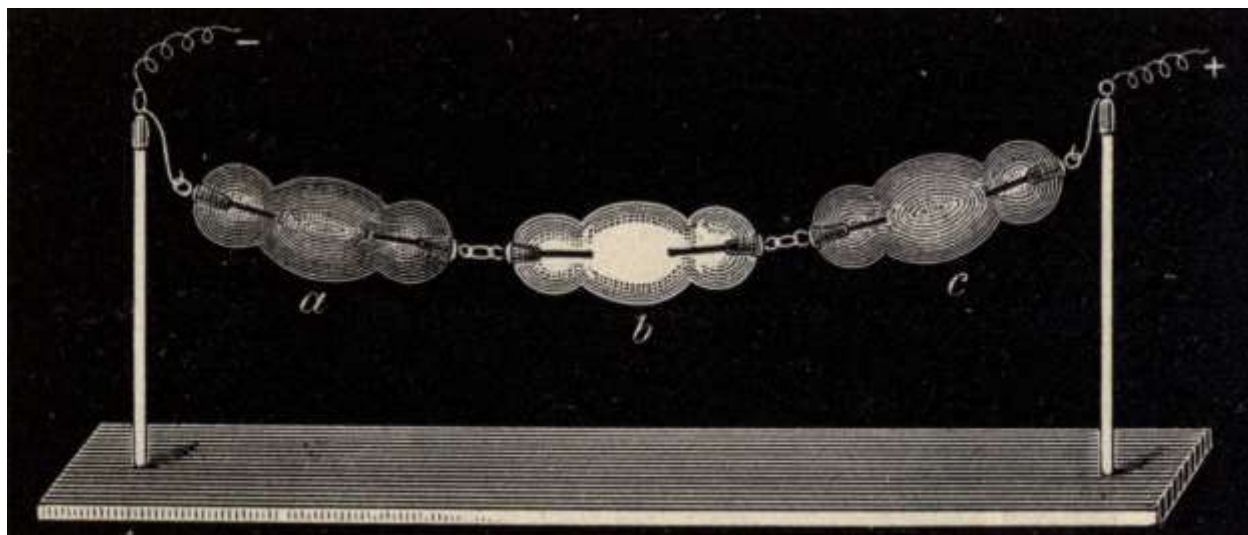


Рис. 2.

Мои предыдущие эксперименты были почти полностью проведены с помощью фосфоресценции, которую поглощает стекло, когда оно находится под воздействием лучистого разряда; но многие другие вещества обладают этой фосфоресцентной силой в еще большей степени, чем стекло. Например, есть некоторый светящийся сульфид кальция, приготовленный в соответствии с описанием М. Эд. Беккереля. Когда сульфид подвергся

воздействию света - даже свету свечи - он часами фосфоресцирует с голубовато-белым цветом. Однако он гораздо сильнее фосфоресцирует при молекулярном разряде в хорошем вакууме, как вы увидите, когда я пропущу разряд через эту трубку.

Другие вещества, помимо английского, немецкого и уранового стекла, и Беккерелевских светящихся сульфидов, также фосфоресцируют. Редкий минерал фенацит (силикат бериллия) фосфоресцирует синим; минерал сподумен (силикат алюминия и лития) фосфоресцирует насыщенным золотисто-желтым; изумруд излучает малиновый свет. Но без исключения алмаз - самое чувствительное вещество, которое я когда-либо встречал для готовой и бриллиантовой фосфоресценции. Вот очень любопытный флуоресцирующий алмаз, зеленый при дневном свете, бесцветный при свете свечи. Он установлен в центре вакуумированной колбы (рис. 3), и молекулярный разряд будет направлен на него снизу-вверх. При затемнении комнаты вы видите, что алмаз сияет так же ярко, как свеча, фосфоресцируя ярко-зеленым.

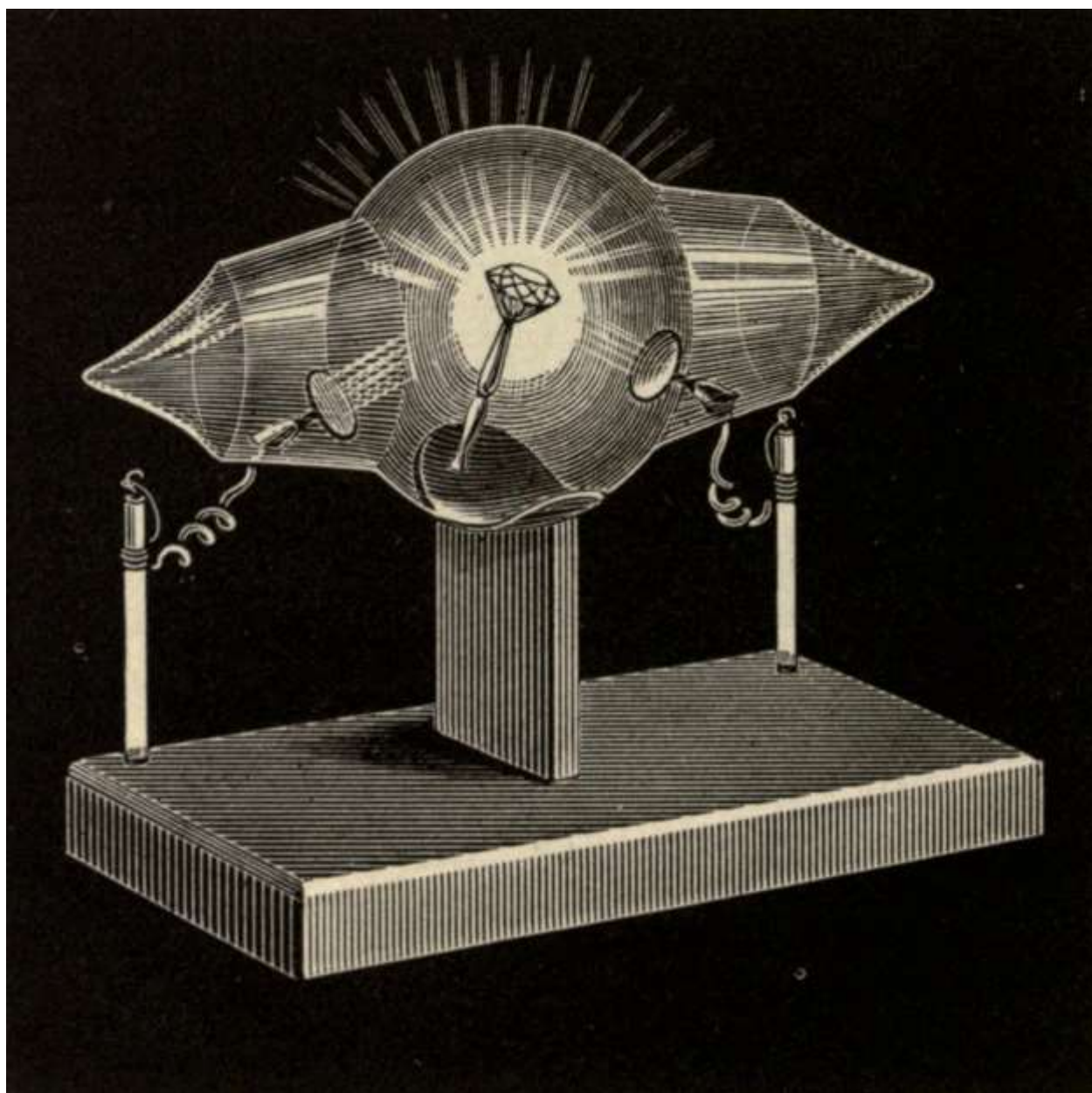


Рис. 3.

Ближайший к алмазу рубин является одним из самых замечательных камней для фосфоресценции. В этой трубке (рис. 4) находится прекрасная коллекция рубиновых камешков. Как только появится индукционная искра, вы увидите, что эти рубины становятся ярко насыщенными красными камнями, как будто они раскалены. Для начала, едва ли имеет значение какого цвета рубин. В этой трубке из натуральных рубинов есть камни всех цветов – от темно-красного до бледно-розового. Некоторые из них настолько бледны, что почти бесцветны, а некоторые - из высоко ценимого оттенка голубиной крови; но под воздействием Лучистой Материи все они фосфоресцируют примерно одним цветом.

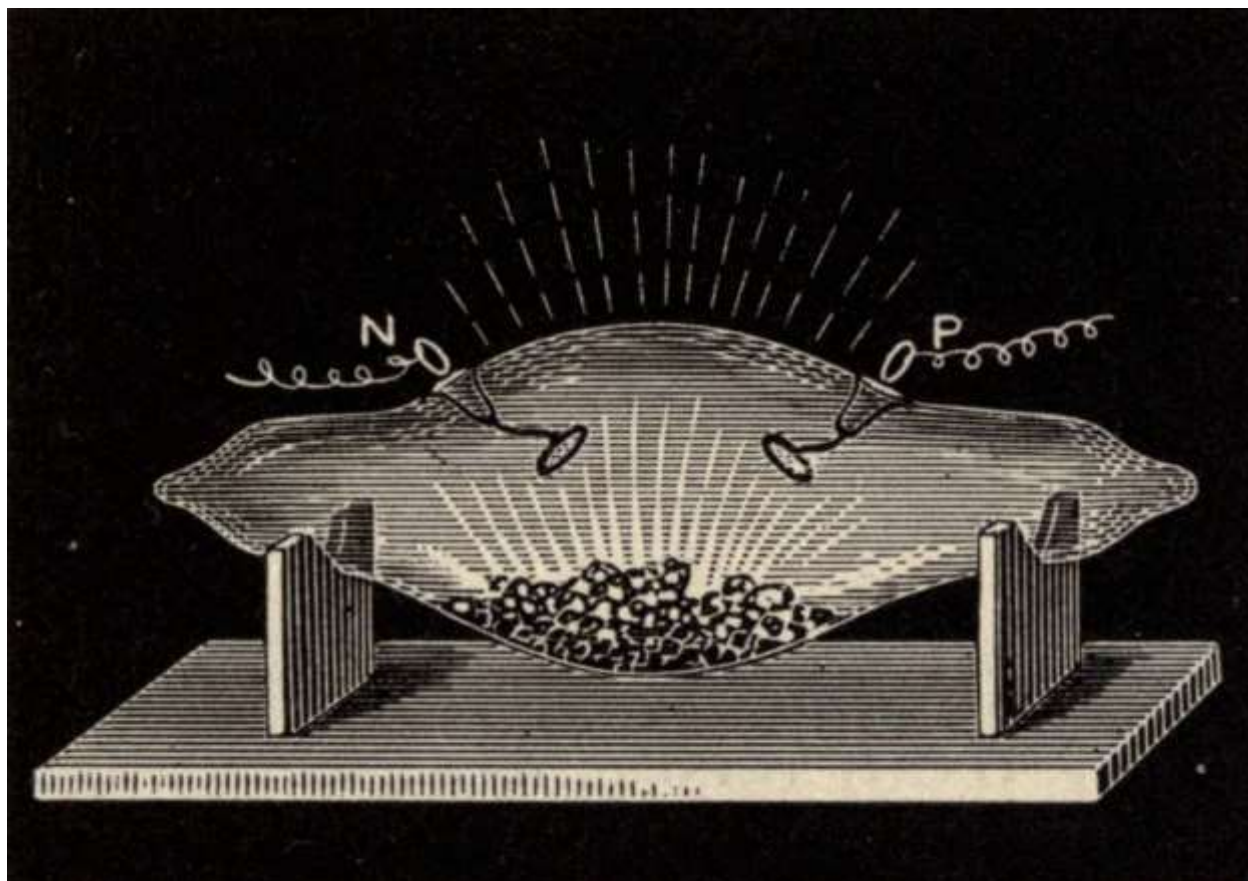


Рис. 4.

Рубин - это не что иное, как кристаллический оксид алюминия с небольшим количеством красящих веществ. В статье Эд. Беккереля², опубликованной двадцать лет назад, он описывает внешний вид оксида алюминия в фосфороскопе как пылающий с ярко-красным цветом. Вот немного осажденного оксида алюминия, приготовленного самым тщательным образом. Он был нагрет до белизны, и вы видите, что он также светится под молекулярным разрядом тем же насыщенным красным цветом.

Спектр красного света, испускаемого этими разновидностями оксида алюминия, такой же, как описанный Беккерелем двадцать лет назад. Существует одна интенсивная красная линия, немного ниже фиксированной линии В в спектре, имеющая длину волны около 6895. Существует непрерывный спектр, начинающийся примерно с В, и несколько более слабых линий за ним, но они настолько слабые по сравнению с этой красной линией, что ими можно пренебречь. Эту линию легко увидеть, изучив с помощью небольшого карманного спектроскопа свет, отраженный от хорошего рубина.

² Annales de Chimie et de Physique, 3rd series, vol. lvii., p. 50, 1859.

Существует одна особая степень вакуумирования, более благоприятная, чем любая другая, для разработки свойств Лучистой Материи, которые сейчас изучаются. Грубо говоря, она может составить одну миллионную часть атмосферы³. При такой степени вакуумирования фосфоресценция очень сильна, и после этого она начинает уменьшаться, пока искра не перестанет проходить.⁴

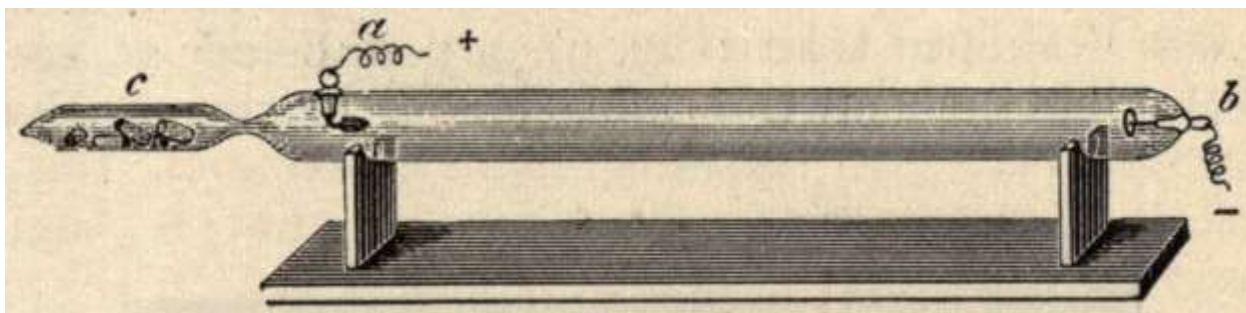


Рис. 5.

У меня есть трубка (рис. 5), которая будет служить для иллюстрации зависимости фосфоресценции стекла от степени вакуумирования. Два полюса находятся в точках *a* и *b*, а в точке (*c*) имеется небольшая дополнительная трубка, соединенная с первой узким отверстием и содержащая твердый едкий калий. Трубка была вакуумирована до очень высокой точки, и калий нагрет так, чтобы выгнать влагу и нарушить вакуум. Затем

³	1,0 миллионная атмосферы	=	0,00076 миллиметра.
	1315,789 миллионная атмосферы	=	1,0 миллиметр.
	1 000 000 " " "	=	760,0 миллиметров.
	" " " "	=	1 атмосфера.

⁴ Почти 100 лет назад г-н Уильям Морган представил Королевскому обществу статью под названием «Электрические эксперименты, проведенные для установления непроводящей силы идеального вакуума и т.д.» Следующие выдержки из этой статьи, которая была опубликована в *Philosophical Transactions* за 1785 (том LXXV., стр. 272), будут прочитаны с интересом:

«Ртутный датчик длиной около 15 дюймов, тщательно и аккуратно кипяченный до тех пор, пока каждая частица воздуха не была вытеснена изнутри, покрыт оловянной фольгой на 5 дюймов ниже его запечатанного конца и перевернут в ртуть через перфорацию в латунном наконечнике, который закрывал горлышко резервуара; все это было сцементировано вместе, и воздух удален из внутренней части резервуара через клапан в латунном наконечнике, который, создавая идеальный вакуум в датчике, образовав инструмент, особенно хорошо приспособленный для подобных экспериментов. Приспособленный таким образом (маленький провод, предварительно закрепленный на внутренней стороне резервуара, чтобы образовать связь между латунным наконечником и ртутью, в которую был перевернут датчик), покрытый конец был приложен к проводнику электрической машины, и, несмотря на все усилия, ни самый маленький луч света, ни малейший заряд никогда не могли быть произведены в этом вакуумированном датчике».

«Если ртуть в датчике будет недостаточно вскипячена, эксперимент не будет успешным; но цвет электрического света, который в разреженном вакуумным насосом воздухе всегда фиолетовый или пурпурный, в этом случае великолепный зеленый, и, что очень любопытно, степень вакуумирования воздуха может быть приблизительно определена этим способом; поскольку я знал случаи, в ходе этих экспериментов, когда небольшая частица воздуха обнаруживалась таким путем в трубке, электрический свет становился видимым и, как обычно, зеленого цвета; но заряд часто повторяется, датчик все же треснул на своем запечатанном конце, и, как следствие, внешний воздух, попал внутрь, постепенно произвел изменение электрического света от зеленого к синему, от синего до индиго и так далее до фиолетового и пурпурного, пока среда не стала настолько плотной, что больше не смогла быть проводником электричества. Я думаю, что из вышеприведенных экспериментов может быть мало сомнений в непроводящей способности идеального вакуума».

«Это, по-видимому, доказывает, что есть предел даже в разрежении воздуха, который устанавливает границы его проводящей способности; или, другими словами, что частицы воздуха могут быть настолько далеко отделены друг от друга, что больше не способны передавать электрические флюиды; что, если они приближаются на некоторое расстояние друг к другу, их проводящая способность начинается и непрерывно увеличивается, пока их приближение также не достигнет своего предела».

вакуумирование возобновлено, и попеременное нагревание и вакуумирование повторялись до тех пор, пока трубка не была приведена в состояние, в котором она теперь представлена перед вами. При первом включении индукционной искры ничего не видно - вакуум настолько высок, что трубка непроводящая. Теперь я слегка разогреваю калий и высвобождаю следы водяного пара. Мгновенно появляется проводимость, и зеленая фосфоресценция вспыхивает по всей длине трубки. Я продолжаю нагрев, чтобы выгнать больше газа из калия. Зеленый цвет становится более тусклым, и вот по трубе проносится волна туманного свечения, и фигурируют расслоения, которые быстро сужаются, пока искра не проходит вдоль трубки в виде узкой фиолетовой линии. Я убираю лампу и позволяю калию остыть; при охлаждении водяной пар, который был вытеснен нагревом, снова поглощается. Фиолетовая линия расширяется и распадается на мелкие слои; они расширяются и движутся к калийной трубке. Теперь волна зеленого света появляется на стекле на другом конце, выметая и продвигая последние бледные слои в калий; и теперь трубка светится по всей своей длине зеленой фосфоресценцией. Я мог бы держать её перед вами, и показать, что зеленый цвет становится слабее, а вакуум становится непроводящим; но я бы задержал вас слишком долго, так как требуется время для поглощения последних следов пара калием, и я должен перейти к следующему вопросу.

Лучистая материя движется прямолинейно.

Лучистая материя, чье воздействие на стекло вызывает выделение света, абсолютно не хочет поворачивать за угол. Вот V-образная трубка (рис. 6), полюс которой находится на каждом конце. Полюс на правой стороне (a) отрицательный, вы видите, что весь правый рукав залит зеленым светом, но внизу она резко останавливается и не поворачивает за угол, чтобы попасть в левую сторону. Когда я изменяю ток и делаю левый полюс отрицательным, зеленый цвет меняется на левую сторону, всегда следуя отрицательному полюсу и оставляя положительную сторону практически без какого-либо свечения.

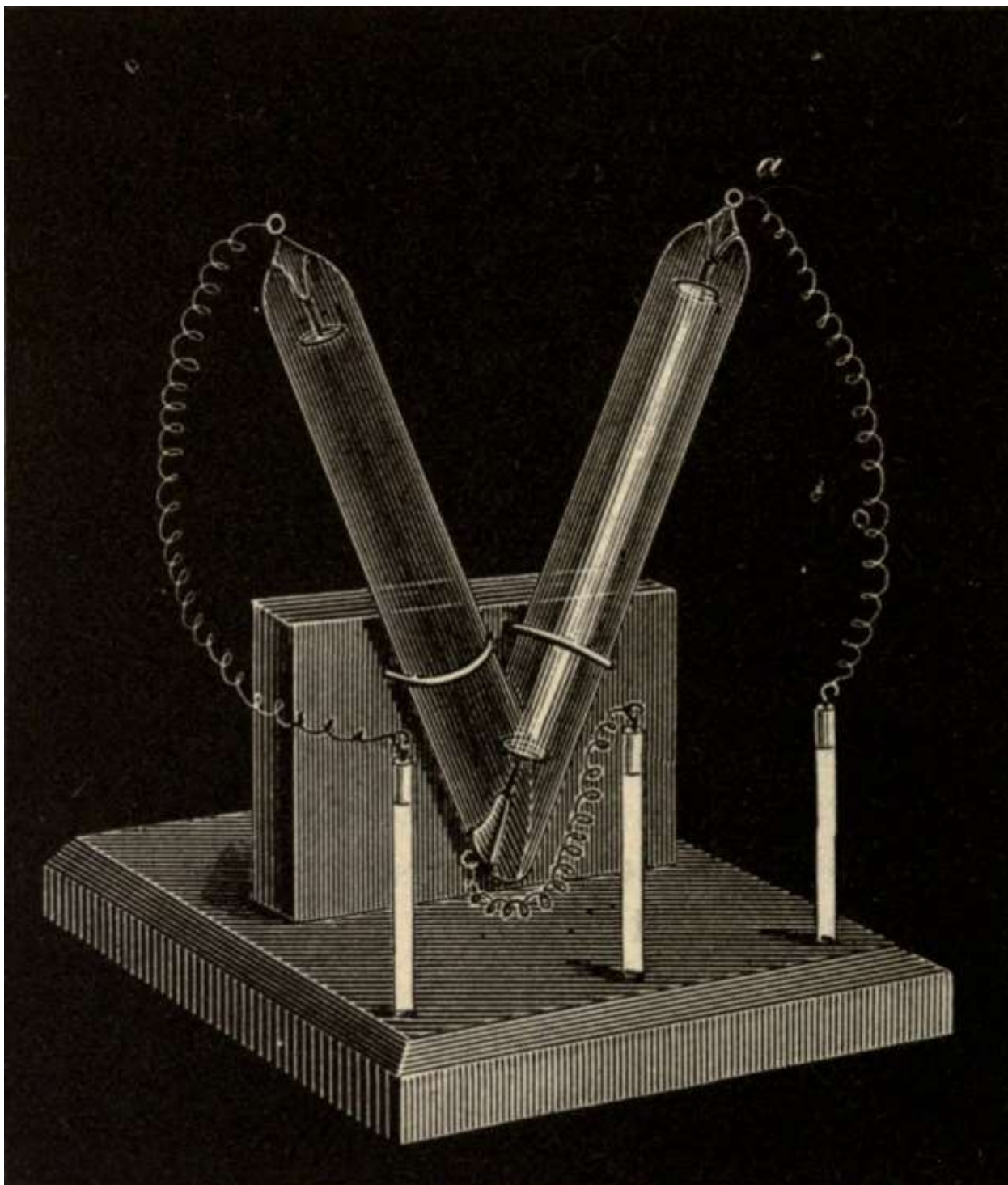


Рис. 6.

В обычных явлениях, экспонируемых вакуумными трубками - явлениях, с которыми мы все знакомы – чтобы выделить яркие контрасты цвета, обычно принято изгибать трубки в очень сложные конструкции. Свечение, вызванное фосфоресценцией остаточного газа, повторяет все извилины, в которые умелые стеклодувы могут закрутить стекло. Так как отрицательный полюс, находится на одном конце, а положительный полюс на другом, световые явления, похоже, больше зависят от положительного, чем от отрицательного при обычном вакуумировании, которое до сих пор использовалось для получения наилучших явлений в вакуумных трубках. Но при очень высоком вакуумировании явления, замеченные в обычных вакуумных трубках, когда индукционная искра проходит через них - возникновение облачной светимости и расслоения - полностью исчезают. Ни облачка или

какого-либо тумана в теле трубки не видно, и при таком вакууме, с которым я работаю в этих экспериментах, виден свет только от фосфоресцентной поверхности стекла. У меня есть две колбы (рис. 7), одинаковые по форме и положению полюсов, с той лишь разницей, что одна из них находится при вакуумировании, равном нескольким миллиметрам ртутного столба - такое умеренное вакуумирование, которое даст обычные световые явления - хотя другая вакуумирована примерно до миллионной доли атмосферы. Сначала я соединю умеренно вакуумированную колбу (А) с индукционной катушкой, и, удерживая полюс на одной стороне (а) всегда отрицательным, я подключу положительный провод последовательно к другим полюсам, которыми снабжена колба. Вы видите, что, когда я меняю положение положительного полюса, линия фиолетового света, соединяющая два полюса, меняется, электрический ток всегда выбирает кратчайший путь между двумя полюсами и движется по кругу внутри лампы, когда я меняю положение проводов.

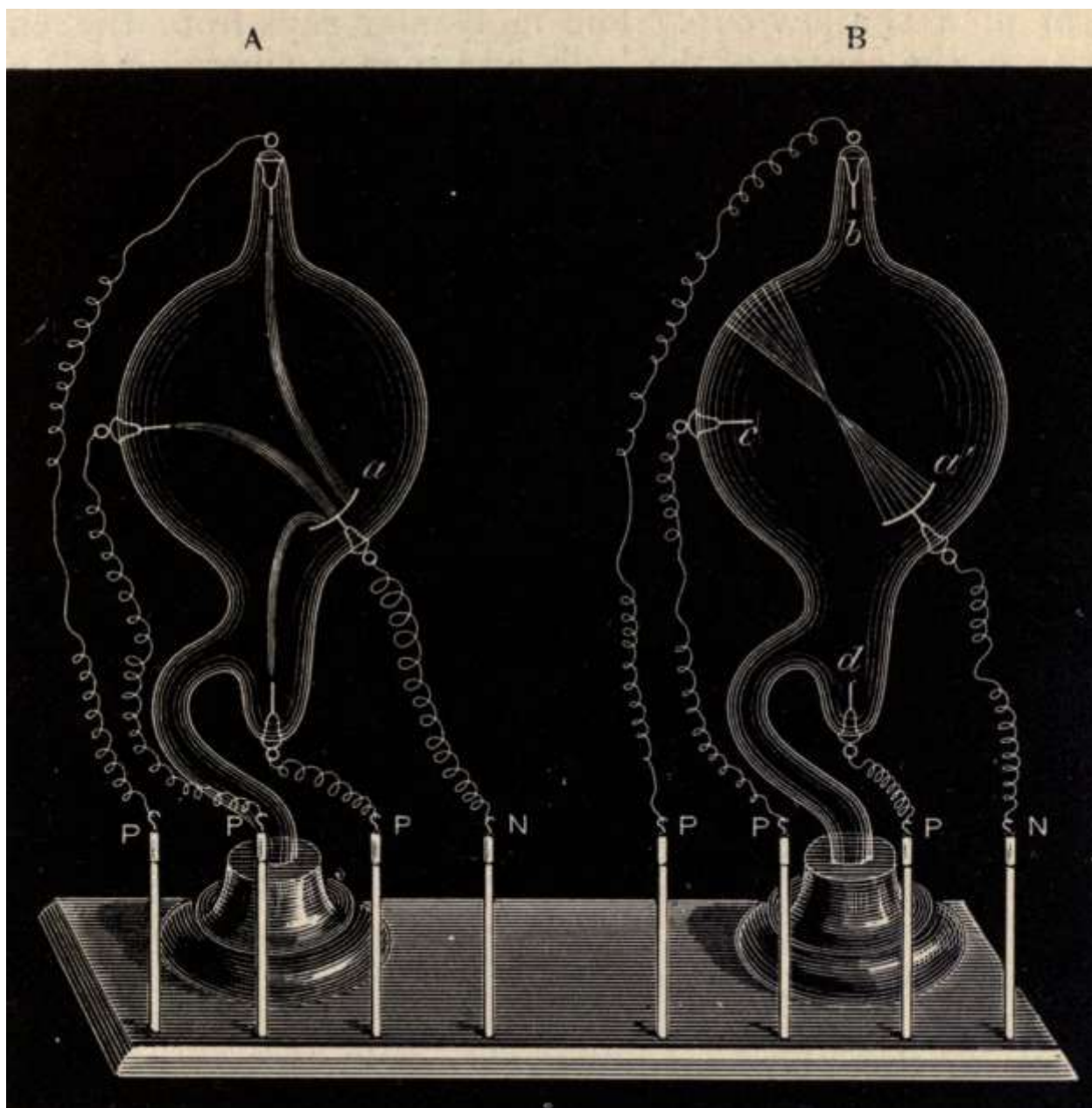


Рис. 7.

Это, таким образом, хорошее явление, которое мы получаем при обычном вакуумировании. Сейчас я попытаюсь провести тот же эксперимент с колбой (В), которая

очень сильно вакуумирована, и, как и прежде, сделаю боковой полюс (a') отрицательным, а верхний полюс (b) положительным. Обратите внимание, насколько сильно отличается внешний вид от показанного предыдущей колбой. Отрицательный полюс в форме мелкой чашки. Молекулярные лучи из чашки пересекаются в центре колбы и оттуда, расходясь падают на противоположную сторону и образуют круговой путь зеленого фосфоресцентного света. Когда я поверну колбу, вы все увидите зеленое пятно на стекле. Теперь заметьте, я убираю положительный провод сверху и соединяю его с боковым полюсом (c). Зеленое пятно от расходящегося отрицательного фокуса все еще там. Теперь я делаю нижний полюс (d) положительным, и зеленое пятно остается там, где оно было сначала, без изменений в положении или интенсивности.

Мы имеем здесь еще одно свойство Лучистой Материи. При низком вакууме каждое позиция положительного полюса имеет значение, в то время как при высоком вакууме позиция положительного полюса едва ли важна; явления выглядят полностью зависимыми от отрицательного полюса. Если отрицательный полюс указывает в направлении положительного, все очень хорошо, но, если отрицательный полюс полностью в противоположном направлении, это не имеет большого значения: Лучистая Материя все равно устремляется по прямой линии от отрицательного.

Если вместо плоского диска для отрицательного полюса используется полуцилиндр, Материя по-прежнему излучается перпендикулярно его поверхности. Трубка перед вами (рис. 8) иллюстрирует это свойство. В качестве отрицательного полюса она содержит полуцилиндр (a) из полированного алюминия. Он связан с тонкой медной проволокой, b , заканчивающейся на платиновом терминале, c . На верхнем конце трубки находится другой терминал, d . Индукционная катушка соединена так, что полуцилиндр является отрицательным, а верхний полюс положительным, и когда вакуум в достаточной степени, проекция молекулярных лучей на фокус очень красиво показана. Лучи Материи, отбрасываемые от полуцилиндра в направлении, перпендикулярном его поверхности, приходят в фокус и затем расходятся, проследив свой путь в ярко-зеленой фосфоресценции на поверхности стекла.

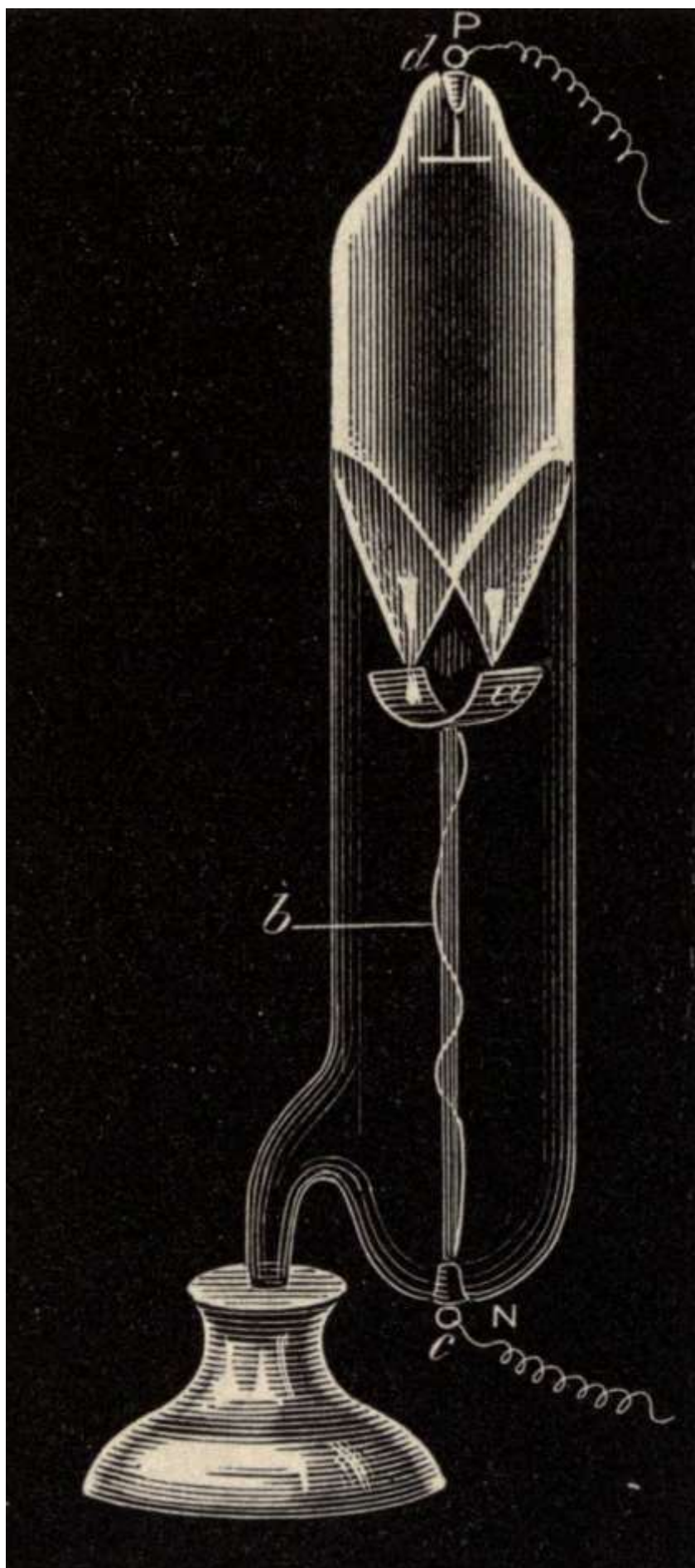


Рис. 8.

Вместо того, чтобы получать молекулярные лучи на стекле, я покажу вам еще одну трубку, в которой фокус падает на фосфоресцентный экран. Посмотрите, как блестяще сияют линии разряда и насколько интенсивно освещена фокальная точка, освещающая стол.

Лучистая Материя отбрасывает тень, когда твердое вещество преграждает путь.

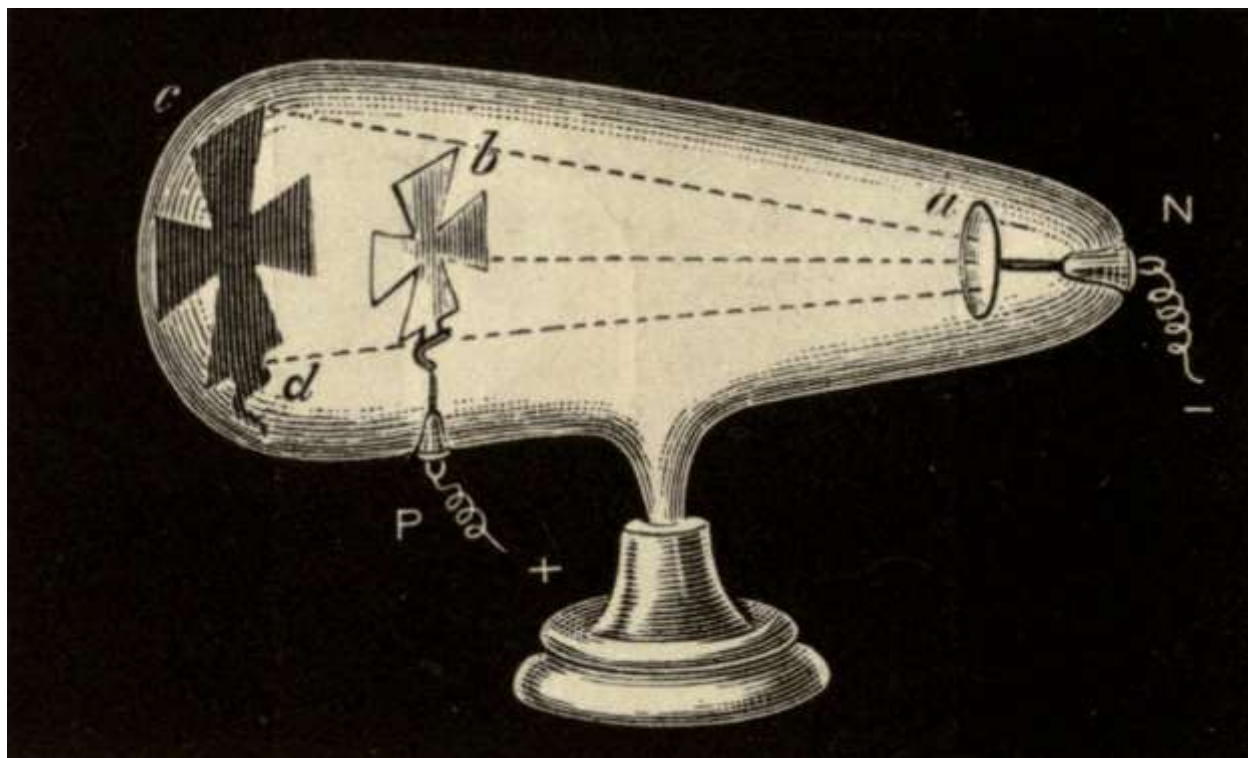


Рис. 9.

Лучистая Материя исходит из полюса по прямым линиям, а не просто проникает во все части трубки и наполняет ее светом, как в случае, если вакуумирование менее хорошее. Там, где ничто не мешает, лучи ударяются об экран и вызывают фосфоресценцию, а там, где твердое вещество мешает, оно препятствует им, и на экран отбрасывается тень. В этой грушевидной колбе (рис.9) отрицательный полюс (a) находится на заостренном конце. В середине находится крест (b), вырезанный из листового алюминия, так что лучи из отрицательного полюса, проецируемые вдоль трубки, будут частично ударяться об алюминиевый крест и спроецируют его изображение на полусферический конец трубки, которая фосфоресцирует. Я включаю катушку, и вы все увидите черную тень креста на освещенном конце колбы (c, d). Так Лучистая Материя из отрицательного полюса проходящая рядом с алюминиевым крестом, создает тень; стекло подвергалось ударам и бомбардировке до тех пор, пока оно не стало заметно теплым, и в то же время на стекло было произведено другое воздействие - его чувствительность была ослаблена. Стекло устало, если можно так выразиться, из-за вынужденной фосфоресценции. В результате этой молекулярной бомбардировки произошли изменения, которые не позволят стеклу легко реагировать на дополнительное возбуждение; но та часть, на которую упала тень, не устала - она совсем не фосфоресцировала и совершенно свежа; поэтому, если я уроню этот крест, - я легко могу сделать это, слегка дергая аппарат, поскольку он был наиболее изобретательно сконструирован с помощью шарнира мистером Гимингемом, - и, таким образом, позволю лучам отрицательного полюса непрерывно падать на конец колбы, вы внезапно увидите, что черный крест (c, d, рис. 10) изменится на светящийся (e, f), потому

что фон теперь способен лишь слегка флуоресцировать, а часть, на которой была черная тень на нем, сохранила свою полную флуоресцентную силу. Трафаретное изображение светящегося креста, к сожалению, вскоре исчезает. После периода отдыха стекло частично восстанавливает свою силу флуоресценции, но оно никогда не было таким хорошим, как было вначале.

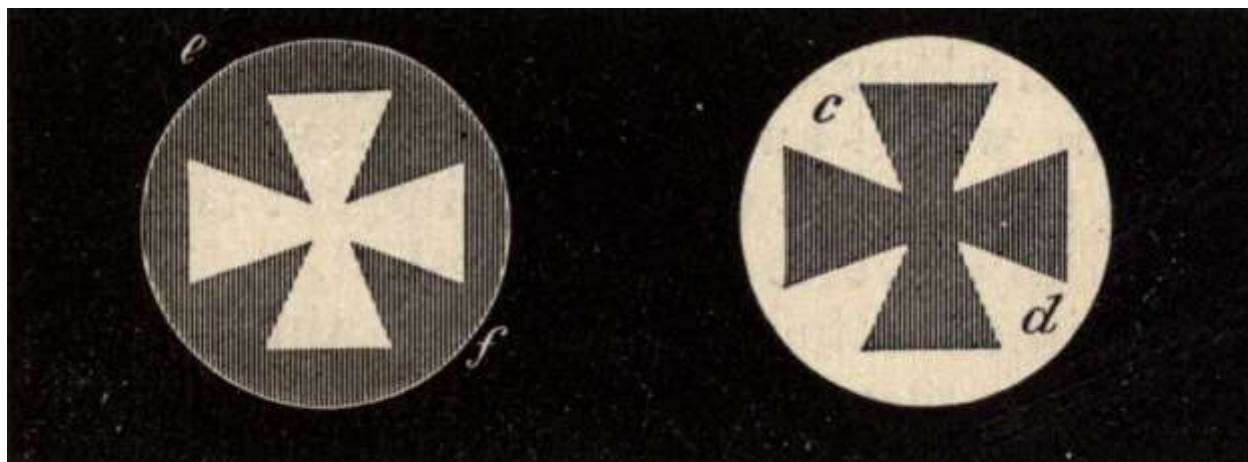


Рис. 10.

Вот, следовательно, еще одно важное свойство Лучистой Материи. Она проецируется с огромной скоростью из отрицательного полюса и не только ударяет стекло таким образом, что оно вибрирует и становится временно светящимся во время разряда, но молекулы усердно ударяют с достаточной энергией, чтобы производить непрерывное воздействие на стекло.

Лучистая Материя оказывает сильное механическое воздействие, куда она ударяет.

По резкости молекулярных теней мы видим, что Лучистая Материя задерживается твердым веществом, помещенным на её пути. Если это твердое тело легко перемещаемо, воздействие молекул проявится в сильном механическом действии. Мистер Гимингем сконструировал для меня оригинальную деталь аппарата, которая, когда помещена в электрический фонарь, представит это механическое действие видимым для всех присутствующих. Он состоит из сильно вакуумированной стеклянной трубки (рис. 11), вдоль которой проходит стеклянная рельсовая дорога от одного конца до другого. Ось маленького колеса вращается на рельсах, спицы колеса несут широкие слюдяные лопасти. На каждом конце трубки, а точнее выше центра, находится алюминиевый полюс, так что какой бы полюс ни был сделан отрицательным, поток Лучистой Материи вылетает из него вдоль трубки, и удары по верхним лопастям маленького лопастного колеса заставляют его вращаться и двигаться вдоль рельсовой дороги. Реверсируя полюса, я могу остановить колесо и отправить его в обратном направлении, и, если я аккуратно наклоню трубку, сила ударов будет достаточной даже для движения колеса в гору.

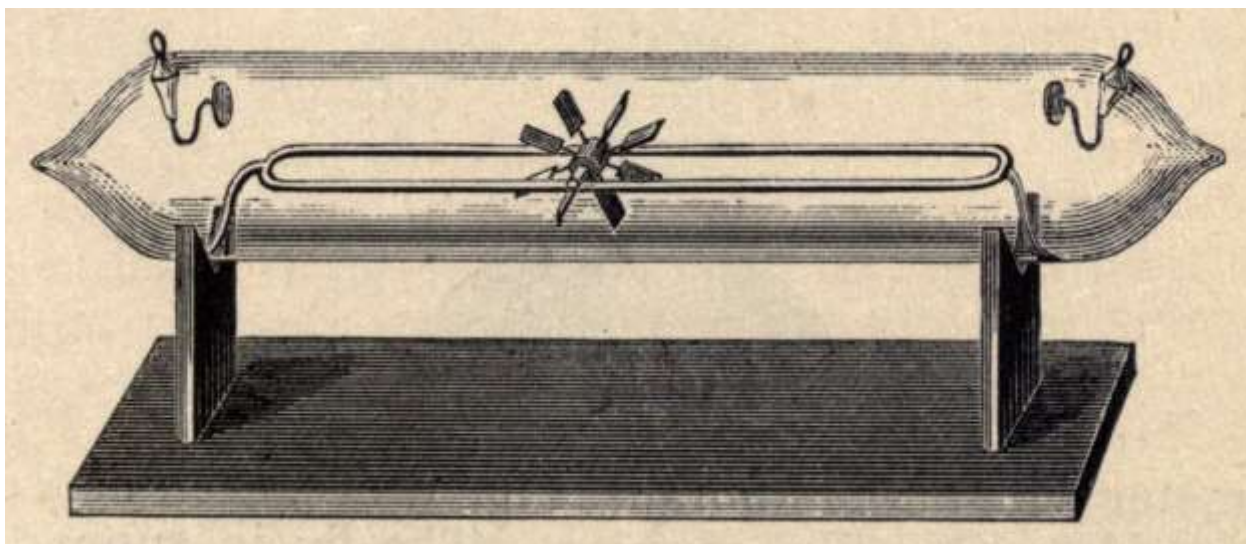


Рис. 11.

Таким образом, этот эксперимент показывает, что молекулярный поток из отрицательного полюса способен перемещать какой-нибудь освещаемый объект перед ним.

При яростном отталкивании молекул от полюса должна быть отдача полюса от молекул, и расположив аппарат так, чтобы отрицательный полюс был подвижным, а тело, получающее ударное воздействие от Лучистой Материи, зафиксировано, то эта отдача может быть представлена осязаемой. По внешнему виду аппарат (рис. 12) мало чем отличается от обычного радиометра с алюминиевыми дисками для лопастей, каждый диск покрыт с одной стороны пленкой слюды. Крыльчатка поддерживается твердой сталью вместо стеклянной чашки, а острая игла, на которой она работает, соединена посредством провода с платиновым терминалом, герметично закрепленным в стекле. В верхней части колбы радиометра герметично закреплен второй вывод. Таким образом радиометр может быть соединен с индукционной катушкой, подвижная крыльчатка выполнена в виде отрицательного полюса.

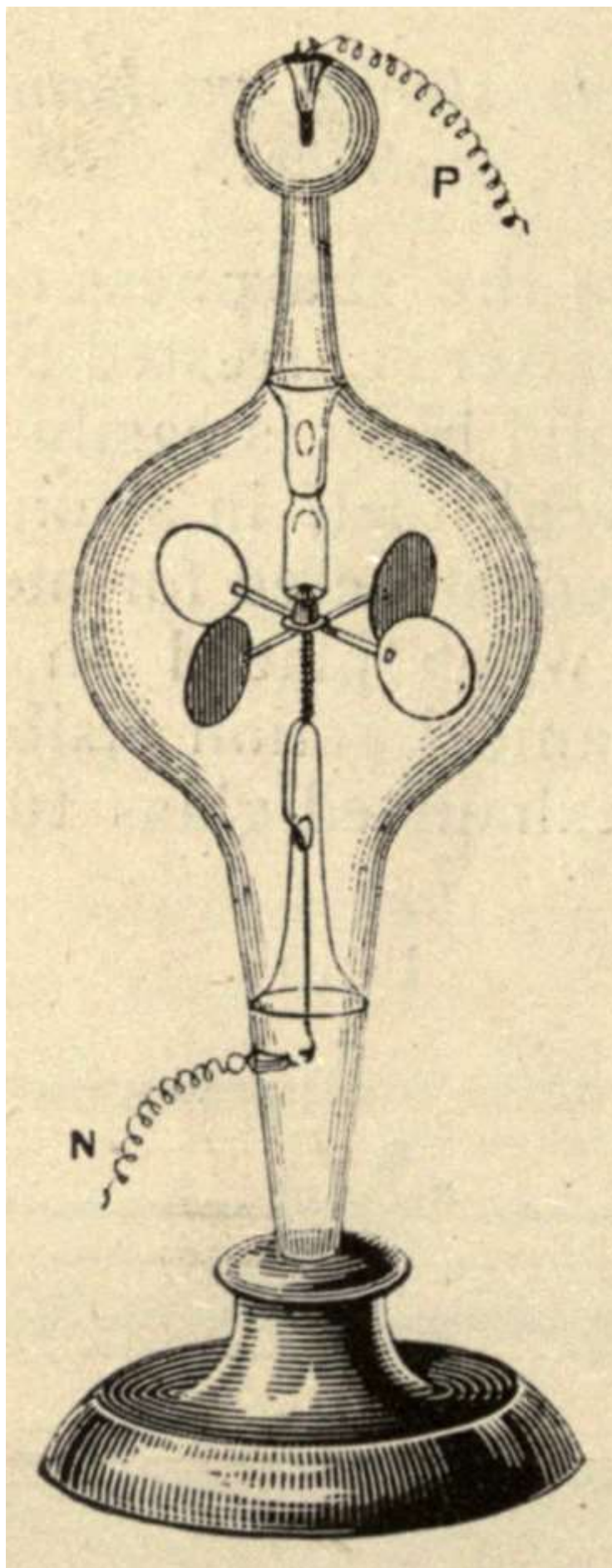


Рис. 12.

Для этих механических эффектов вакуумирование не должно быть таким высоким, как при фосфоресценции. Наилучшее давление для этого электрического радиометра немного выше того, при котором темное пространство вокруг отрицательного полюса распространяется по сторонам стеклянной колбы. Когда давление составляет всего несколько миллиметров ртутного столба при прохождении индукционного тока на металлической стороне лопастей образуется ореол бархатисто-фиолетового света, слюдяная сторона остается темной. Когда давление уменьшается, видно, что темное пространство отделяет фиолетовый ореол от металла. При давлении в полмиллиметра это темное пространство распространяется на стекло, и начинается вращение. При продолжении вакуумирования темное пространство еще больше расширяется и выглядит расплюснутым по стеклу, когда вращение становится очень быстрым.

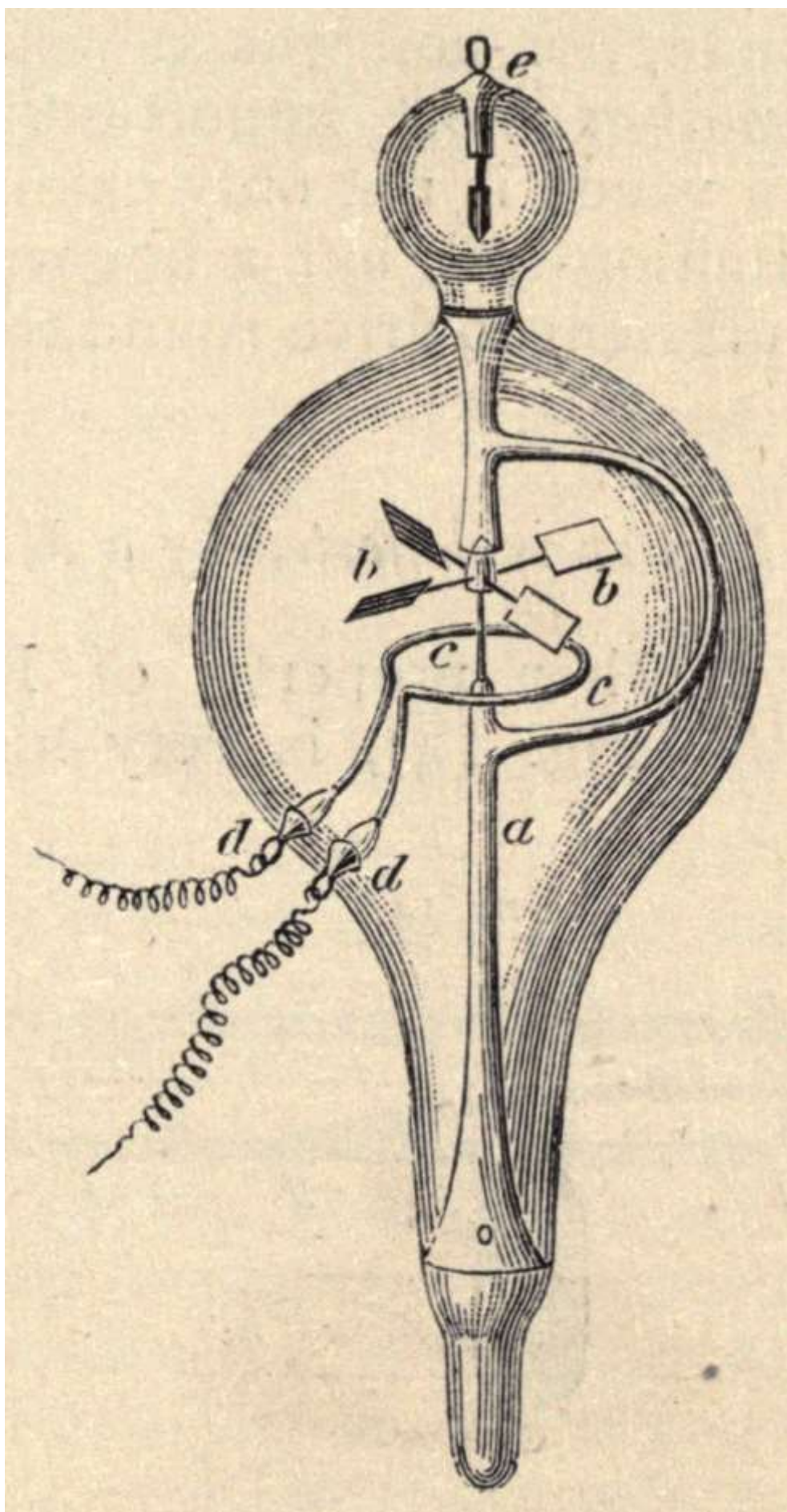


Рис. 13.

Вот еще одна часть аппарата (рис. 13), которая иллюстрирует механическую силу Лучистой Материи от отрицательного полюса. На стебле (*a*) находится острие иглы, на котором вращается легкая слюдяная крыльчатка (*b b*). Крыльчатка состоит из четырех квадратных лопастей из тонкой прозрачной слюды, поддерживаемых на легких алюминиевых стержнях, а в центре находится небольшой стеклянный колпачок, который опирается на острие иглы. Лопасты наклонены под углом 45^0 к горизонтальной плоскости. Ниже крыльчатки находится кольцо из тонкого платинового провода (*c c*), концы которого проходят через стекло в *d d*. Алюминиевый терминал (*e*) загерметизирован в верхней части трубки, и полностью вакуумирован до очень высокой точки.

С помощью электрического фонаря я проецирую изображение лопастей на экран. Провода от индукционной катушки прикреплены так, чтобы платиновое кольцо было выполнено отрицательным полюсом, а алюминиевый провод (*e*) положительным. Незамедлительно, благодаря проекции Лучистой Материи из платинового кольца, лопасти вращаются с предельной скоростью. Пока что аппарат не показал ничего, кроме того, что предыдущие эксперименты подготовили нас к ожиданию; но понаблюдайте, что сейчас происходит. Я полностью отсоединяю индукционную катушку и соединяю два конца платинового провода с небольшой гальванической батареей; это делает кольцо *c c* раскаленным докрасна, и под этим воздействием вы видите, что лопасти вращаются так же быстро, как и во время работы индукционной катушки.

Вот еще один очень важный факт. Лучистая Материя в этом высоком вакууме возбуждается не только отрицательным полюсом индукционной катушки, но и горячий провод может приводить её в движение с силой, достаточной для вращения наклонных лопастей.

Лучистая Материя отклоняется магнитом.

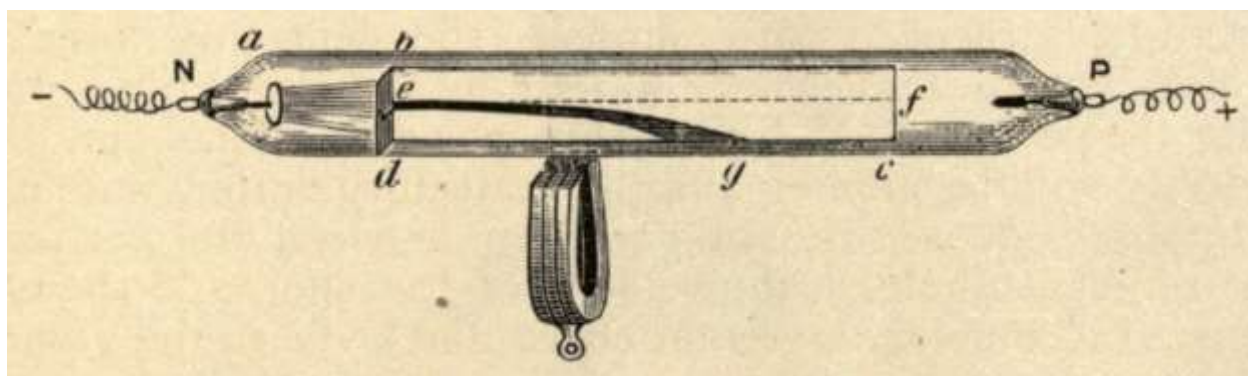


Рис. 14.

Теперь я перехожу к другому свойству Лучистой Материи. Эта длинная стеклянная трубка (рис. 14) очень сильно вакуумирована; она имеет отрицательный полюс на одном конце (*a*) и длинный фосфоресцентный экран (*b, c*) вдоль центра трубки. Перед отрицательным полюсом находится пластинка слюды (*b, d*) с отверстием (*e*) в ней, и в результате, когда я включаю ток, линия фосфоресцентного света (*e, f*) проецируется вдоль всей длины трубки. Теперь я помещаю под трубку мощный подковообразный магнит: наблюдайте, как линия света (*e, g*) становится изогнутой под воздействием магнитных волн, подобно гибкой волшебной палочке, когда я перемещаю магнит туда и сюда.

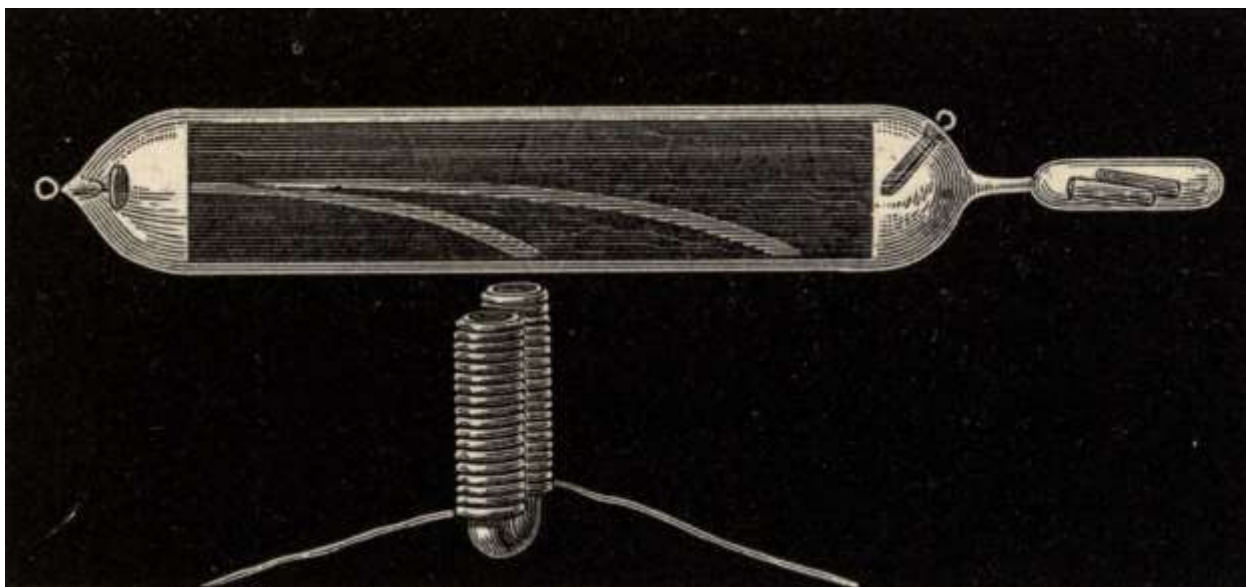


Рис. 15.

Это действие магнита очень любопытно, и при тщательном рассмотрении проясняются другие свойства Лучистой Материи. Здесь (рис. 15) представлена точно такая же трубка, но имеющая на одном конце небольшую трубку с калием, которая при нагревании слегка нарушает вакуум. Я включаю индукционный ток, и вы видите, как луч Лучистой Материи вычерчивает свою траекторию по изогнутой линии вдоль экрана под воздействием подковообразного магнита снизу. Обратите внимание на форму кривой. Молекулы, выпущенные из отрицательного полюса, можно сравнить с выстрелом железных пуль из пулемета, а магнит снизу будет представлять землю, изгибающую траекторию выстрела под действием гравитации. Здесь, на этом светящемся экране, вы видите точно прорисованную изогнутую траекторию выстрела. Теперь предположим, что отклоняющая сила остается постоянной, а кривая, прорисованная снарядами, изменяется в зависимости от скорости. Если я добавлю больше пороха в пулемет, скорость будет больше, траектория более пологой, а если я помещу более плотную противодействующую среду между пулеметом и целью, я уменьшу скорость выстрела и тем самым заставлю его двигаться по более изогнутой кривой и упасть на землю раньше. Я не могу успешно увеличить перед вами скорость моего потока лучистых молекул, добавляя больше пороха в мою батарею, но я постараюсь и сделаю так, чтобы они испытывали большее сопротивление при своем пролете от одного конца трубки до другого. Я нагреваю едкий калий спиртовкой и таким образом добавляю в траекторию немного газа. Незамедлительно поток Лучистой Материи реагирует. Его скорость замедляется, магнетизм имеет больше времени, чтобы воздействовать на отдельные молекулы, траектория становится все более и более изогнутой, до тех пор, пока вместо стрельбы почти до конца трубки, мои молекулярные пули падают на дно, прежде чем они пройдут больше, чем полпути.

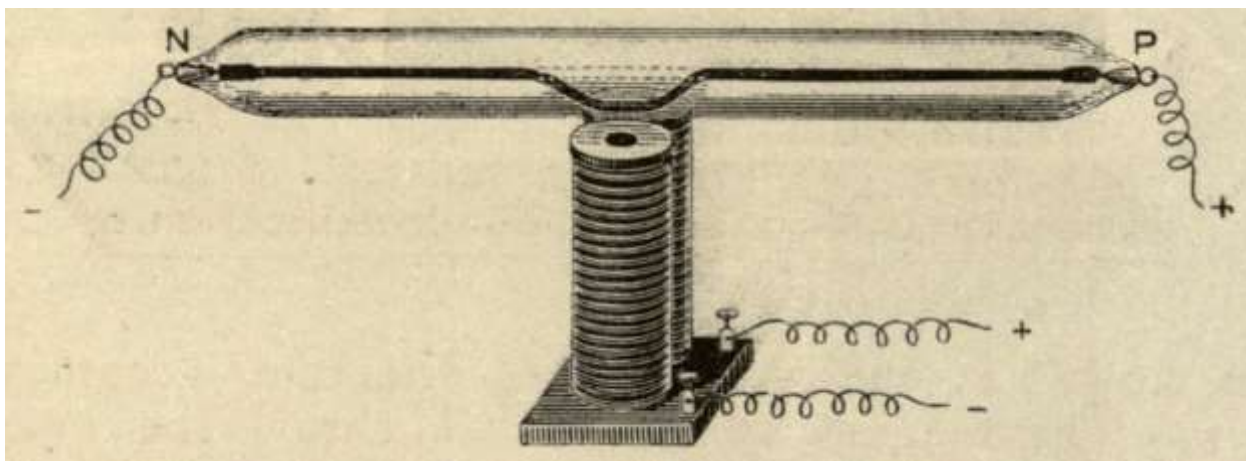


Рис. 16.

Весьма интересно выяснить, является ли закон, управляющий магнитным отклонением траектории Лучистой Материи, таким же, каким он был установлен при более низком вакууме. Эксперименты, которые я только что показал вам, были с очень высоким вакуумом. Здесь в трубке низкий вакуум (рис. 16). Когда я включаю индукционный разряд, он проходит как узкая линия фиолетового света, соединяющая два полюса. Снизу я имею мощный электромагнит. Я подключаю электромагнит, и линия света прогибается в центре к электромагниту. Я переворачиваю полюса, и линия выгибается до верха трубки. Обратите внимание на различие между двумя явлениями. Здесь действие носит кратковременный характер. Опускание имеет место под магнитным воздействием; затем линия разряда поднимается и продолжает путь к положительному полюсу. При сильном вакуумировании, однако, после того, как поток Лучистой Материи опустился к магниту, он не восстанавливается, а продолжает свой путь в измененном направлении.

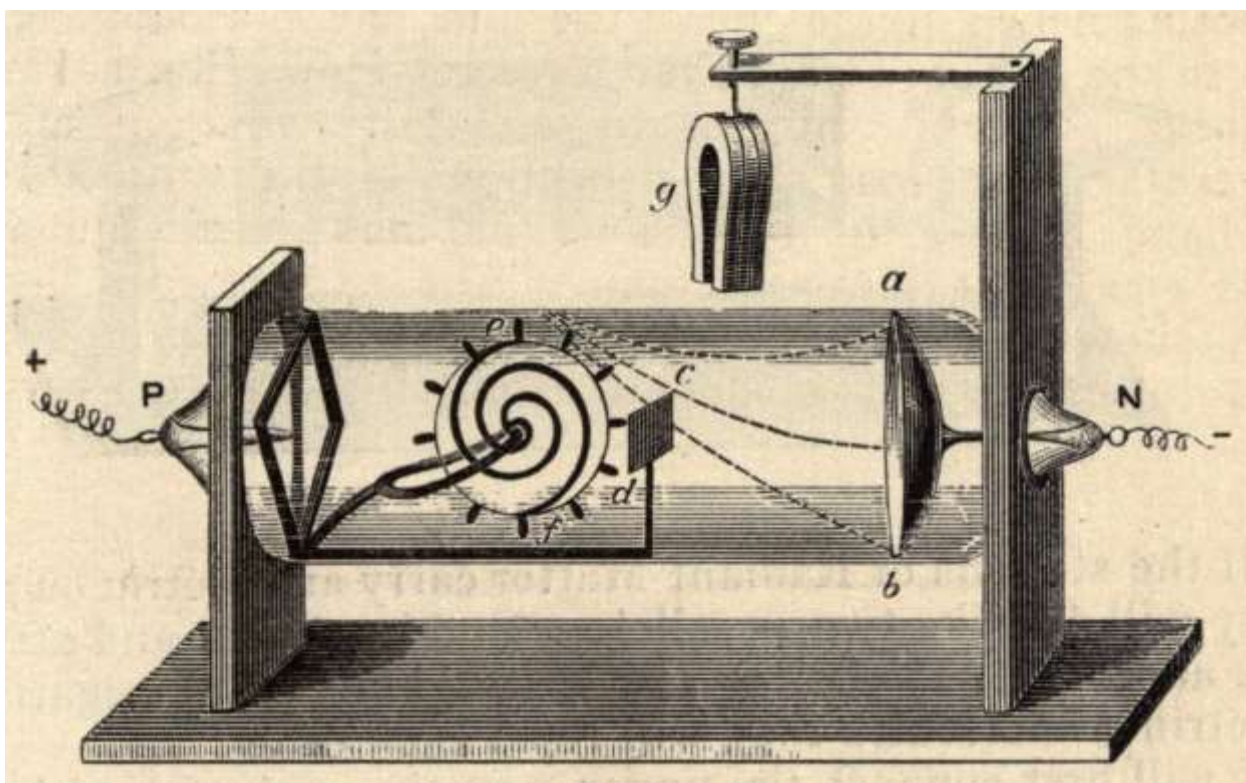


Рис. 17.

С помощью этого маленького колеса, умело сконструированного мистером Гимингемом, я могу показать магнитное отклонение в электрическом фонаре. Аппарат показан на этой диаграмме (рис. 17). Отрицательный полюс (*a, b*) имеет форму очень мелкой чашки. Перед чашей находится слюдяной экран (*c, d*), достаточно широкий, чтобы перехватить Лучистую Материю, поступающую из отрицательного полюса. Позади экрана находится слюдяное колесо (*e, f*) с рядом лопастей, образующее своего рода гребное колесо. Таким образом, молекулярные лучи из полюса *a b* будут отрезаны от колеса и не будут производить никакого движения. Теперь я поместил магнит *g* над трубкой так, чтобы отклонить поток над или под преградой *c d*, и в результате будет происходить быстрое движение в том или ином направлении в зависимости от того как магнит повернут. Я проецирую изображение аппарата на экране. Спиральные линии, нарисованные на колесе, показывают, в каком направлении оно вращается. Я расположил магнит так, чтобы он притягивал молекулярный поток и ударял по верхним лопастям, а колесо быстро вращалось, как если бы это было водяное колесо. Я поворачиваю магнит так, чтобы отклонить лучистую материю вниз; колесо замедляет скорость, останавливается, а затем начинает вращаться в другую сторону, как выступающее водяное колесо. Это может повторяться так часто, как я меняю положение магнита.

Я отмечал, что молекулы Лучистой Материи, разряжаемые из отрицательного полюса, отрицательно электрифицированы. Возможно их скорость обусловлена взаимным отталкиванием между одинаково электрифицированным полюсом и молекулами. При менее высоком вакууме, таком как вы видели несколько минут назад (рис. 16), разряд проходит от одного полюса к другому, пропуская электрический ток, как если бы это был гибкий провод. Теперь очень интересно выяснить, несет ли поток Лучистой Материи из отрицательного полюса также ток. Здесь (рис. 18) аппарат, который немедленно решит этот вопрос. Трубка содержит два отрицательных терминала (*a, b*), расположенные близко друг к другу на одном конце, и один положительный терминал (*c*) на другом. Это позволяет мне посылать два потока Лучистой Материи бок о бок вдоль фосфоресцентного экрана, - или отключая один отрицательный полюс, только один поток.

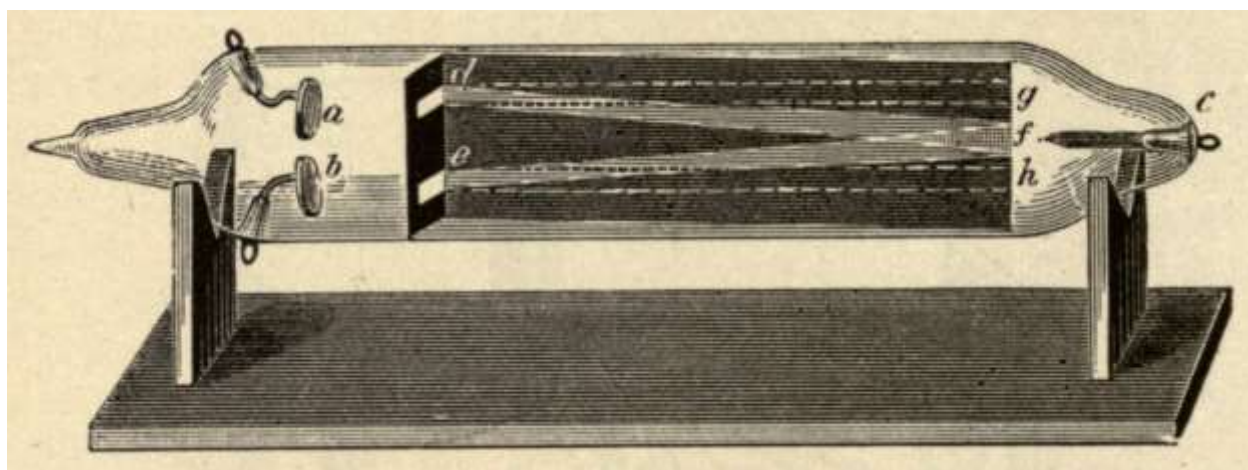


Рис. 18.

Если потоки Лучистой Материи несут электрический ток, они будут действовать подобно двум параллельным проводящим проводам и притягивать друг друга; но, если они просто состоят из отрицательно электрифицированных молекул, они будут отталкивать друг друга.

Сначала я соединю верхний отрицательный полюс (*a*) с катушкой, и вы увидите луч, стреляющий по линии *d, f*. Теперь я ввожу в игру нижний отрицательный полюс (*h*), и

другая линия (e, h) проходит вдоль экрана. Но обратите внимание, как ведет себя первая линия; она прыгает вверх из своей первой позиции, $d f$, в $d g$, показывая, что она отталкивается, и, если бы позволило время, я мог показать вам, что нижний луч также отклоняется от своего нормального направления: поэтому два параллельных потока Лучистой Материи вызывают взаимное отталкивание действуя не как носители тока, а как электрифицированные тела.

Лучистая Материя производит тепло, когда её движение прекращается.

Во время этих экспериментов проявилось еще одно свойство Лучистой Материи, хотя я еще не обращал на это внимание. Стекло становится очень теплым там, где зеленая фосфоресценция сильнее всего. Молекулярный фокус на трубке, который мы видели ранее вечером (рис. 8), интенсивно нагревается, и я подготовил аппарат, с помощью которого это тепло в фокусе может быть сделано очевидным для всех присутствующих.

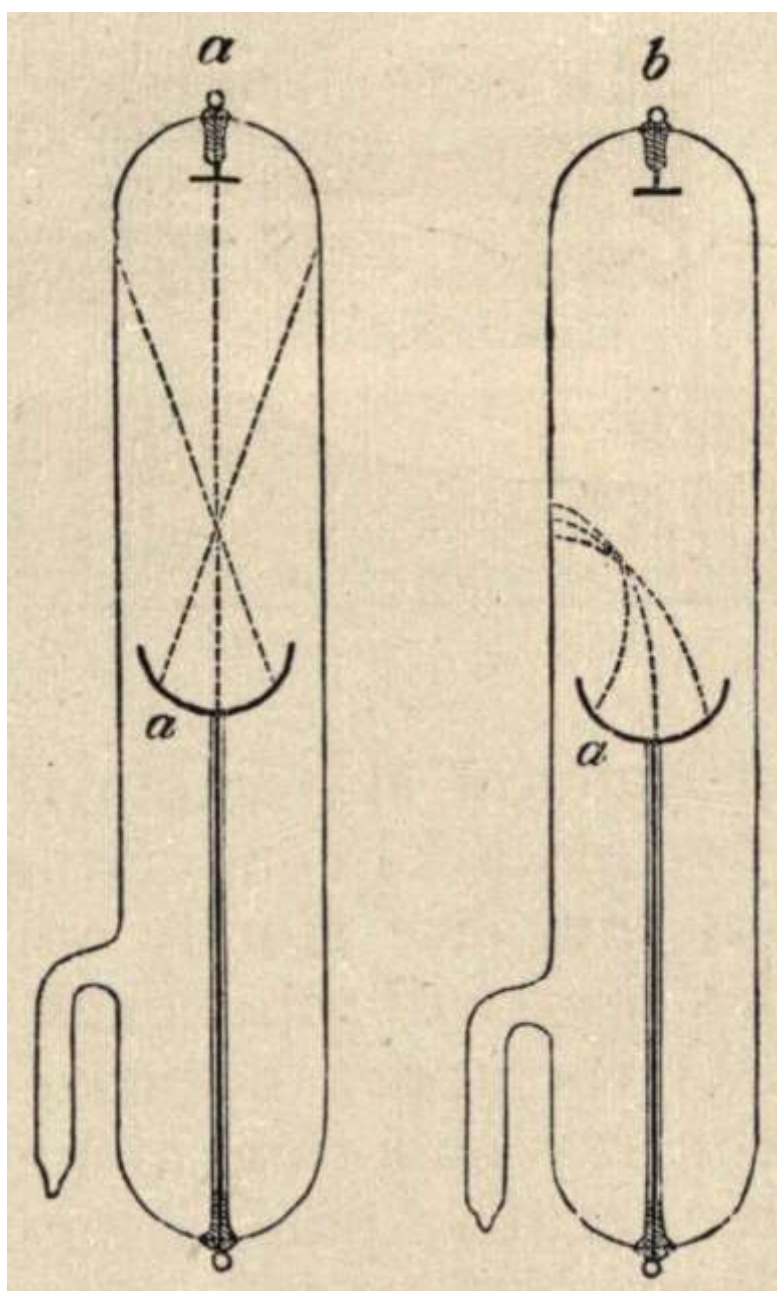


Рис. 19.

У меня есть небольшая трубка (рис. 19, а) с чашеобразным отрицательным полюсом. Эта чашка проецирует лучи на фокус в середине трубки. На боковой стороне трубки находится маленький электромагнит, который я могу включить, прикоснувшись к кнопке, и тогда фокус притягивается к боковой стороне стеклянной трубки (рис. 19, б). Чтобы показать первое действие тепла, я покрыл трубку воском. Я поставлю аппарат перед электрическим фонарем (рис. 20, г) и спроецирую увеличенное изображение трубки на экран. Катушка теперь в работе, и фокус молекулярных лучей проецируется вдоль трубки. Я включаю магнетизм и притягиваю фокус к краю стекла. Первое, что вы видите, это маленькое круглое пятно, расплавленное в восковом покрытии. Вскоре стекло начинает разрушаться, и микротрещины разбегаются из центра в виде звезды. Стекло размягчается. Атмосферное давление внутри увеличивается, и теперь оно плавится. Появляется дырка (*e*) в середине, врывается воздух внутрь, и эксперимент заканчивается.

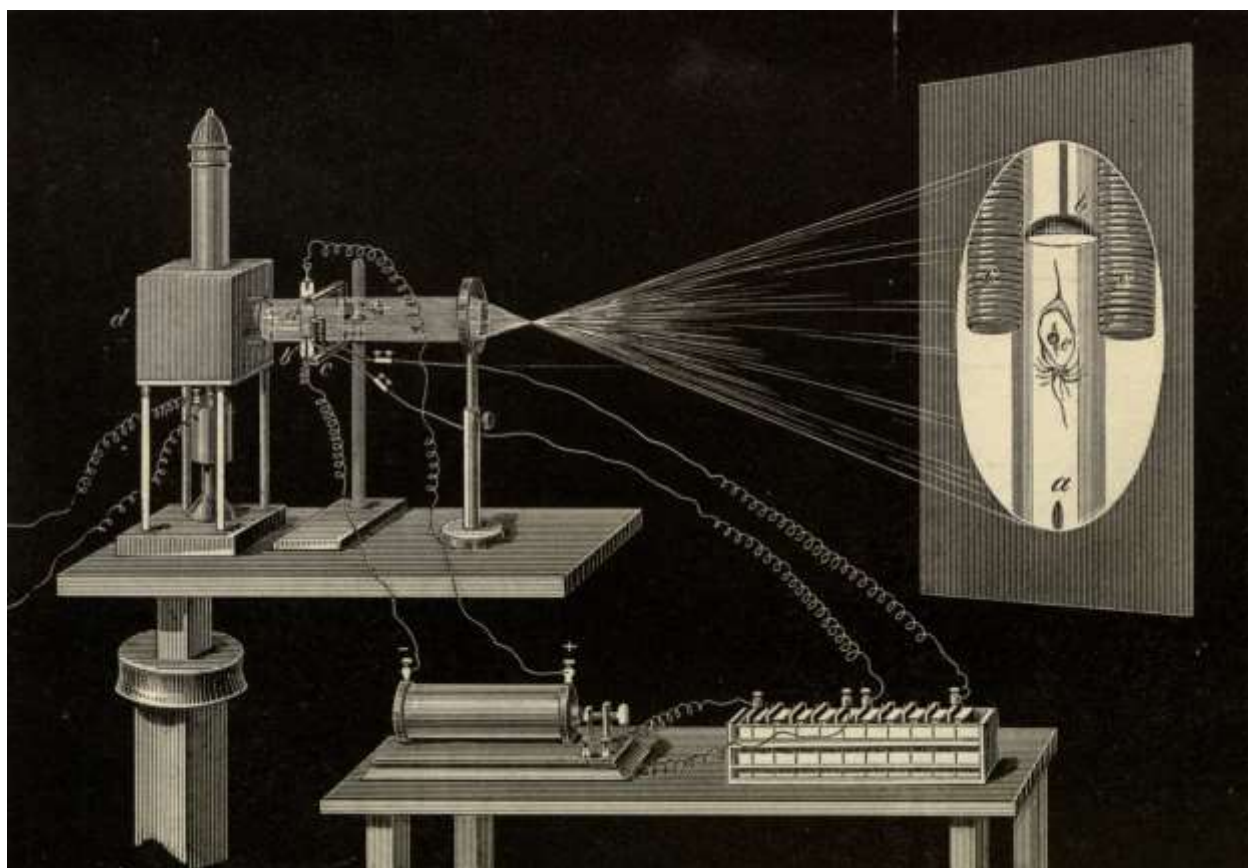


Рис. 20.

Я могу сделать это очаг более ярким, если позволю ему играть на куске металла. Эта колба (рис. 21) снабжена отрицательным полюсом в виде чашки (*a*). Поэтому лучи будут проецироваться в фокус на платино-иридиевый кусочек (*b*), поддерживаемый в центре колбы.

Сначала я слегка включаю индукционную катушку, не выводя её на полную мощность. Фокус теперь играет на металле, доводя его до белого каления. Я подношу поближе небольшой магнит, и вы видите, что я могу отклонить фокус тепла точно так же, как сделал это со светящимся фокусом в другой трубке. Сдвигая магнит, я могу перемещать фокус вверх и вниз или полностью оттягивать его от металла, оставляя его несветящимся. Я убираю магнит и позволяю молекулам снова играть в полную силу; металл теперь раскален. Я увеличиваю интенсивность искры. Платино-иридиевый кусочек светится с почти невыносимым блеском и, наконец, плавится.

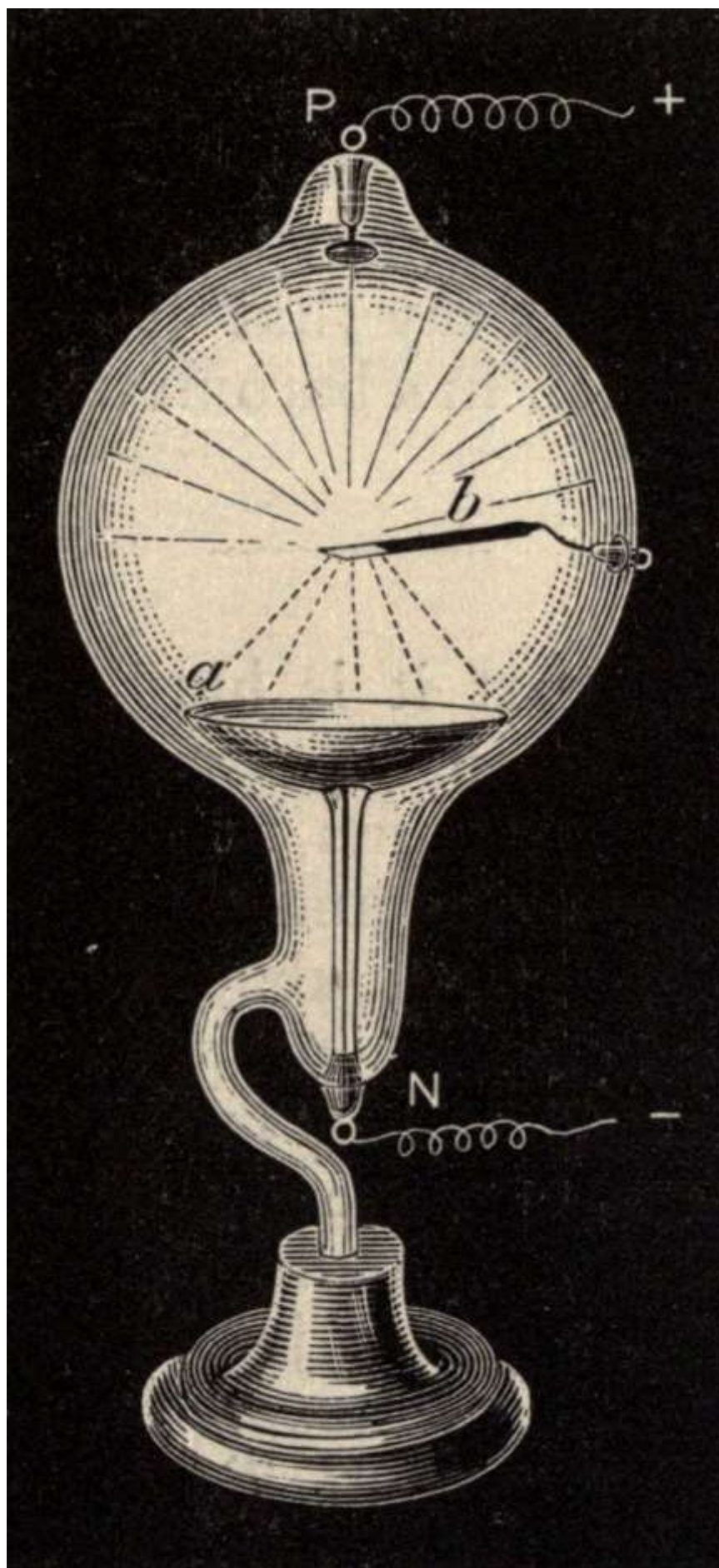


Рис. 21.

Химия Лучистой Материи.

Как и следовало ожидать, трудно различить химические различия между одним видом лучистой материи и другим при столь сильном вакуумировании. Физические свойства, которые я выяснил, выглядят общими для всей материи при такой низкой плотности. Независимо от того, является ли первоначально исследуемый газ водородом, углекислым газом или атмосферным воздухом, явления фосфоресценции, теней, магнитного отклонения, и т. д., идентичны, только они начинаются при различных давлениях. Другие факты, однако, показывают, что при такой низкой плотности молекулы сохраняют свои химические характеристики. Таким образом, вводя внутрь трубок соответствующие поглотители остаточного газа, я могу видеть, что химическая аттрактивность продолжается еще долго после того, как поглощение достигло наилучшей стадии для демонстрации явлений, которые сейчас иллюстрируются, и я могу таким образом довести вакуумирование до более высокой степени, чем я могу получить, простым откачиванием. Работая с водяным паром, я могу использовать фосфорный ангидрид в качестве абсорбента; с углекислым газом, калием; с водородом, палладием; и с кислородом, углеродом, а затем с калием. Самый высокий вакуум, который мне удалось получить, был 1-20 000 000 тысячная атмосферы, степень, которая может быть лучше понята, если я скажу, что это соответствует примерно сотой доле дюйма в барометрическом столбе высотой три мили.

Можно возразить, что вряд ли логично придавать первостепенное значение присутствию *Материи*, когда я приложил огромные усилия, чтобы удалить как можно больше Материи из этих колбочек и этих трубок, и преуспел до такой степени, что оставил в них только одну миллионную часть атмосферы. При обычном давлении атмосфера не очень плотная, и ее признание в качестве составной части мира Материи является вполне современным шагом. Казалось бы, при делении на миллион останется так мало Материи, что мы можем с полным основанием пренебречь пустяковыми остатками и применить термин *вакуум* к пространству, из которого воздух был почти полностью удален. Однако сделать это было бы большой ошибкой, приписываемой нашим ограниченными способностям, не способным охватить большие числа. Обычно считается само собой разумеющимся, что, когда число делится на миллион, частное число обязательно должно быть маленьким, тогда как исходное число может оказаться настолько велико, что его деление на миллион, кажется, не производит на него большого впечатления. По мнению лучших авторитетов, колба размером с одну из тех, что перед вами (13,5 сантиметров в диаметре) содержит более 1 000000 000000 000000 000000 (квадриллиона) молекул. Теперь, когда откачено до миллионной доли атмосферы у нас в колбе все еще останется триллион молекул - это число вполне достаточное, чтобы я мог говорить об остатке как о *Материи*.

Чтобы дать некоторое представление об этом огромном количестве, я беру вакуумированную колбу и перфорирую ее искрой из индукционной катушки. Искра создает весьма микроскопическое отверстие, но достаточное для проникновения внутрь молекул и разрушения вакуума. Поступающий воздух ударяется о лопасти и заставляет их вращаться по образцу ветряной мельницы. Предположим, что молекулы имеют такой размер, что каждую секунду могут войти сотни миллионов. Сколько времени, как вы думаете, потребуется, чтобы этот маленький сосуд наполнился воздухом? Час? День? Год? Век? Нет, почти вечность! Время такое огромное, что само воображение не может охватить реальность. Предположим, что эта вакуумированная стеклянная колба, наделенная

неуничтожимостью, была проколота при рождении Солнечной системы; предполагая, что она присутствовала, когда земля была бесформенной и пустой; предположим, что она была свидетелем всех колоссальных изменений, произошедших в течение полных циклов геологического времени, видела появление первого живого существа и исчезновение последнего человека; предположим, что она выжила до исполнения предсказания математиков о том, что Солнце, источник энергии, через четыре миллиона веков от своего образования, в конечном итоге превратится в выжженный пепел⁵; Предположим, что все это - при скорости наполнения, которую я только что описал, 100 миллионов молекул в секунду - даже тогда эта маленькая колбочка едва ли впустила бы полный квадриллион молекул⁶.

Но что вы скажете, если я скажу вам, что все эти молекулы, этот квадриллион молекул, проникнет через микроскопическую дыру, прежде чем вы покинете эту комнату? Эта дыра не изменилась в размере, число молекул не уменьшилось, этот явный парадокс можно объяснить, только если опять же предположить, что размер молекул является уменьшенным почти бесконечно - так что вместо проникновения со скоростью 100 миллионов молекул каждую секунду, они десантируются со скоростью около 300 триллионов в секунду. Я подсчитал сумму, но числа, когда они поднимаются так высоко, перестают иметь какое-либо значение, и такие вычисления так же бесполезны, как и попытки сосчитать капли в океане.

Изучая это Четвертое состояние Материи, мы, по-видимому, довольно долго имеем в своем распоряжении и подчиняем нашему контролю маленькие неделимые частицы, которые с большим предполагаемым основанием составляют физическую основу вселенной. Мы видели, что в некоторых своих свойствах Лучистая Материя является такой же материальной, как этот стол, в то время как в других свойствах она практически принимает характер Лучистой Энергии. Мы фактически коснулись пограничной зоны, где Материя и Сила, кажется, сливаются друг с другом, темная область между Известным и Неизвестным, которая для меня всегда имела особые искушения. Я рискну предположить, что величайшие научные проблемы будущего найдут свое решение в этой пограничной зоне и даже за ее пределами; здесь, как мне кажется, лежат Высшие Реальности, тонкие, далеко идущие, чудесные.

«Но все это было, когда ни один Человек не знал о них,
И все же, от мудрейших Веков скрыто было;
И позже Времена больше неизвестных вещей покажут.
Почему же тогда глупый Человек так много ошибается,
Будто нет ничего, кроме того, что он видел?»

=====

⁵ Различные авторитеты по-разному оценивали возможную продолжительность Солнца от образования до исчезновения - от 18 до 400 миллионов лет. Для этой иллюстрации я взял самую высокую оценку.

⁶ По словам мистера Джонстона Стоуни (Phil. Mag., vol. 36. p. 141), 1 кубический сантиметр воздуха содержит около 1000 000000 000000 000000 молекул. Поэтому колба 13,5 сантиметров в диаметре содержит 13,53 x 0,5236 x 1000 000000 000000 000000 или 1 288252 350000 000000 000000 молекул воздуха при обычном давлении. Поэтому колба, вакуумированная до миллионной доли атмосферы, содержит 1 288252 350000 000000 молекул, оставляя 1 288251 061747 650000 000000 молекул для проникновения через перфорацию. При скорости 100 000000 молекул в секунду время, необходимое для их вхождения, составит

12882 510617 476500 секунд или
214 708510 291275 минут или
3 578475 171521 часов или
149103 132147 дней или
408 501731 лет.