

## Ш. Кулон

1736—1806

### О фундаментальном законе электростатики

Вопрос о том, как взаимодействуют наэлектризованные тела, интересовал ученых издавна: эффект притяжения легких предметов натертым янтарем был известен еще в эпоху античности. Однако лишь после создания механики Ньютона этот вопрос приобрел определенность и была поставлена задача определения зависимости силы электростатического взаимодействия от расстояния. Понятно, что многие естествоиспытатели XVIII в., занимавшиеся проблемами электричества, задумывались об аналогии между электрическими силами и силами всемирного тяготения. На этой аналогии основывалось предположение о том, что «закон электрической силы» есть закон «обратных квадратов». Правда, доказать справедливость этого предположения оказалось не так просто. Это объяснялось, во-первых, особенностями явлений электростатики, отличающими их от эффектов тяготения, а во-вторых, относительно низким уровнем развития количественного физического эксперимента. Лишь в 1785 г. были представлены убедительные экспериментальные доказательства того, что сила, действующая между неподвижными «элементарными» (т. е. точечными) зарядами, обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Честь обоснования этого закона принадлежит выдающемуся французскому инженеру и физiku Кулону.

**Ш**арль Огюстен Кулон родился 14 июля 1736 г. во французском городе Ангулеме в семье чиновника. Он закончил военно-инженерную школу в Мезьере — одном из лучших высших технических учебных заведений того времени. После окончания учебы в течение ряда лет Кулон служил на Мартинике, где руководил строительством крупного форта. После возвращения на родину он продолжал исполнять обязанности офицера военно-инженерного корпуса, однако постепенно все больше времени уделял научным исследованиям. Первая же научная работа Кулона, начатая еще на Мартинике, «О приложении правил максимумов и минимумов к некоторым проблемам статики, относящимся к архитектуре» принесла автору известность. Многие методы решения задач строительной механики, предложенные Кулоном, явились основой прогресса этой отрасли знаний в XVIII—XIX вв.

Кулон был одним из первых ученых, сочетавших в своих исследованиях высокий уровень экспериментов с ориентацией на практические проблемы. Ярким примером такого сочетания является работа Кулона, посвященная внешнему (сухому) трению и составившая целую эпоху в изучении этого сложного физического явления. На основе простых, но весьма убедительных опытов ученый изучил зависимости силы трения покоя и силы трения скольжения от множества факторов (нормального давления, площади и длительности контакта тел, состояния их поверхностей, относительной скорости движения и т. д.). Особенно важно подчеркнуть, что опыты Кулона по сухому трению были полномасштабными, т. е. проводились при условиях, близких к реализующимся на практике, что позволяло использовать их результаты для решения технических задач. Важнейшим результатом работы Кулона было подтверждение в широком диапазоне нагрузок пропорциональности силы трения скольжения  $F_{тр}$  и силы нормального давления  $F_n$ , действующей между трущимися поверхностями, о которой писал Г. Амонтон еще в 1699 г. Закон  $F_{тр} = \mu F_n$ , где  $\mu$  — коэффициент трения, часто называют законом Амонтона—Кулона.

За работу по внешнему трению в 1781 г. Кулон получил премию Парижской Академии наук. В этом же году он был избран членом этой академии и переехал в Париж. С этого времени научная работа становится в жизни Кулона основной. В 80-е годы Кулон провел исследование кручения тонких металлических нитей, на основе которого он построил знаменитые крутильные весы — прибор для измерения малых сил, обладавший уникальной для XVIII в. чувствительностью.

Крутильные весы стали основным прибором в цикле работ Кулона по электричеству и магнетизму (1785—1789). В этом цикле, состоявшем из семи мемуаров, были установлены важнейшие количественные закономерности электро- и магнитостатики.

Вследствие событий революции 1789 г. ученый был вынужден прервать исследования и покинуть Париж. После возвращения Кулона в столицу и избрания его членом Института Франции, заменившего Королевскую Академию, исследовательская деятельность ученого заметно ослабла, хотя им была выполнена важная работа по изучению вязкого трения. В последние годы жизни Кулон много занимался вопросами совершенствования народного образования во Франции. Умер Кулон в Париже 28 августа 1806 г.

Попытки экспериментального определения «закона электрической силы» предпринимались с середины XVIII в., однако до Кулона все они оказались неудачными, поскольку не проводилось различие между пондеромоторными силами, возникающими между заряженными телами произвольных размеров, и силами, действующими между «элементарными» (точечными) зарядами. Правда, английскому ученому Г. Кавендишу с помощью метода

сферического конденсатора (около 1773 г.) удалось показать, что закон взаимодействия электрических зарядов есть действительно закон «обратных квадратов», однако результаты его исследований не были опубликованы и никак не повлияли на работу Кулона. Следует отметить, что метод Кавендиша не позволял ввести единицу электрического заряда. Метод Кулона, основанный на непосредственном анализе сил взаимодействия заряженных тел малых размеров, позволил это сделать, поэтому опыты французского ученого имели особое значение для развития науки об электричестве.

**Первый мемуар  
по электричеству и магнетизму.  
Конструкция и применение  
электрических весов, основанных  
на свойстве металлических нитей  
иметь силу реакции  
при кручении, пропорциональную  
углу кручения**

---

Экспериментальное определение закона,  
следуя которому взаимно отталкиваются  
части тел, наэлектризованных  
электричеством одного рода

В Мемуаре<sup>1</sup>, представленном в академию в 1784 г., я на основе эксперимента определил закон для силы кручения металлической нити и обнаружил, что эта сила равна произведению угла кручения на диаметр нити подвеса в четвертой степени и ее обратной длине, умноженной на постоянный коэффициент, зависящий от природы металла, который легко определить на опыте.

В том же Мемуаре я показал, что с помощью этой силы кручения можно с большой точностью измерять очень незначительные силы, как, например, одну десятиmillionную грана. Там же я дал первое приложение этой теории, стремясь оценить постоянную силу, приписываемую сцеплению, в формуле, которая выражает трение поверхности твердых тел, движущихся в жидкости.

Сегодня я представляю перед академией электрические весы, сконструированные согласно тем же принципам. Они с наивысшей точностью измеряют состояние и электрическую силу тела, настолько слабую, насколько слабым должен быть градус электричества.

**Конструкция весов.** Хотя практика показала мне, что для выполнения некоторых электрических опытов в удобной форме необходимо исправить несколько ошибок в первых изготовленных мною весах подобного рода, однако до сих пор я пользовался только ими и поэтому дам их описание, предупреждая, что их

форма и величина могут и должны меняться, следуя природе экспериментов, которые намереваются провести. Первый рисунок дает общий вид этих весов, детали которых таковы.

На стеклянном цилиндре *ABCD* [рис. 66, *а*] 12 дюймов в диаметре и 12 дюймов высотой устанавливалась стеклянная пластина диаметром 13 дюймов, полностью закрывавшая стеклянный сосуд. В этой пластине просверлены два отверстия диаметром почти в 20 линий, одно — в центре, в *f*, и над ним возвышается стеклянная трубка высотой 24 дюйма. Эта трубка закреплена в отверстии клеем, используемым в электрических приборах. На вершине трубки в *h* помещен

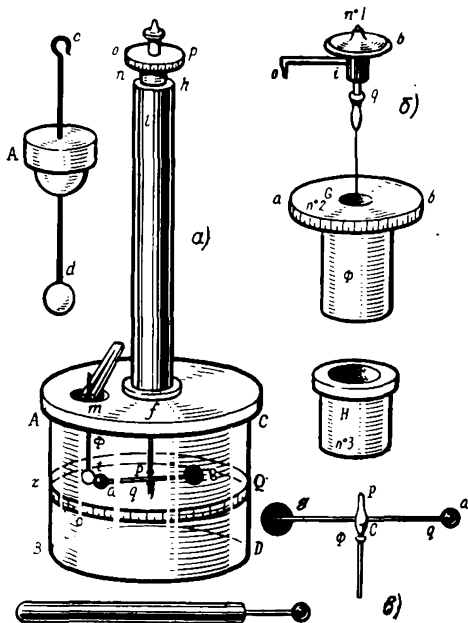


Рис. 66

крутильный микрометр, который в деталях виден на рисунке [рис. 66, *б*]. Верхняя часть прибора имеет головку *b*, указатель *oi* и зажим для подвеса *q*. Этот зажим входит в отверстие *G*, образованное ободом *ab*, поле которого разделено на 360 градусов, и медной трубкой, которая входит в трубку *H*, припаянную изнутри к верхнему концу стеклянной трубки, или штока *fh* [рис. 66, *а*]. Зажим [рис. 66, *б*] имеет форму, близкую к форме рейсфедера, и может затягиваться с помощью ушка *q*. Именно рейсфедером и сжимается конец очень тонкой серебряной нити. Другой ее конец [рис. 66, *в*] зажат в *p* с помощью медного или железного стержня диаметром всего в одну линию, конец которого расщеплен и образует зажим, сжимающийся посредством подвижного кольца  $\Phi$ . Этот маленький стержень утолщается в *c*, где он просверлен для того, чтобы пропустить иглу *ag* [рис. 66, *в*]. Этот стержень должен иметь вес, достаточный, чтобы натягивать серебряную нить, не разрывая ее. Игла *ag* подвешивается горизонтально почти на середине высоты большого сосуда, который окружает ее. Она образована либо шелковой нитью, натертой испанским воском, либо соломинкой, также натертой испанским воском, и заканчивается на протяжении от *q* до *a*, на 18 линий, цилиндрической нитью из шеллака<sup>2</sup>; на конце этой иглы *a* имеется маленький бузиновый шарик, от двух до трех линий в диаметре. В *g* расположен маленький вертикальный

пропитанный скипидаром кусочек бумаги, который служит противовесом шарика  $a$  и замедляет колебания.

Мы уже говорили, что в крышке  $AC$  просверлено второе отверстие  $m$ . Именно в это отверстие вводится маленький цилиндр  $m\Phi t$ , средняя часть  $\Phi t$  которого сделана из шеллака. В  $t$  находится шарик, также сделанный из бузины. Вокруг сосуда на высоте иглы описана окружность  $zQ$ , разделенная на  $360^\circ$ .

Для большей простоты я пользовался бумажной лентой, разделенной на  $360^\circ$ , которой обклеивал сосуд на высоте иглы.

Чтобы начать работать с этим прибором, я поступал примерно так: располагал крышку таким образом, чтобы отверстие  $m$  отвечало начальному делению или точке  $o$  шкалы  $zQ$ , прочерченной на сосуде. Я устанавливал указатель микрометра  $oi$  в точку  $o$ , или на начальное деление этого микрометра; затем я заставлял весь микрометр поворачиваться в вертикальной трубке  $fh$  до тех пор, пока игла  $ag$  не оказывалась отвечающей начальному делению круга  $zQ$ , если смотреть на вертикальную нить, на которой подвешена игла, и центр шарика. Затем через отверстие  $m$  я вводил другой шарик  $t$ , подвешенный на цилиндре  $m\Phi t$ , так, чтобы он коснулся шарика  $a$  и чтобы при взгляде через центр нити подвеса и шарик  $t$  последний отвечал начальному делению круга  $zQ$ . Теперь весы готовы ко всем операциям. Мы приведем в качестве примера способ, использованный нами для установления фундаментального закона, согласно которому отталкиваются наэлектризованные тела.

**Фундаментальный закон электричества.** Отталкивающая сила двух маленьких шариков, наэлектризованных электричеством одного рода, обратно пропорциональна квадрату расстояния между центрами двух шариков.

**Эксперимент.** Электризуется маленький проводник, представляющий собой булавку с большой головкой, которая изолирована путем втыкания ее острия в конец палочки из испанского воска. Эта булавка вводится в отверстие  $m$  и ею касаются шарика  $t$ , находящегося в контакте с шариком  $a$ . После удаления булавки два шарика оказываются заряженными электричеством одного и того же рода и расходятся на расстояние, которое измеряется с помощью шкалы  $zQ$  по направлению на нить подвеса и центр шарика  $a$ . Поворачивая затем указатель микрометра в направлении  $rho$ , закручивают нить подвеса  $lp$  и создают силу, пропорциональную углу кручения, которая стремится приблизить шарик  $a$  к шарiku  $t$ . Таким способом наблюдают расстояние, на которое при разных углах закручивания шарик  $a$  продвигается к шарiku  $t$ . Сравнивая силы кручения с соответствующими расстояниями между двумя шариками, определяют закон отталкивания.

Я привожу здесь только несколько измерений, которые легко повторить и которые тут же делают зримым закон отталкивания.

*Первый опыт.* При электризации двух шариков с помощью

головки булавки, когда указатель микрометра установлен на  $o$ , шарик иглы  $a$  удалится от шарика  $t$  на  $36^\circ$ .

*Второй опыт.* При закручивании нити подвеса посредством головки микрометра на  $126^\circ$  два шарика сблизились и остановились на расстоянии  $18^\circ$  один от другого.

*Третий опыт.* При закручивании нити подвеса на  $567^\circ$  два шарика сблизились до  $8,5^\circ$ .

**Объяснение результатов этого эксперимента.** Когда шарики еще не наэлектризованы, они касаются друг друга и центр шарика  $a$ , подвешенного на игле, удален от той точки, где кручение нити подвеса равно нулю, лишь на половину диаметра двух шариков. Следует предупредить, что серебряная нить  $lp$ , которая образует подвес, имеет длину 28 дюймов и эта нить настолько тонка, что фут длины этой нити весит всего  $\frac{1}{16}$  грана. Рассчитывая силу, с которой следует подействовать [на коромысло] в точке  $a$ , удаленной на 4 дюйма от нити  $lp$ , или от центра подвеса, чтобы закрутить эту нить, я нашел по формулам, объясненным в Мемуаре о законе силы кручения металлических нитей в томе Академии за 1784 г., что для закручивания этой нити на  $360^\circ$  необходимо приложить в точке  $a$ , действуя плечом  $ap$  в четыре дюйма, силу всего лишь  $\frac{1}{340}$  грана. Поскольку силы кручения, как доказано в Мемуаре, меняются как углы кручения, малейшая отталкивающая сила между двумя шариками заметно удаляет их один от другого.

В нашем первом опыте, когда указатель микрометра стоял на точке  $o$ , мы нашли, что шарики удалились на  $36^\circ$ , что создало в то же время силу кручения  $36^\circ = \frac{1}{3400}$  грана.

Во втором опыте расстояние между шариками равно  $18^\circ$ , но, поскольку микрометр закручен на  $126^\circ$ , в результате для расстояния  $18^\circ$  сила отталкивания была  $144^\circ$ . Таким образом, на середине первого расстояния отталкивание шариков учетверилось.

В третьем опыте нить подвеса закрутили на  $567^\circ$  и шарики находились на удалении всего только  $8,5^\circ$ . Общее закручивание, следовательно,  $576^\circ$ , т. е. равно учетверенному закручиванию во втором опыте. Отсюда следует, что в третьем опыте расстояние между шариками всего лишь на полградуса меньше половины расстояния второго опыта. Значит, из этих трех опытов вытекает, что отталкивание, с которым два шарика, наэлектризованные электричеством одного рода, действуют друг на друга, обратно пропорционально квадратам расстояний.

**Замечание первое.** При повторении описанных выше опытов обнаружится, что, используя серебряную нить, столь же тонкую, как и применявшаяся нами, которая дает для силы кручения при угле  $5^\circ$  только 24 миллионных грана при спокойном воздухе и при соблюдении некоторых предосторожностей, можно устано-

вить иглу в естественное положение, где кручение равно нулю, только с точностью от  $2$  до  $3^\circ$ . Следовательно, чтобы сравнить первый опыт со следующими, необходимо после электризации двух шариков закрутить нить подвеса на угол от  $30$  до  $40^\circ$ , что вместе с наблюдаемым расстоянием между двумя шариками даст достаточно значительную силу кручения, при которой неопределенность начального положения иглы в  $2$  или  $3^\circ$ , когда кручение равно нулю, не внесет в результаты ощутимой ошибки. <...>

**Замечание второе.** Электричество на двух шариках немного уменьшается в зависимости от времени, которое длится эксперимент. Я проверил, что в тот день, когда был проведен описанный выше опыт, наэлектризованные шарики, находившиеся вследствие взаимного отталкивания на расстоянии  $30^\circ$  один от другого при угле кручения  $50^\circ$ , сближались на  $1^\circ$  за  $3'$ . Но поскольку мне требовалось только  $2'$ , чтобы провести три опыта, описанные выше, в этих экспериментах можно пренебречь ошибкой, происходящей из-за потери электричества. <...>

**Замечание третье.** Расстояние между двумя шариками, когда они удалены друг от друга действием взаимного отталкивания, измеряется в точности не углом, который они образуют, а хордой дуги, которая соединяет их центры. Также и плечо в крайнем положении, где проявляется действие, измеряется не половиной длины иглы, или радиусом, а косинусом половины угла, образованного расстоянием между двумя шариками. Это две величины, одна из которых меньше дуги и, следовательно, уменьшает расстояние, измеряемое дугой, в то время как вторая уменьшает плечо и до некоторой степени компенсирует первую. В опытах такого рода, которыми мы занимаемся, без значительной ошибки можно сохранить данную нами оценку, если расстояние между двумя шариками не превосходит  $25$ — $30^\circ$ . В других случаях расчет следует проводить строго. <...>

**Второй мемуар  
по электричеству и магнетизму,  
где определяется,  
следуя каким законам  
действует магнитная жидкость,  
так же как и жидкость  
электрическая,  
либо при отталкивании,  
либо при притяжении**

---

<...> Но когда я хотел воспользоваться тем же способом, чтобы определить силу притяжения двух шариков, заряженных электричеством разного рода, то, пользуясь теми же весами, что служили для измерения отталкивания двух шариков, я встретил-

ся на практике с неудобством, которого не было при измерении отталкивания. Практическая трудность состояла в том, что, когда два шарика, притягиваясь, сближаются, сила притяжения, которая, как мы скоро увидим, обратно пропорциональна квадрату расстояния, часто меняется в большем отношении, чем сила кручения, пропорциональная просто углу кручения. Лишь после неудач многих опытов притягивающимся шарикам стали мешать касаться друг друга в крайних положениях с помощью установки идеозлектрической преграды движению иглы. Но поскольку наши весы предназначены для измерения действий, меньших миллионной доли грана, сцепление иглы с этим препятствием портит результаты и требует касаний, во время которых часть электричества теряется. <...>

---

**Второй экспериментальный метод  
для определения закона,  
следуя которому шар диаметром в один  
или два фута притягивает маленькое  
тело, наэлектризованное  
электричеством другого рода,  
чем его собственное**

Метод, которому мы собираемся следовать, аналогичен тому, который был применен в седьмом томе *Savants Etrangers*<sup>3</sup> для определения магнитной силы стальной пластинки в зависимости от ее длины, ширины и толщины. Он состоит в подвешивании горизонтально иглы, у которой наэлектризован только конец и которая, находясь на неопределенном расстоянии от шара, наэлектризованного электричеством другого рода, притягивается и колеблется под действием этого шара. По числу колебаний за данное время путем расчета определяют силу притяжения на разных расстояниях как силу гравитации по колебаниям обычного маятника.

Вот несколько замечаний, которыми мы руководствовались в последующих экспериментах. Шелковая нить, какую вытягивают из кокона, способная выдерживать без разрыва до 80 гранов, имеет такую податливость к кручению, что если на сходную нить длиной 3 дюйма подвесить в пустоте горизонтально маленькую круглую пластинку, вес и диаметр которой известны, то по времени колебаний маленькой пластинки согласно формулам, разъясненным в Мемуаре о силе кручения, напечатанном в томе Академии за 1784 г., найдем, что при действии с плечом от 7 до 8 линий для закручивания шелка вокруг его оси подвеса на полный оборот чаще всего требуется приложить силу лишь в одну шестидесятимиллионную грана. Если нить подвеса имеет удвоенную длину, или 6 дюймов, то требуется только одна стодвадцатимиллионная грана. Тогда, подвешивая на этом шелке гори-



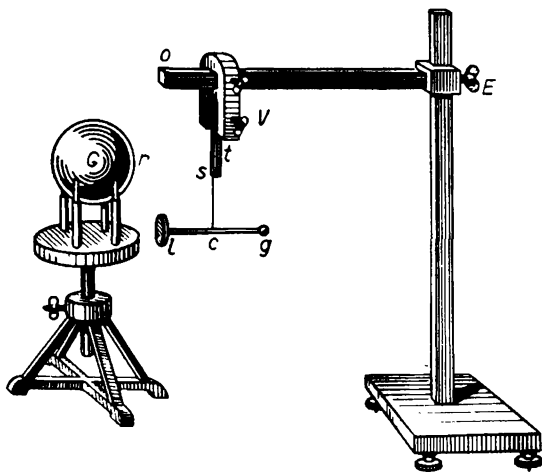


Рис. 67

зонтально иглу, дождемся, когда она достигнет состояния покоя или того, что шелк будет совершенно не закручен. Если после этого под действием какой-либо силы иглу заставить совершать колебания, амплитуда которых будет составлять не более чем  $20-30^\circ$  от линии, где кручение равно нулю; то сила кручения может влиять на длительность колебаний лишь не-

ощутимым образом, даже тогда, когда сила, создающая колебания, составляет лишь сотую часть грана. После того как это положение изложено, его нужно применить для определения закона электрического притяжения следующим образом.

Иглу  $lg$  [рис. 67] из шеллака подвешивают на шелковой нити  $sc$  длиной от 7 до 8 дюймов, состоящей из одного волоска, какой вытягивают из кокона. На конце  $l$  иглы перпендикулярно ей укрепляют маленький кружок диаметром от 8 до 10 линий, очень легкий, вырезанный из кусочка позолоченной бумаги. Шелковая нить привязывается в  $s$  к нижнему концу маленькой палочки  $st$ , высушенной в печи и натертой шеллаком или испанским воском. Эта палочка удерживается в  $t$  с помощью подвижной стойки с зажимом, которая скользит вдоль направляющей  $oE$  и фиксируется по желанию с помощью винта  $V$ .

На рисунке  $G$  — это шар из меди или картона, покрытого оловом, поддерживаемый четырьмя стеклянными опорами, натертыми испанским воском, над каждой из которых для обеспечения лучшей изоляции возвышается палочка из испанского воска от 3 до 4 дюймов длиной. Эти четыре опоры своими нижними концами вставлены в диск, помещенный на небольшую плиту на ползуне, который может, как это видно из рисунка, устанавливаться на высоте, наиболее удобной для опыта. Направляющая  $EO$  также может с помощью винта  $E$  устанавливаться на подходящей высоте.

Когда все готово, шар  $G$  устанавливается так, что его горизонтальный диаметр  $Gr$  направлен на центр диска  $l$ , который удален [от шара] на несколько дюймов. С помощью лейденской банки шару сообщается электрическая искра, к диску подносят проводящее тело, и действие наэлектризованного шара на электрическую жидкость ненаэлектризованного диска сообщает по-

следнему электричество другого рода, чем на шаре: после удаления проводящего тела шар и диск притягивают друг друга.

**Эксперимент.** Шар  $G$  имеет диаметр 1 фут, диск  $l$  — 7 линий, игла из шеллака  $lg$  имеет длину 15 линий; нить подвеса  $sc$  была из шелка, вытягиваемого из кокона, длиной 8 линий. Когда подвижная стойка находилась в  $o$ , диск касался шара в  $r$  и по мере того, как стойка сдвигалась к  $E$ , диск удалялся от центра шара на 0, 3, 6, 9, 12 дюймов и шар наэлектризовывался электричеством, которое называется положительным, диск — отрицательным электричеством. С помощью описанной выше процедуры были получены такие результаты:

| Расстояние $d$ от диска до центра шара |           | 15 колебаний происходят за |
|--|-----------|----------------------------|
| 1-й опыт                               | 9 дюймов  | 20"                        |
| 2-й опыт                               | 18 дюймов | 40"                        |
| 3-й опыт                               | 24 дюйма  | 60"                        |

**Объяснение результата этого эксперимента.** Когда все точки сферической поверхности действуют с притягивающей или отталкивающей силой, обратно пропорциональной квадрату расстояний, на точку, расположенную на некотором расстоянии от этой поверхности, то, как известно, это действие такое же, как если бы вся сферическая поверхность была сосредоточена в ее центре.

Поскольку в нашем эксперименте диск имел диаметр всего 7 линий, а в этих опытах наименьшее расстояние от него до центра шара составляло 9 дюймов, то без ощутимой ошибки можно считать все линии, которые идут от центра шара к точке диска, параллельными и равными. Следовательно, полное действие диска можно предположить сосредоточенным в его центре, как и действие шара. При малых колебаниях иглы действие, которое заставляет ее колебаться, будет величиной постоянной для данного расстояния и будет осуществляться по направлению, соединяющему два центра. Таким образом, если  $\phi$  — сила,  $T$  — время определенного числа колебаний, то получим  $T$  пропорциональным  $1/\sqrt{\phi}$ . Но если  $d$  — расстояние от центра шара до центра диска и сила притяжения обратно пропорциональна квадрату расстояний или  $1/d^2$ , то оказывается, что  $T$  пропорционально  $d$ , или расстоянию. Если, как в наших опытах, менять расстояние, то время одного и того же числа колебаний должно меняться как расстояние от центра диска до центра шара. Сравним эту теорию с экспериментом:

| Расстояние между центрами шаров |           | 15 колебаний происходят за |
|---------------------------------|-----------|----------------------------|
| 1-й опыт                        | 9 дюймов  | 20"                        |
| 2-й опыт                        | 18 дюймов | 41"                        |
| 3-й опыт                        | 24 дюйма  | 60"                        |

Расстояние здесь меняется как числа 3, 6, 8. Время одного и того же числа колебаний — как 20, 41, 60. Согласно теории, оно должно быть 20, 40, 54.

Таким образом, в этих трех опытах разница между теорией и экспериментом равна  $1/10$  для последнего опыта по отношению к первому и почти равна нулю для второго опыта по отношению к первому. Следует отметить, что потребовалось почти 4 мин, чтобы провести три опыта. Хотя в день эксперимента электричество удерживалось достаточно долго, тем не менее оно теряло  $1/40$  своего действия в минуту. В Мемуаре, следующем за тем, который я представляю сегодня, мы увидим, что, когда плотность электричества не слишком велика, электрическое действие двух наэлектризованных тел уменьшается за данное время в точности как электрическая плотность или как интенсивность действия. Так как наши опыты длились 4 мин, а электрическое действие уменьшалось на  $1/40$  за минуту, то от первого до последнего опыта действие, обусловленное интенсивностью плотности электричества, независимое от расстояния, должно было уменьшиться почти на одну десятую. Следовательно, чтобы получить исправленную длительность пятнадцати колебаний в последнем опыте, надо  $(\sqrt{10} : \sqrt{9}) \cdot 60''$ , и найденная величина, которая оказывается равной  $57''$ , отличается лишь на  $1/20$  от времени  $60''$ , определенного в эксперименте.

Таким образом, посредством метода, совершенно отличного от первого, мы пришли к сходному результату. Отсюда мы можем заключить, что взаимное притяжение электрической жидкости, называемой положительной, к электрической жидкости, называемой обыкновенно отрицательной, обратно пропорционально квадрату расстояний. <...>

---

### Комментарий

Перевод с французского отрывков из мемуаров Ш. Кулона выполнен С. Р. Филоновичем. Мемуары опубликованы в издании: *Mémoires de mathématique et de physique présentés à l'Académie Royale des Sciences, par divers savants, 1785 (publ. Paris, 1788), p. 569—611.*

- <sup>1</sup> Речь идет о мемуаре «Теоретические и экспериментальные исследования силы кручения и упругости металлических проволок».
- <sup>2</sup> Шеллак — воскообразное вещество, выделяемое тропическими насекомыми, хороший изолятор.
- <sup>3</sup> Имеется в виду мемуар Кулона «Исследование относительно наилучшего способа изготовления магнитных стрелок».

---

### Литература

- [1] Собрание сочинений Ш. Кулона: *Coulomb S.-A. Collection de mémoires relatifs à la physique. Paris, 1884.*
  - [2] *Gillmor C. S. Coulomb and the evolution of physics and engineering in 18th-century France. Princeton, 1971.*
  - [3] Филонович С. Р. Шарль Кулон. М., 1988.
-

**Голин Г. М., Филонович С. Р.**

Классики физической науки (с древнейших времен до начала XX в.): Справ. пособие. — М.: Высш. шк., 1989. — 576 с.: ил. ISBN 5-06-000058-3