

когда видѣли его паденіе, 14 марта 1881 года въ 3 ч. 35 м. пополудни.

Для теоріи солнца безразлично, какое изъ этихъ различныхъ соединеній матеріи было непосредственнымъ предшественникомъ его раскаленнаго добра состоянія, но я никогда не могу думать объ этихъ материальныx предшественникахъ, не вспоминая вопроса, поставленнаго мнѣ тридцать лѣтъ назадъ покойнымъ епископомъ Юингомъ, епископомъ Арджиля и Острововъ (of Argyll and Isles): «неужели вы воображаете, что кусокъ вещества былъ такимъ, какъ онъ есть, съ самаго начала; что онъ былъ созданъ такимъ, какъ онъ есть, или что онъ былъ такимъ, какъ онъ есть, до тѣхъ поръ, пока онъ не упалъ на землю?» Я сказалъ ему, что я считаю, что солнце образовалось изъ метеорныхъ камней, но онъ не могъ удовлетвориться, пока не узналъ бы или не могъ бы представить себѣ, изъ какого рода камней. Я могъ только согласиться съ нимъ, чувствуя невозможнымъ представить себѣ, что какой либо изъ такихъ метеоритовъ, какъ тѣ, которые находятся теперь передъ вами, былъ такимъ, какъ онъ есть, втечение всего времени, или что материали, изъ которыхъ составилось солнце, были подобны этому куску все время до тѣхъ поръ, пока они не соединились вмѣстѣ и не стали горячими. Навѣрное, эта камень имѣть полную приключений исторію, но я не буду злоупотреблять вашимъ терпѣніемъ попыткой именно теперь начертать ее предположительно. Я только скажу, что мы не можемъ не согласиться съ общимъ мнѣніемъ, которое смотрить на метеориты, какъ на осколки отъ большихъ массъ; и мы не можемъ быть удовлетворены, пока не попытаемся вообразить себѣ, что представляли собой предшественники этихъ массъ.

Электрическія измѣренія.

(Рѣчь, произнесенная 17 марта 1876 года передъ секціей механики на собранихъ, засѣдавшихъ по случаю специальной выставки коллекціи научныхъ приборовъ Лона [the Special Loan Collection of Scientific Apparatus] въ Саусъ-Кенсингтонскомъ музѣ, подъ предсѣдательствомъ д-ра К. В. Сименса).

Начало электрическихъ измѣреній представляютъ, по моему мнѣнію, измѣренія электростатическихъ силъ Робинсономъ въ Эдинбургѣ и Кулономъ въ Парижѣ. Великіе результаты, послѣдовавшіе изъ этихъ измѣреній, указываютъ, какъ важны точныя измѣренія для полнаго прогресса научныхъ знаній въ какой либо отрасли физики. Ученые, занимавшіеся раньше электричествомъ, просто описывали явленія,—притяженія и отталкиванія, сіянія и искры—и самымъ близкимъ приближеніемъ къ измѣренію, какое они дали намъ, была длина искры при извѣстныхъ обстоятельствахъ, причемъ другія обстоятельства, отъ которыхъ длина искры могла бы зависѣть, оставались неизмѣренными. Опытами Робинсона и Кулона было установленъ законъ электростатической силы, по которому два небольшихъ тѣла, наэлектризованныя каждое некоторымъ постояннымъ количествомъ электричества, действуютъ другъ на друга съ силой притягательной или отталкивателной, зависящей отъ того, будутъ ли ихъ электричества сходны или не сходны, и измѣняющейся обратно пропорціонально квадрату разстоянія, при измѣненіи разстоянія между этими двумя тѣлами.

Въ физикѣ, вообще, при измѣреніи прибѣгаютъ къ тому или другому изъ двухъ методовъ:—къ методу приведенія къ нулю или, какъ его называютъ, къ методу нуля; и къ методу

измѣренія нѣкотораго непрерывно измѣняющагося количества. Эта вторая отрасль измѣреній иллюстрировалась опытами Кулона и Робинсона, въ которыхъ опредѣлялся законъ, по которому электрическая сила измѣняется, когда разстояніе между тѣлами, оказывающими другъ на друга вліяніе, непрерывно измѣняется. Другой способъ измѣреній основывается на другомъ крайне важномъ явленіи, касающемся теоріи электричества,— а именно, исчезновеніи электрической силы во внутренности проводника. Оба способа измѣреній были примѣнены замѣчательнымъ образомъ на практикѣ Кэвендишемъ. Весьма интересный результатъ, который получится изъ Кэвендишевской лабораторіи въ Кэмбридже и изъ возникшихъ по поводу этого обстоятельства сношеній между профессоромъ Клеркомъ Максвеллемъ и щедрымъ основателемъ этого учрежденія, герцогомъ Девоншайрскимъ, заключается въ слѣдующемъ. Рукописи Кэвендыша, которые до сихъ поръ остаются въ этой семье, будучи въ настоящее время, насколько мнѣ известно, во владѣніи герцога Девоншайрского, переданы имъ въ руки профессора Клерка Максвелля для того, чтобы напечатать ихъ или полностью, или же сдѣлать изъ нихъ такія извлечения, которые могутъ оказаться интересными въ научномъ отношеніи въ наше время ¹⁾). Всѣ рукописи, безъ сомнѣнія,

¹⁾ Теперь онъ напечатаны типографіей Кэмбриджского университета въ 1879 году, отдельной книгой, подъ заглавиемъ: „The Electrical Researches of the Honourable Henry Cavendish, F. R. S., written between 1771 and 1781; edited from the original manuscripts in the possession of the Duke of Devonshire, K. G., by J. Clerk Maxwell, F. R. S.“ (Электрическія изслѣдованія Высокороднаго ²⁾ Генри Кэвендыша, члена королевскаго общества, написанныя между 1771 и 1781 годами; изданы съ оригиналъныхъ рукописей, находящихся во владѣніи герцога Девоншайрскаго, кавалера ордена Подвязки, Дж. Клеркомъ Максвеллемъ ³⁾, членомъ королевскаго общества).

(Прим. автора).

²⁾ The Honourable соответствуетъ нѣмецкому Wohlgeboren, русскому Его Высокородие.

(Прим. перев.).

³⁾ Очень интересны и важны примѣчанія Максвелля.

(Прим. перев.).

имѣли нѣкогда большой интересъ въ научномъ отношеніи. Большая часть этихъ рукописей, я думаю, окажется крайне интересной даже теперь, и изъ того, что я слышалъ нѣсколько дней тому назадъ отъ профессора Клерка Максвелля, когда онъ былъ здѣсь въ день открытия настоящаго собранія, я узналъ, что въ этихъ рукописяхъ окажется гораздо больше, чѣмъ могли вообразить, и что, въ частности, въ нихъ найдена цѣлая система электрическихъ измѣреній, выведенная изъ измѣреній электростатической емкости. Самая мысль объ измѣреяіи электростатической емкости определеннымъ научнымъ образомъ, какъ теперь обнаруживается, принадлежитъ Кэвендишу. Много лѣтъ тому насадъ, въ 1846 или 1847 году, когда Кэвендишевскія рукописи были въ рукахъ сэра Вил. Сно Гарриса, въ Плимутѣ, я самъ нашелъ одну бумагу.— изъ ящика, полнаго неразобранныхъ рукописей,— которая меня крайне поразила. Она содержала описание одного опыта и его результатъ,— измѣреніе электростатической емкости изолированного кругового диска. Это одинъ изъ случаевъ, въ которыхъ теорія, основанная Робинсономъ и Кулономъ и получившая дальнѣйшее развитіе въ рукахъ послѣдующихъ математиковъ, позволяла вычислить результатъ *à priori*, и я нашелъ, что результатъ совпадаетъ съ измѣреніемъ Кэвендыша, если память мнѣ не измѣняетъ, въ предѣлахъ половины процента. Упомянувъ объ этихъ измѣреніяхъ электрической силы Кулономъ и Робинсономъ, приведшихъ къ истинному закону силы, и объ измѣреніи Кэвендишемъ электростатической емкости,— предметъ, который, вообще, чрезвычайно мало известенъ и считается самымъ труднымъ изъ всѣхъ въ электричествѣ,— я сказалъ достаточно, чтобы показать, что мы, въ этомъ столѣтіи, не должны предъявлять притязанія на честь быть основателями электрическаго измѣренія.

Другой основной методъ измѣреній, на который я ссылался, иллюстрируется также записками Кэвендыша,— это есть методъ приведенія къ нулю. Очень любопытно, что, тогда какъ Кулонъ и Робинсонъ непосредственными измѣреніями непрерывно измѣняющейся величины открыли законъ обратной про-

порціональности квадрату разстоянія, К'євендишъ, совершенно независимо, на основані очень тонкихъ математическихъ разсуждений, указалъ что законъ этотъ или долженъ выражаться обратной пропорціональностью квадрату разстоянія, или долженъ нѣкоторымъ опредѣленнымъ образомъ отличаться отъ закона обратной пропорціональности квадрату разстоянія, если при извѣстныхъ обстоятельствахъ, которыя К'євендишъ опредѣлилъ, наблюдается совершенный нуль электрической силы, или вмѣсто совершенного нуля наблюдается нѣкоторая величина электрической силы. Изъ записокъ К'євендиша совершенно ясно, что онъ былъ увѣренъ, что долженъ наблюдаться совершенный нуль, но съ осторожностью, характеристичной для этого человѣка и подходившей къ нему, какъ къ точному философу и математику, онъ никогда не могъ высказать этого закона безусловно. Онъ обладалъ той щепетильной совѣтливостью, которая препятствовала ему обойтись безъ доказательства для заключенія, къ которому, безъ сомнѣнія, онъ самъ пришелъ. Его умъ былъ, вѣроятно, гораздо быстрѣе многихъ другихъ умовъ, которые дѣлаютъ быстрый скачокъ къ заключенію и даютъ его, какъ будто оно доказано, но К'євендишъ съ совѣтливостью избѣгалъ высказывать его, какъ заключеніе, и удерживалъ его при себѣ, пока точное измѣреніе на опытъ не доказало бы его справедливости.

Методъ нуля, примѣненный въ данномъ случаѣ К'євендишемъ, состоялъ въ слѣдующемъ. Если внутри пустого наэлектризованного проводника электростатическое дѣйствие на маленькое изолированное и наэлектризованное тѣло,—безконечно малое тѣло,—равно точно нулю, то законъ измѣненія электрической силы съ разстояніемъ долженъ выражаться обратной пропорціональностью ея квадрату разстоянія. Съ другой стороны, если наблюдается отталкиваніе небольшого положительно наэлектризованного тѣла отъ стѣнокъ разматриваемаго пустого положительно наэлектризованного проводника, то сила измѣняется по закону, соответствующему измѣненію, болѣе быстрому, чѣмъ обратно пропорціонально квадрату разстоянія; и обратно, если небольшое тѣло, наэлектризованное

противоположно электризациіи этого проводника, отталкивается отъ стѣнокъ его, то уменьшеніе силы съ разстояніемъ будетъ нѣсколько меныше, чѣмъ оно получалось бы по закону обратной пропорціональности квадрату разстоянія. Произвести съ аккуратностью такой заключительный опытъ, который увѣнчалъ теорію К'євендиша, выпало на долю Фарадея¹⁾). Фарадей изъ своихъ въ высшей степени остроумныхъ изслѣдований вывелъ, что электрическая сила при предполагаемыхъ обстоятельствахъ равна нулю, и доставилъ этимъ подтвержденіе заключеніямъ К'євендиша. Итакъ электростатическая сила измѣняется обратно пропорціонально квадрату разстоянія. Этотъ результатъ былъ полученъ съ гораздо меньшей точностью Кулономъ и Робинсономъ, потому что ихъ методъ не допускалъ такой точности измѣреній. На этомъ законѣ основана вся система измѣреній въ абсолютной мѣрѣ электростатическихъ величинъ. Математическая теорія устанавливаетъ надлежащую электростатическую единицу—такое количество электричества, что, если равнымъ ему количествомъ, обладаетъ каждое изъ двухъ тѣлъ, то эти два тѣла дѣйствуютъ и противодѣйствуютъ другъ другу съ единицей силы на единицѣ разстоянія. На этомъ основана система абсолютного измѣренія въ электростатикѣ.

Другіе К'євендишевскіе опыты, цѣлый рядъ опытовъ,—потому что я думаю, что профессоръ Клэркъ Максвэлль издастъ цѣлый рядъ опытовъ, въ которыхъ измѣряются электростатическая количества,—повели къ общей системѣ электростатическихъ измѣреній въ абсолютной мѣрѣ.

Но есть, однако, другая большая отрасль электрическихъ измѣреній, а именно—измѣренія электромагнитныхъ явлений. Наше знаніе элементарныхъ законовъ электростатики было закон-

¹⁾ Замѣтимъ, что К'євендишъ также произвелъ этотъ опытъ и даже вывелъ изъ него, что показатель степени разстоянія въ выраженіи закона электростатической силы отличается отъ -2 менѣе, чѣмъ на $\frac{1}{57}$. Максвэлль произвелъ этотъ опытъ съ болѣе чувствительными приборами и съ нѣкоторыми видоизмѣненіями и понизилъ возможное отклоненіе показателя отъ -2 до $\frac{1}{62,600} = 0.00003$.

ченнымъ,—за исключениемъ этой меньшей посылки силлогизма Кэвениша и Фарадеевскаго великаго физического открытия особынаго индуктивнаго свойства, известнаго подъ именемъ электрической индуктивной способности діэлектриковъ. За этими двумя исключеніями вся теорія электростатики была закончена въ прошломъ столѣтіи. На нашу долю осталось только математически разрабатывать заключенія теоріи Кэвениша, Кулона и Робинсона, и только въ началѣ нынѣшняго столѣтія сдѣлалось известнымъ существование электромагнитной силы. Эрстедъ въ 1820 году сдѣлалъ великое открытие силы взаимодѣйствія между магнитомъ и проволокой, по которой течеть электрическій токъ; и замѣчательные результаты, очень быстро выведенны Амперомъ изъ этого открытия, повели къ основанію другой великой отрасли науки объ электричествѣ и указали на предметъ электромагнитныхъ измѣреній, о которыхъ я долженъ теперь сказать нѣсколько словъ.

Принципы математической теоріи взаимнаго дѣйствія другъ на друга проволокъ, несущихъ электрическіе токи и, затѣмъ, ихъ взаимодѣйствія на магниты, были вполнѣ установлены Амперомъ въ его развитіи открытия Эрстеда. Разработка точнаго измѣренія токовъ и вообще системы измѣренія, основанной на этихъ принципахъ, была цѣликомъ сдѣлана въ Германіи. Большая работа Гаусса и Вебера надъ земнымъ магнетизмомъ тѣсно примыкаетъ къ этому предмету. Я считаю, что Гауссъ первый установилъ систему абсолютнаго измѣренія магнитной силы. Определенія и математическая теорія Пуассона и Кулона, относящіяся къ магнитной полярности, и основанная на нихъ теорія магнитной силы были применены на практикѣ Гауссомъ и сдѣланы основаніемъ всей системы магнитныхъ измѣреній, которую теперь употребляютъ въ нашихъ магнитныхъ обсерваторіяхъ. Это представляетъ въ наукѣ громадный шагъ впередъ и шагъ очень большой важности, дающій не только вполнѣ определенное измѣреніе, но измѣреніе, основанное на известномъ абсолютномъ базисѣ и которое, если бы даже всѣ инструменты, которыми были произведены измѣренія, были разрушены, всетаки дало бы намъ возможность получить совер-

шенно определенные результаты. Абсолютная система единицъ въ физикѣ была разработана вслѣдъ за тѣмъ, какъ Гауссъ основалъ систему измѣреній для земного магнетизма. Поэтому эта система представляетъ собой дѣйствительно начало абсолютнаго измѣренія въ наукѣ о магнетизмѣ и въ наукѣ объ электромагнетизмѣ и электростатикѣ. Гауссъ и Веберь произвели вмѣстѣ эту работу для земного магнетизма, а самъ Веберь произвелъ—мнѣ кажется, еще при жизни Гаусса, а также послѣ его смерти,—разработку системы абсолютнаго измѣренія въ электростатикѣ. Одинъ изъ самыхъ интересныхъ результатовъ, выведенныхъ Веберомъ, представляетъ то обстоятельство, что электрическое сопротивленіе проволоки, по отношенію къ электрическимъ токамъ, несомымъ ею, нужно измѣрять въ такой функции известныхъ абсолютныхъ единицъ, которая приводить насъ къ тому, что выражениемъ электромагнитной мѣры сопротивленія проволоки служить скорость, выраженная въ единицахъ длины въ единицѣ времени. Отняло бы слишкомъ много времени, если бы я занялъ ваше вниманіе детальными подробностями и стать объяснять до мелочей, какимъ образомъ выходитъ, что сопротивленіе надо измѣрять скоростью. Это кажется страннымъ, но вы составите себѣ некоторое понятіе объ этомъ слѣдующимъ образомъ. Предположите, что у васъ есть два вертикальныхъ мѣдныхъ стержня и небольшой поперечный горизонтальный стержень, помѣщенный такъ, чтобы онъ нажималъ на эти два стержня. Расположите плоскость этихъ двухъ стержней перпендикулярно къ магнитному меридиану, и помѣстите на нихъ поперечный стержень, какъ ступеньку лѣстницы, поперекъ этихъ двухъ вертикальныхъ стержней. Пусть этотъ стержень двигается быстро вверхъ, двигается поперекъ линій горизонтальной слагающей магнитной силы земли. Онъ будетъ, согласно съ однимъ изъ открытій Фарадея, испытывать индуктивное дѣйствіе, вслѣдствіе котораго одинъ конецъ его наэлектризуется положительно, а другой—отрицательно. Теперь пусть два вертикальныхъ стержня, на которые нажимаетъ этотъ горизонтальный стержень, будуть соединены вмѣстѣ: тогда то напряженіе, о которомъ я говорилъ, явится

причиной тока. Можно сдѣлать такъ, что этотъ токъ, какъ въ открытии Эрстеда, будетъ вызывать отклоненіе стрѣлки гальванометра. Теперь вы увидите, какимъ образомъ сопротивленіе можетъ измѣряться скоростью. Пусть скорость движенія этого небольшого стержня, движемаго вверхъ, какъ я это описалъ, будетъ такова, что вызоветъ въ гальванометрѣ отклоненіе, равное 45° . Тогда скорость, которая вызываетъ это отклоненіе, измѣряеть сопротивленіе въ цѣпи, если только гальванометръ устроенъ такъ, что выполнены извѣстныя опредѣленныя условия относительно размѣровъ¹⁾. Существенный пунктъ при этомъ состоить въ томъ, что результатъ не зависитъ отъ величины горизонтальной силы земного магнетизма. Стрѣлка гальванометра направляется горизонтальной магнитной силой земли. Положимъ, что она удвоилась; направляющая сила, дѣйствующая на стрѣлку, удвоилась, но индуктивное дѣйствіе удвоилось также, и потому та же самая скорость, которая заставляетъ стрѣлку гальванометра отклониться на 45° при одной величинѣ магнитной силы, заставитъ стрѣлку отклониться на то же самое число градусовъ и при другой величинѣ магнитной силы земли. Такимъ образомъ, независимо отъ всякого абсолютнаго измѣренія земной магнитной силы, мы получаемъ извѣстную скорость, которая даетъ извѣстный результатъ. Такимъ образомъ выходитъ, что скорость есть надлежащая мѣра сопротивленія металлической цѣпи потоку черезъ нее электрическаго тока.

Если перейти теперь къ электростатикѣ,—то въ связи со скоростью можетъ быть измѣряемо особыннымъ образомъ сопротивленіе несовершенного изолятора передачѣ вдоль него электричества. Оно можетъ быть измѣряемо величиной, обратной скорости, или, другими словами, проводящая способность проволоки можетъ быть измѣряема, по отношенію къ электростатическимъ явленіямъ, скоростью. Въ самомъ дѣлѣ, вообразите шаръ въ центрѣ этой комнаты на большомъ разстояніи отъ стѣнъ. Вообразите, что этотъ шаръ имѣть два метра въ диаметрѣ,—одинъ метръ въ радиусѣ,—и пусть онъ будетъ наэлектризованъ и повѣщенъ на тонкой шелковой ниткѣ

¹⁾ См. для сравненія прим. 1 на стр.. 86.

(Прим. перев.).

совершенно сухой, чтобы совершенно изолировать шаръ. Итакъ, мы получаемъ совершенно изолированный шаръ по серединѣ комнаты. Теперь, если мы приложимъ къ шару одинъ конецъ крайне тонкой проволоки, скажемъ, въ одну десятитысячную дюйма¹⁾ диаметромъ, и поднесемъ другой конецъ этой проволоки къ металлической пластинкѣ, соединенной со стѣнами комнаты,—или вы можете предположить, что стѣны комнаты металлическія, чтобы у насъ не получилось затрудненій, зависящихъ отъ какихъ либо не совершенныхъ проводниковъ,—тогда при посредствѣ этой очень тонкой проволоки, соединяющей изолированный шаръ со стѣнами комнаты, шаръ мгновенно потеряетъ свое электричество. Подъ словомъ «мгновенно» я понимаю: въ такое короткое время, что было бы невозможно измѣрить его какимъ либо способомъ, какой мы могли бы примѣнить,—въ такое небольшое время, какъ, скажемъ, миллионная секунды, шаръ потерялъ бы свое электричество, если бы мы соединили его со стѣнами комнаты десятью или двадцатью ярдами самой тонкой проводки, какую мы можемъ вообразить. Теперь представьте проволоку, въ миллионъ разъ тоньше, чѣмъ какая либо дѣйствительная проволока, какую мы могли бы примѣнить;—произошло бы то же самое, но въ соответственно болѣе длинный промежутокъ времени. Или возьмите бумажную нитку и подвѣсьте при помощи нея такой шаръ, какой я воображалъ, шаръ, окруженный металлическими стѣнами; эта мокрая бумажная нитка постепенно раззелектризуетъ его; въ четверть минуты шаръ этотъ окажется потерявшимъ, можетъ быть, половину своего электричества, въ другую четверть—половину остатка, и такъ далѣе. Если сопротивленіе этого воображаемаго проводника постоянно, то потеря будетъ слѣдовать закону сложныхъ процентовъ—столько-то процентовъ заряда будетъ теряться въ секунду. Вообразите теперь, что проводникъ, сопротивленіе котораго вполнѣ постоянно, помѣщенъ между идеальнымъ шаромъ и предполагаемыми металлическими стѣнами

¹⁾ $\frac{1}{4,000}$ сантиметра.

(Прим. перев.)

комнаты, и вообразите, что шаръ соединенъ съ однимъ изъ этихъ электрометровъ,—о которыхъ я скажу два слова въ заключеніе,—крайне тонкой проволокой, идущей въ этотъ приборъ, и предположите, что электрометръ указываетъ известную степень *потенциала*, какъ мы теперь называемъ этотъ предметъ электрическаго измѣренія, который въ дѣйствительности открылъ Кэвендишъ при своихъ измѣреніяхъ электрической емкости. Теперь предположите, что мы измѣряемъ электрическую цѣну—потенциалъ—заряда на шарѣ электрометромъ; тогда мы увидимъ, что показанія электрометра понижаются,—потенциалъ постепенно спускается,—по логарифмическому закону или закону сложныхъ процентовъ, при предполагаемыхъ мною обстоятельствахъ. Но вместо того, чтобы осуществить эти условия, предположимъ существованіе слѣдующихъ условій, которыя мы можемъ только вообразить, хотя ни одинъ механикъ не могъ бы выполнить ихъ. Пусть при помощи какихъ либо воображаемыхъ средствъ шаръ будетъ въ состояніи становиться постепенно меньше и меньше. Предположите, прежде всего, что изоляція чрезвычайно хорошая и что сопротивленіе проводящей проволоки безмѣрно велико, такъ что впродолженіи одной-двухъ минутъ происходитъ только небольшая потеря потенциала. Теперь пусть этотъ шаръ, который, по нашему предположенію, можетъ быть стягиваемъ или растягиваемъ по желанію, будетъ стянутъ отъ радиуса въ 1 метръ до радиуса въ 90 сантиметровъ; каковъ будетъ результатъ этого? Результатъ будетъ тотъ, что потенциалъ увеличится въ отношеніи 100 къ 90. Стяните шаръ до половины его размѣровъ,—потенциалъ удвоится, и такъ далѣе. Этотъ результатъ представляетъ собой слѣдствіе математической теоріи, по которой электростатическая емкость шара численно равна его радиусу. Теперь пусть, пока шаръ заряженъ, радиусъ его уменьшается и пусть онъ стягивается съ такой скоростью, что потенциалъ остается постояннымъ. Итакъ, вы можете представить себѣ шаръ, теряющій некоторое постоянное количество электричества въ единицу времени, причемъ онъ удерживается при некоторомъ постоянномъ потенциалѣ. Въ этомъ шарѣ, который уменьшается въ своемъ объемѣ такъ, что потенциалъ его

сохраняется неизмѣннымъ, скорость, съ какой поверхность шара приближается къ центру, измѣряетъ проводящую способность проволоки въ абсолютной электростатической мѣрѣ. Итакъ, у насъ получается очень любопытный результатъ, что мы можемъ измѣрять, на основаніи принциповъ электростатики, проводящую способность проволоки скоростью. Хотя я представилъ вамъ совершенно идеальный случай, съ моей стороны было бы однако очень несправедливымъ позволить вамъ предполагать, что это представляетъ собою идеальный способъ измѣреній; что касается до дѣйствительности, то мы на самомъ дѣлѣ измѣряемъ емкость лейденскихъ банокъ такимъ образомъ въ электростатическихъ единицахъ и пусть, въ будущемъ, когда кто пойдетъ покупать лейденскую банку у оптика, онъ говорить оптику, чтобы тотъ далъ ему банку емкостью въ одинъ или два метра или во сколько тамъ придется, и требуетъ отъ него, чтобы онъ сумѣлъ ее сдѣлать. Я высказываю это, какъ внушеніе всякому, кто интересуется научными приборами или снабженіемъ ими лабораторій. Нѣть никакой вѣроятности, что оптикъ пойметъ, въ чемъ дѣло, но, можетъ быть, если вы получите его немногого, онъ скоро станетъ понимать это, и я надѣюсь, что черезъ десять лѣтъ въ каждомъ оптическомъ магазинѣ, гдѣ продаются лейденскія банки, на каждой банкѣ будетъ прикрепленъ ярлычекъ, говорящій, что емкость ея — столько то сантиметровъ. Это можно было бы сдѣлать завтра. У насъ есть всѣ средства сдѣлать это, но только никто не знаетъ ихъ.

Очень интересно отношеніе между электростатическимъ измѣреніемъ и электромагнитнымъ измѣреніемъ; и здѣсь предполагаемыя неинтересныя области тщательного и точнаго измѣренія переносятъ насъ въ глубины науки, и заставляютъ взглянуть на великия тайны Природы. Старинныя измѣренія Вебера привели къ приблизительному опредѣленію той частной скорости, «*v*», при которой электромагнитное сопротивленіе численно равно электростатической проводящей способности проволоки. Частное значеніе степени сопротивленія проволоки, которая будетъ такою, что скорость, измѣряющая это сопротивленіе въ

электромагнитной мѣрѣ, будетъ одинаковою со скоростью, измѣряющею проводящую способность въ электростатической мѣрѣ, было опредѣлено Веберомъ, и онъ нашелъ, что скорость «*v*» равна около 300,000 километровъ въ секунду. Къ несчастію я имѣю въ головѣ англійскія казенные мили, благодаря тому, что я имѣлъ несчастье родиться на тридцать лѣтъ раньше, чѣмъ слѣдовало, и я помню скорость свѣта въ англійскихъ казенныхъ миляхъ. Обыкновенно считали ее равной около 192,000 миль въ секунду, но болѣе недавнія изслѣдованія понизили ее до около 187,000. Эквивалентъ этого въ метрахъ есть около 300,000 километровъ въ секунду и это только немного меньше числа (310,740), найденного Веберомъ для «*v*». Профессоръ Клеркъ Максвелль далъ теорію, ведущую къ динамической теоріи магнетизма,—теорію, часть которой навела его на мысль, что та скорость, для которой одна мѣра равна, если понимать это такъ, какъ я вамъ объяснилъ, другой, должна была бы быть скоростью свѣта. Это блестящее заключеніе привлекло большое вниманіе и сдѣлалось предметомъ напряженного интереса, не только ради точныхъ электромагнитныхъ и электростатическихъ измѣреній,—измѣреній съ большой точностью отношенія между электростатической и электромагнитной единицами,—но также вслѣдствіе связи съ физической теоріей. Кажется, до настоящаго времени, что, чѣмъ точнѣе становятся подобные опыты, тѣмъ ближе приближается результатъ къ равенству со скоростью свѣта, но мы все таки не должны высказывать это мнѣніе прежде, чѣмъ не будемъ вполнѣ въ состояніи утверждать его. Прежде, чѣмъ можно будетъ принять за истину такое положеніе, согласіе должно стать гораздо тѣснѣе, чѣмъ было показано опытами, сдѣланными до сихъ поръ. Но вы всѣ можете усмотрѣть изъ простого упоминанія о такомъ предметѣ, насколько интересно должно быть продолженіе далѣе этихъ изслѣдованій, и мнѣ кажется, что Максвелль въ настоящее время дѣлаетъ измѣреніе этого рода по плану, отличающемуся отъ всѣхъ тѣхъ, какие были до сихъ поръ испробованы. Я слишкомъ долго говорилъ объ этомъ и мнѣ слѣдовало бы разсказать что нибудь

объ тѣхъ методахъ, которымъ слѣдовали въ этой области; но они всѣ уже полностью напечатаны и къ нимъ легко обратиться.

Что же касается до точныхъ измѣреній, то въ электричествѣ теорія была оставлена практикой далеко позади и мнѣ не нужно присутствіе нашего предсѣдателя, чтобы припомнить насколько гораздо болѣе точными были измѣренія сопротивленія, производившіяся въ практическомъ телеграфномъ дѣлѣ его братомъ, д-ромъ Вернеромъ Сименсомъ, и имъ самимъ¹⁾, чѣмъ въ какой нибудь школѣ чисто теоретической науки до самаго недавняго времени.

При работахъ научныхъ изслѣдователей и въ первыя двадцать лѣтъ употребленія мѣди въ электрическомъ телеграфѣ, не было обнаружено, что проводимости различныхъ образцовъ мѣди практически совершенно различны. Изъ измѣреній, сдѣланныхъ въ моей лабораторіи въ глаузовскомъ университетѣ въ 1857 и 1858 г., я нашелъ, что образцы мѣди, доставленные фабрикантами для атлантическаго кабеля и для нѣкоторыхъ изъ кабелей Средиземнаго моря,—образцы, между которыми не подозревали никакой разницы,—на самомъ дѣлѣ различались по электрической проводимости настолько много, какъ 100 отъ 37, а всѣхъ ихъ были готовы употребить, какъ проводники для подводныхъ кабелей! Въ то время, когда просматривали разницы, доходящія до такихъ большихъ величинъ,—когда самое ихъ существованіе было неизвѣстно научнымъ электрикамъ,—основатели точнаго измѣренія въ телеграфномъ дѣлѣ начали строить эталоны электрическаго сопротивленія, при помощи которыхъ измѣренія скоро дошли до того, что стали совершаться съ точностью до одной десятой процента.

Д-ръ Вернеръ Сименсъ и нашъ предсѣдатель были въ числѣ первыхъ лицъ, задавшихся цѣлью дать точные эталоны сопротивленія. Сименсовская единица въ настоящее время хорошо извѣстна и многія изъ самыхъ важныхъ измѣреній, относящихся къ подводнымъ кабелямъ, выражены въ функции

¹⁾ Эта фраза, указывающая на то, что предсѣдателемъ былъ сэръ Вильямъ Сименсъ, является противорѣчіемъ сказанному въ заглавіи этой рѣчи (стр. 299).
(Прим. перев.).

этой единицы. Но совпаденію, которое въ одномъ отношеніи представляетъ собою счастливое совпаденіе, хотя можно сказать кое-что и въ противуположномъ смыслѣ, принятая гг. Сименсами единица, основанная на измѣреніи извѣстнаго столба ртути,—Сименсовская единица, снятая и переснятая въ ихъ катушкахъ сопротивленія,—приближается довольно близко къ той единицѣ, которая въ системѣ Вебера была бы равна 10^9 или тысячъ миллионовъ сантиметровъ въ секунду. Это чрезвычайно удобно и благодаря этому измѣренія въ Сименсовскихъ единицахъ весьма легко приводятся къ абсолютной мѣрѣ.

Коммиссія, назначенная въ 1861 году Британской Ассоціаціей, употребила способъ измѣренія, предложенный мною и разработанный главнымъ образомъ профессорами Клеркомъ Максвеллемъ, Бальфуромъ Стюартомъ и Флімингомъ Дженкиномъ, и построила то, что сперва называлось единицей сопротивленія Британской Ассоціаціи. Этой единицѣ было затѣмъ, по совѣту г. Латимера Клэрка, дано имя «Ома» въ память одного изъ великихъ основателей науки объ электромагнетизмѣ. Такъ какъ Омъ былъ человѣкомъ, который первый далъ намъ законъ связи тока съ электродвижущей силой, то сочли подходящимъ, чтобы его имя было дано этой электрической единицѣ.

Я могу упомянуть, какъ о дѣлѣ большой важности и очень интересномъ въ физикѣ, что предпринимается пересмотръ этого измѣренія Британской Ассоціаціи. Теперь дѣлается попытка измѣрить съ наибольшей возможной точностью, каково значение этой единицы Британской Ассоціаціи въ функции абсолютной шкалы, въ сантиметрахъ въ секунду. Она, конечно, выйдетъ равной, въ предѣлахъ нѣсколькихъ процентовъ, десяти тысячамъ километровъ въ секунду. Быть можетъ отклоненіе отъ этой величины составить одинъ процентъ; возможно, что это отклоненіе окажется въ два или три процента, или въ четыре процента,—что пойметъ всякий, кто приметъ въ соображеніе тѣ трудности, съ которыми придется встрѣтиться при производствѣ этихъ опытовъ. Я скажу еще по поводу этого электрического измѣренія Ома, что оно касается другого предмета измѣренія, измѣренія тепла. У Джуля въ совершенно независи-

момъ рядъ опытовъ, которые я могу только упомянуть, быть другой путь для достижениія на практикѣ абсолютного измѣренія электрическаго сопротивленія. Его электротермические опыты, взятые въ соединеніи съ его опытами надъ механическимъ эквивалентомъ тепла, показываютъ нѣкоторое несогласіе съ измѣреніемъ Британской Ассоціаціей ея единицы сопротивленія. Тутъ нужно кое-что согласить. Джуль, съ одной стороны, считаетъ, что единица Британской Ассоціаціи, Омъ, слишкомъ мала, но, съ другой стороны, въ Германіи, Колъраушъ считаетъ, что Омъ приходится немного съ другой стороны точной тысячи миллионовъ сантиметровъ въ секунду. Я думаю, что, если бы вы исключили сомнѣніе по способу среднихъ величинъ, то опыты Колърауша и Джуля показали бы, что Британская Ассоціація очень близка къ истинѣ, но я не одобряю этого способа устраненія сомнѣній и мы не будемъ удовлетворены, пока не будутъ удовлетворены оба, и Джуль, и Колъраушъ¹⁾.

Теперь я упомяну нѣсколько опытовъ съ электрометрами, которые однако представляютъ, я боюсь, мало интереса кому либо въ свѣтѣ кромѣ меня. Вотъ первая попытка устроить квадрантный электрометръ. Теперь онъ хорошо извѣстенъ многимъ электрикамъ и относительно его была выпущена брошюра съ описаніемъ. Дѣйствительно, принимая во вниманіе, что отчетъ Британской Ассоціаціи объ электрометрахъ былъ перепечатанъ въ соединеніи со всей серіей Отчетовъ ея объ электрическихъ эталонахъ²⁾, я не чувствую необходимости входить въ подробности по отношению къ какому либо изъ этихъ приборовъ. Вотъ этотъ, который находится передъ вами, это—самый первый переносный электрометръ, и я вамъ расскажу, какъ онъ появился на свѣтѣ. У меня былъ электрометръ, которымъ я очень гордился,—мнѣ совѣтно говорить это,—въ тѣ дни. Я гордился его малостью и тѣмъ, какъ легко его было переносить вверхъ на вершину Готфелля³⁾ и обратно; былъ

¹⁾ См. выше стр.93—94.

(Прим. автора).

²⁾ E. and. F. N. Spon, London, 1873.

(Прим. автора).

³⁾ Goatfell—высокая гора на островѣ Аронъ (Arron), недалеко отъ Глазго; высота надъ уровнемъ моря 902 метра. (Прим. перев.).

еще другой передъ этимъ, высшимъ качествомъ котораго было то, что онъ былъ не тяжелѣе винтовки. Это было въ дни того, что лордъ Пальмерстонъ назвалъ «винтовочной лихорадкой» [«rifle fever»], и я самъ былъ немного затронутъ ей, будучи волонтеромъ-стрѣлкомъ [rifle volunteer]. Я нашелъ, что мой электрометръ вѣсить на фунтъ менѣше, чѣмъ мое оружіе. Онъ вѣсилъ только тринадцать фунтовъ, а винтовка вѣсила четырнадцать фунтовъ ⁴⁾. Этотъ электрометръ былъ со мной на Эбердинскомъ съездѣ Британской Ассоціаціи, но теперь его не найти, хотя его искали, иначе онъ былъ бы на этой выставкѣ. Часть его, стойка, которая была наверху его, находится теперь передъ вами. Слѣдующимъ за нимъ былъ вотъ этотъ (рис. 55). Я уменьшилъ вѣсъ приблизительно, до половины и былъ совершенно удовлетворенъ тогда. Этотъ много разъ восходилъ на Готфельль; онъ вполнѣ

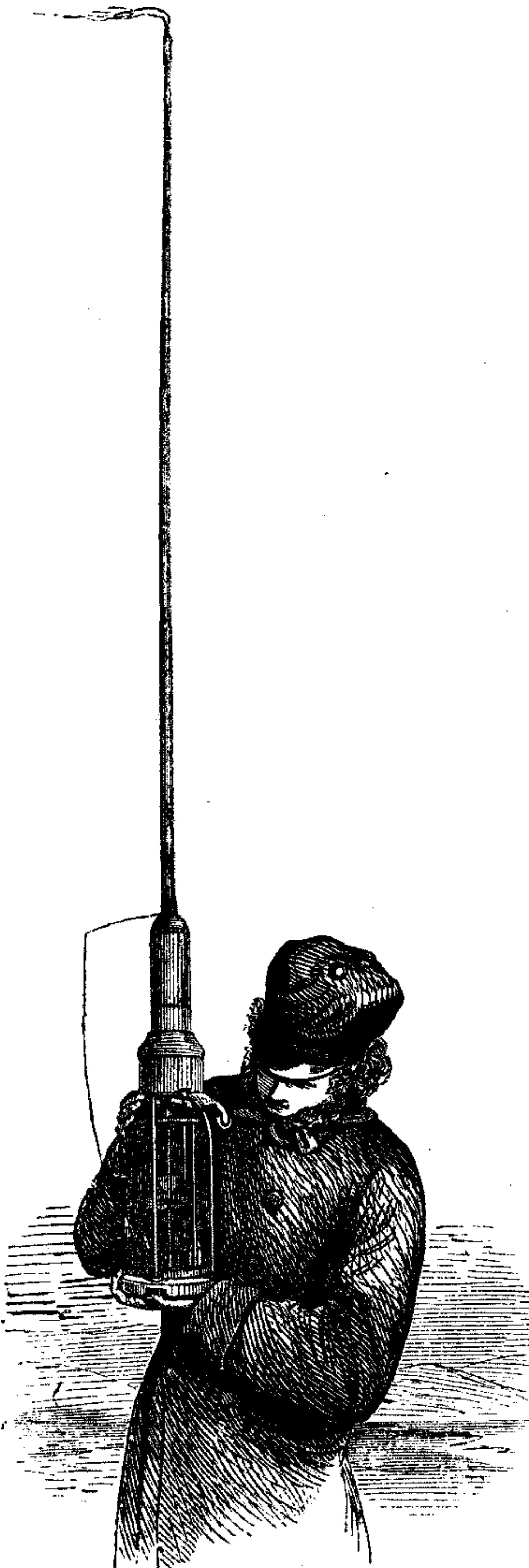


Рис. 55.—Первый переносный электрометръ.

⁴⁾ 13 и 14 англ. фунтовъ = 14·3 и 15·4 русскихъ фунтовъ = 5·8 и 6·3 килограмма.

(Прим. перев.).

описанъ въ моей книгѣ ¹⁾ и въ Отчетѣ, на который я ссылался. Я показывалъ его однажды съ большой гордостью профессору Тэтту и сказалъ ему: «слѣдовало бы вамъ завести такой же». Онъ сказалъ: «я подожду, пока вы не устроите такой, который вы могли бы положить себѣ въ карманъ. Устройте электрометръ величиной съ апельсинъ, и тогда я пріобрѣту его.» Таково, буквально, происхожденіе этого самаго послѣдняго переноснаго электрометра. Я почувствовалъ себя нѣсколько задѣтымъ тѣмъ, что онъ сказалъ, и въ слѣдующій мой наѣздъ въ Глазго, г. Уайтъ, который такъ неутомимъ при изготавленіи новыхъ вещей и обладаетъ такой удивительной изобрѣтательностью, помогъ мнѣ въ моемъ намѣреніи, и мы получили нѣчто вродѣ этого. По прошествіи мѣсяца этотъ самый электрометръ (рис. 56) былъ пущенъ въ дѣло. Это былъ первый электрометръ съ притягивающимъ дискомъ. Онъ отличается отъ переноснаго электрометра, известнаго теперь, только нѣкоторыми болѣе мелкими деталями; подвижный дискъ вращается вокругъ съ микрометреннымъ винтомъ вмѣсто того, чтобы двигаться вверхъ и внизъ въ пазахъ. Во всѣхъ другихъ отношеніяхъ это то же самое, за исключеніемъ неловкаго расположения для помѣщенія пемзы, которое, при моемъ большомъ вниманіи, не повело ни къ какому несчастному случаю, но которое почти у всякаго другого лица повело бы къ тому, что приборъ былъ бы испорченъ вслѣдствіе того, что сѣрина кислота попала бы вслѣдствіе сотрясенія въ низъ прибора. Теперь расположение пемзы сдѣлано болѣе удобнымъ; но это есть единственное измѣненіе кромѣ упомянутаго уже механическаго устройства диска, которое лучше въ переносномъ электрометрѣ въ его настоящемъ видѣ. Два такихъ прибора были отправлены съ арктической экспедиціей (1875—76 года).

Еще одно только слово—практическій совѣтъ по отношенію къ электрометрамъ. Меня постоянно спрашивали, какъ ихъ содержать въ порядкѣ, и я часто слышалъ жалобы, что они

¹⁾ *Papers on Electrostatics and Magnetism* (Работы по электростатикѣ и магнетизму); Macmillan, London, 1884.

(Прим. автора).

не держать,—что они не удерживают свой зарядъ. Въ каждомъ изъ этихъ электрометровъ есть стеклянная лейденская банка, при чмъ въ каждомъ изъ нихъ принята гетеростатическая система¹). Необходимо, чтобы изоляція была очень со-

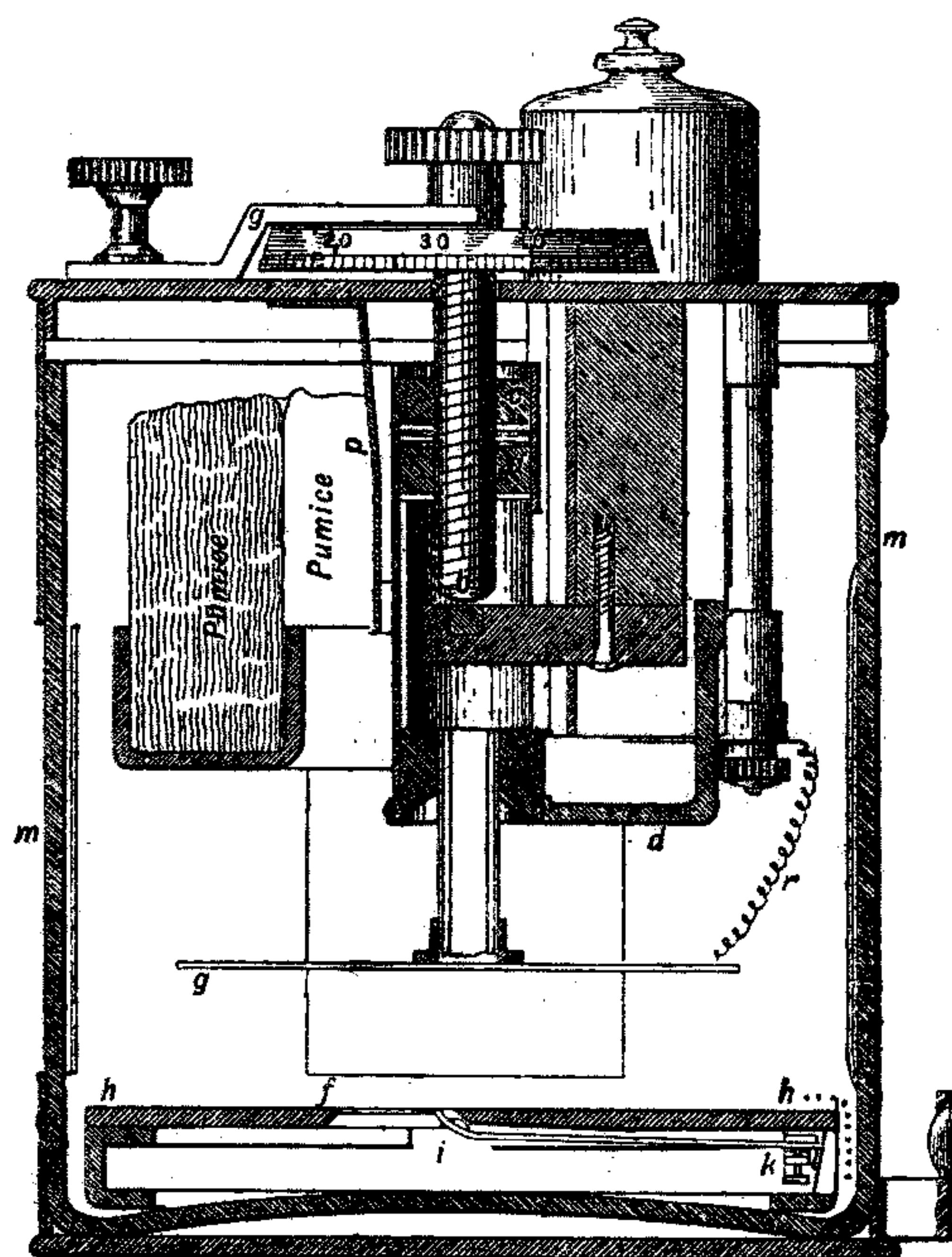


Рис. 56. —Переносный электрометръ, нынѣшній образецъ: $\frac{2}{3}$ настоящей величины. [Pumice=пемза].

вершенной, и потому все зависитъ отъ чистоты и сухости поверхности стекла. Если вы позволите мнѣ употребить определение лорда Пальмерстона, сказавшаго, что «грязь — это то, что не на своемъ мѣстѣ», и считать, что вода или какая либо влажность на внутренней поверхности стекла, —

которая должна бы быть совершенно сухой, — есть «то, что не на своемъ мѣстѣ», и есть, поэтому, грязь, то вы поймете, что я хочу сказать. Если нѣть никакой грязи на стеклѣ, то, навѣрное, оно изолируетъ хорошо. Но какъ же тогда сдѣлать стекло совершенно чистымъ? Прежде всего, вымойте его хорошенько мыломъ и водой. Если хотите, вы можете попробовать азотную кислоту, и затѣмъ чистую воду, или же можете вымыть его спиртомъ, и затѣмъ простой водой. Я перечислилъ почти всѣ чары, которые служать для получения совершенной чистоты поверхности стекла, но я очень сомнѣваюсь, получалъ ли я когда либо какой нибудь результатъ, который я не могъ бы получить, употребляя мыло и воду и пуская затѣмъ бѣжать чистую воду по поверхности стекла послѣ того, какъ это сдѣлано. Вымойте его хорошенько, такъ или иначе. Вы можете употребить кислоты или спиртъ, если вамъ угодно; но я думаю, что вы вообще найдете, что мыло и вода и достаточное количество чистой воды подъ конецъ отвѣтять цѣли такъ же хорошо, какъ что либо другое. Затѣмъ хорошенько встряхните его и хорошенько высушите его, но, чтобы сушить его, не употребляйте тряпки, какъ бы она чиста ни была. Встряхните прочно влажность и возьмите маленький кусокъ пропускной бумаги и очень осторожно подберите всякую небольшую частицу воды, которая можетъ остаться вслѣдствіе ссыпленія, но не трите стѣнокъ ничѣмъ, что можетъ оставить обрывки или волокна; это — грязь. Самый тонкій батистъ оставить на стеклѣ то, что будетъ соответствовать определенію лорда Пальмерстона. Когда вы очистите стекло отъ всего за исключеніемъ воды, тогда высушите его, и вы будете увѣрены, что окажется, что оно отвѣтчаетъ цѣли. Способъ высушивать его и сохранять его сухимъ состоить въ томъ, чтобы имѣть сѣрную кислоту въ надлежащемъ вмѣстилищѣ. Каждый изъ этихъ приборовъ имѣть вмѣстилище для сѣрной кислоты, которая должна быть освобождена отъ летучихъ паровъ соответствующимъ процессомъ, — кипяченія съ сѣрнокислымъ аммоніемъ достаточно. Сѣрная кислота не должна быть химически чистой, но она должна быть очищена отъ летучихъ па-

¹⁾ См. прим. 2 на стр. 92.

(Прим. перев.).

ровъ, и она должна быть очень крѣпкой. Я думаю, что эти приборы не держать хорошо чаше отъ того, что сѣрия кислота не достаточно крѣпка, чѣмъ отъ какой либо другой причины, и часто, когда электрометръ оказывается неисправнымъ, недостатокъ вполнѣ исправляется помѣщеніемъ болѣе крѣпкой кислоты.

ПРИБАВЛЕНИЕ I.

Молекулярная механика.

[Двадцать лекцій, прочитанныхъ сэромъ В. Томсономъ въ университетѣ Джона Гопкинса въ октябрѣ 1884 г.; записаны и изложены М. Бриллуэномъ].

Въ этихъ лекціяхъ сэръ В. Томсонъ занимается разборомъ тѣхъ затрудненій, которыя существуютъ въ общихъ теоріяхъ Оптики,—условій непрерывности у поверхности двухъ прозрачныхъ тѣлъ и теоріи отраженія; теоріи двойного лучепреломленія, роли давленія, введенія членовъ, зависящихъ, по-видимому, отъ внутреннихъ вращеній. Какъ ни интересенъ этотъ разборъ, онъ всетаки не полонъ, и читатель, желающій познакомиться глубже съ этимъ вопросомъ, найдетъ нужные подробности въ прекрасномъ отчетѣ Глэзбрука объ оптическихъ теоріяхъ (*Rep. Brit. Ass.* за 1885 г., 157—267), въ курсѣ оптики и въ курсѣ электричества Пуанкарѣ и въ цѣломъ рядѣ англійскихъ мемуаровъ, появившихся вслѣдъ за этими лекціями сэра В. Томсона, и въ позднѣйшихъ замѣткахъ, которыми онъ видоизмѣнилъ или пополнилъ эти лекціи. Остается теорія свѣторазсѣянія. Эта теорія свѣторазсѣянія, усмотрѣнная сэромъ В. Томсономъ въ 1882 г. и развитая имъ въ 1884, представляетъ собой, точнѣе, теорію Буссинеска (1867), которую уже признавалъ, по-видимому, значительно раньше и открыто излагалъ Стоксъ и которую въ различныхъ видахъ развивали авторы, занимавшіеся аномальной дисперсіей, открытой Христіансеномъ въ 1870 году.

Въ обыкновенныхъ тѣлахъ, нужно принимать въ расчетъ движение эфира и одновременное съ этимъ вовлеченіе въ движение материальныхъ атомовъ, составляющихъ химическое тѣло. Эти соединенные въ группу атомы составляютъ молекулу, которая, въ твердыхъ тѣлахъ, имѣть опредѣленное среднее положеніе, возвращающееся въ которое принуждаютъ ее дѣйствія на нее другихъ молекулъ и реакціи эфира, ее омывающаго. То же самое можно сказать и о составляющихъ молекулу атомахъ, очень энергично понуждаемыхъ къ возвращенію въ свое положеніе равновѣсія въ самой молекулѣ и оказывающихъ въ свою очередь реакцію на эфиръ. Такимъ образомъ, среда состоить изъ эфира, который мы можемъ считать изотропнымъ, однороднымъ и непрерывнымъ для всѣхъ известныхъ длинъ волнъ, свѣтовыхъ или ультра-фиолетовыхъ, потому что пустота не обладаетъ свѣторазсѣяніемъ,—и изъ материальныхъ свѣторазсѣвателныхъ молекулъ [molécules dispersives]. Эти молекулы, составленные изъ ограниченного числа атомовъ, представляютъ собою такія механическія системы, для которыхъ число независимыхъ деформаций ограничено,—что ведеть слѣдовательно къ ограниченному числу уравненій движения,—и которые имѣютъ ограниченное число свойственныхъ имъ периодовъ колебанія. Достаточно знать это, чтобы имѣть возможность вывести отсюда,—при помощи ли анализа математического, или при помощи анализа экспериментального,—рядъ важныхъ общихъ заключеній, если придумать механическую модель, которая подчинялась бы общимъ уравненіямъ механики для принятаго нами числа независимыхъ деформаций; при этомъ однако не нужно признавать за этой моделью никакого иного сходства въ подробностяхъ съ той свѣторазсѣвательной молекулой, законы движения которой она даетъ намъ возможность узнать. Предполагая сначала, для простоты, что взаимная реакціи эфира и материальной молекулы зависятъ исключительно отъ относительного перемѣщенія эфира и одного изъ составляющихъ молекулу атомовъ, сэръ В. Томсонъ представляетъ себѣ затѣмъ свѣторазсѣвательную молекулу состоящею изъ полированной сферической оболочки, содержащей въ себѣ рядъ концентрическихъ

сферъ, отдѣленныхъ одна отъ другой сгибающимися пружинами, распределеніе которыхъ *изотропно* (рис. 57). Эти пружины и соединенія съ эфиромъ предполагаются абсолютно лишенными тренія; сэръ В. Томсонъ вполнѣ справедливо возстаетъ противъ всякаго введенія въ основныя уравненія членовъ, зависящихъ отъ тренія и ведущихъ за собой разсѣяніе энергіи, и рѣшительно отвергаетъ теоретическую попытку Гельмгольца. Для изученія на опыте свойствъ свѣторазсѣвательной молекулы удобнѣе по-

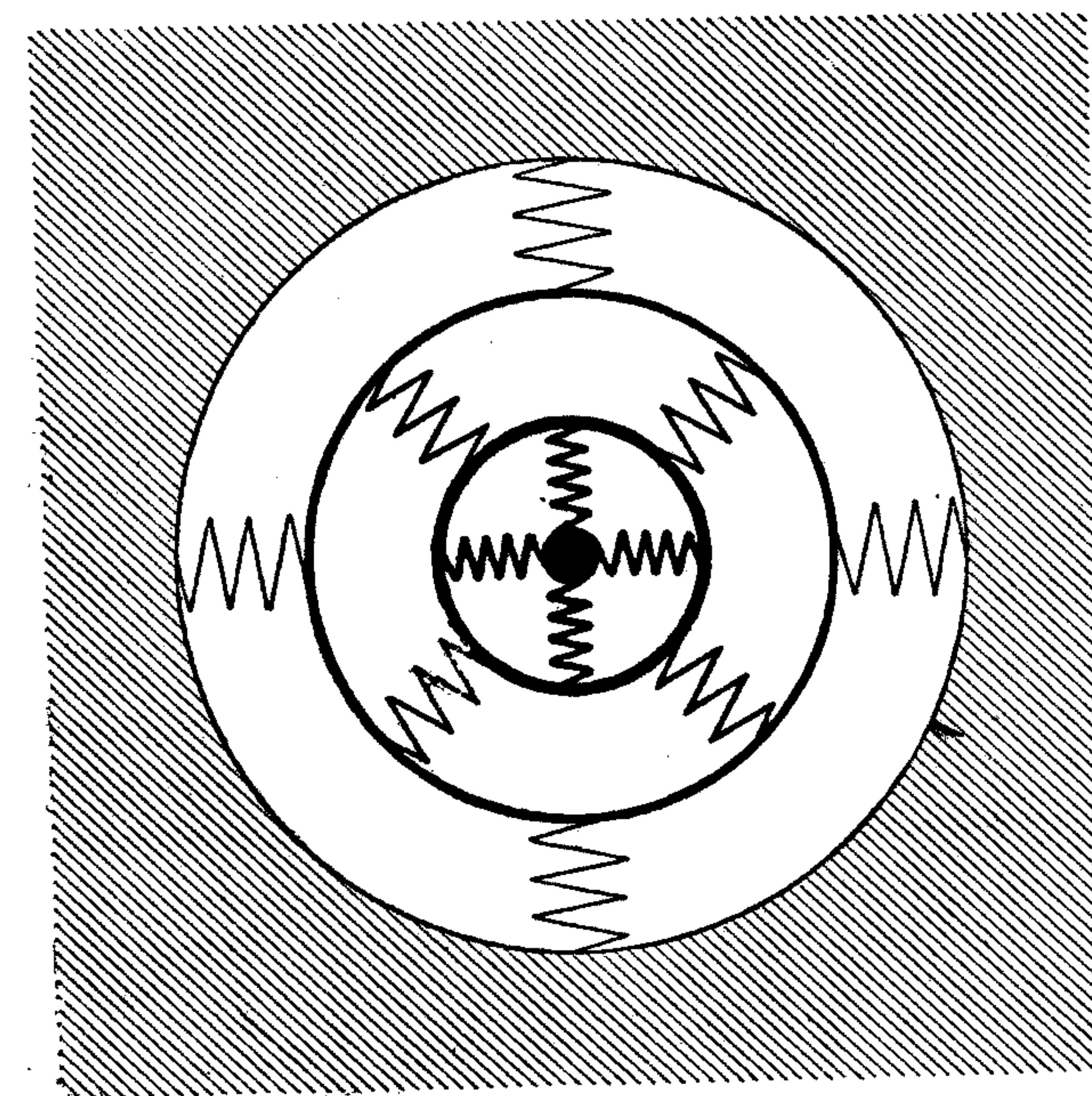


Рис. 57.

строить приборъ, состоящий изъ неодинаковыхъ грузовъ, соединенныхъ неравными сгибающимися пружинами, или приборъ для крученія, подобный изображеному на стр. 109, въ которомъ разные рычаги были бы не равно нагружены. Такой приборъ обнаруживаетъ, съ едва замѣтными различіями, свойства, описанныя въ лекціи о величинѣ атомовъ (стр. 129—134 и 144—147).

Свѣторазсѣвательная молекула характеризуется извѣстнымъ числомъ свойственныхъ ей периодовъ колебаній; когда движеніе эфира имѣть периодъ, мало превышающій одинъ изъ собственныхъ периодовъ молекулы, она приходитъ въ колебаніе очень легко,— отношение амплитуды ея движенія къ амплитудѣ движенія эфира становится болѣшимъ (стр. 146). Если, какъ все заставляетъ предполагать, плотность матеріи, ее составляющей, въ нѣсколько миллионовъ разъ больше плотности эфира ¹⁾, то

¹⁾ Сэръ В. Томсонъ. О плотности эфира (C. R., **39**, 529, 1854; Math. Phys. Pap., 2, 28). Наблюденія Гершеля, Пулье, затѣмъ Віоля, Кровѣ, Лэнглэя, приводятъ къ тому заключенію, что поверхность въ квадратный сантиметръ, выставленная нормально къ солнечнымъ лучамъ, на вѣшнемъ предѣлѣ атмосферы, получаетъ приблизительно 3 граммъ-калоріи въ минуту,— около

$\frac{1}{20}$ калоріи, нѣсколько больше 2 килограммо-метровъ, въ секунду. Это количество энергіи, которое употребило одну секунду на то, чтобы достигнуть поглощающей поверхности, въ началѣ этой секунды заключалось въ цилиндрѣ съ основаниемъ въ одинъ квадратный сантиметръ и съ высотой, равной пути, проходимому въ одну секунду вдоль луча, т. е. занимало объемъ въ $3 \cdot 10^{10}$ кубическихъ сантиметра. Эта колебательная энергія на половину— потенціальная, на половину—кинетическая и, такъ какъ въ этомъ колебательномъ движеніи,—если только поляризациія не вездѣ круговая,—скорость, навѣрное, не постоянно равна ея высшему значенію v_0 , то живая сила, навѣрное, меньше произведенія массы на половину квадрата максимальной скорости v_0 ; она бы была равна всего половинѣ этого произведенія, если бы поляризациія была вездѣ прямолинейной, чтѣ представляемъ собой другой крайній случай. Слѣдовательно, называя черезъ ρ механическую плотность эфира, отнесенную къ водѣ, имѣемъ

$$\frac{\rho}{2} v_0^2 = \rho \frac{V^2}{2} \left(\frac{v_0}{V} \right)^2 = 0.07 \text{ C.G.S.},$$

ибо 2 килограммо-метра энергіи, заключенныхъ въ $3 \cdot 10^{10}$ куб. сантиметрахъ, соответствуютъ 0.07 эрга въ 1 куб. сантиметрѣ; отсюда получаемъ

$$\rho = 1.3 \times 10^{-22} \left(\frac{V}{v_0} \right)^2.$$

Правда, мы не знаемъ отношенія $\frac{V}{v_0}$; но одинаковость скорости распространенія свѣта, какова бы ни была его сила, указываетъ намъ

предполагая даже малый объемъ въ каждой молекулѣ, мы увидимъ, что живая сила совокупности молекулъ будетъ величиной того же порядка, какъ и живая сила эфира, омывающаго эти молекулы. Это равносильно увеличенію инерціи, измѣняющемуся вмѣстѣ съ периодомъ; оно измѣняетъ и скорость распространенія.

Если периодъ колебательного движения, достигающаго до тѣла, меньше самаго короткаго собственного периода молекулы, движение далѣе не распространяется: оно остается сосредоточеннымъ на поверхности тѣла и вызываетъ тамъ флуоресценцію или фосфоресценцію (стр. 146—147). Вблизи другихъ периодовъ аномальная дисперсія интенсивна, интенсивно также и поглощеніе свѣта.

«Мнѣ совсѣмъ признаться, говорить сэръ В. Томсонъ (*Molec. Dyn.*, стр. 120), что я никогда не слышалъ объ аномальной дисперсіи до того момента, когда я ее замѣтилъ въ этихъ формулахъ; и я узналъ тогда, что она была наблюдаема уже восемь или десять лѣтъ передъ этимъ».

Формула дисперсіи, о которой здѣсь идетъ рѣчь, есть (*Molec. Dyn.* стр. 148):

$$n^2 = 1 - \frac{c_1}{\rho} T^2 \left(1 + q_1 \frac{T^2}{\tau_1^2 - T^2} + q_2 \frac{T^2}{\tau_2^2 - T^2} + q_3 \frac{T^2}{\tau_3^2 - T^2} + \dots \right),$$

гдѣ n обозначаетъ показатель преломленія для луча свѣта съ периодомъ T ; $\tau_1, \tau_2, \tau_3 \dots$ суть собственные периоды молекулы, расположенные въ уменьшающемся порядке; ρ — плотность эфира; c_1 — коэффиціентъ взаимной упругости между эфиромъ и молекулой и q_1, q_2, \dots — числа, порядокъ величины которыхъ зависи-

на то, что амплитуда, навѣрное, мала по сравненію съ длиною волны, или, что сводится къ тому же, что максимальная скорость представляетъ собой лишь малую долю скорости распространенія V ; и если мы последовательно дадимъ отношенію $\frac{v_0}{V}$ величины $\frac{1}{100}, \frac{1}{1000}, \frac{1}{10000}$, то найдемъ для ρ значенія $1.3 \times 10^{-18}, 1.3 \times 10^{-16}, 1.3 \times 10^{-14}$. Слѣдовательно, можно принять, что плотность эфира не менѣе 10^{-20} плотности воды и можетъ достигать 10^{-15} или немного болѣе. [M. Бриллюэн].

сить отъ соотношений между массами сферическихъ оболочекъ и пружинъ, ихъ поддерживающихъ. Эта формула, если алгебрическая сумма $1 - q_1 - q_2 - \dots$ положительна, даетъ мнимый показатель преломленія для очень длинныхъ периодовъ; начиная съ нѣкотораго извѣстнаго периода, она даетъ показатель, равный нулю и затѣмъ возрастающій,—сначала онъ меньше единицы, а затѣмъ все больше и больше по мѣрѣ того, какъ периодъ приближается къ самому длинному изъ собственныхъ периодовъ молекулы, τ_1 ; если алгебрическая сумма $1 - q_1 - q_2 - \dots$ отрицательна, показатель сначала очень великъ, затѣмъ уменьшается, переходить черезъ минимумъ и снова начинаетъ расти; показатель дѣлается мнимымъ для периодовъ, которые короче τ_1 , на нѣкоторую величину,—затѣмъ онъ снова становится равнымъ нулю и потомъ неопределенно растеть, и т. д. Мнимыя значенія показателя соответствуютъ такому колебательному движению, которое вовсе не распространяется сквозь тѣло, а, проникнувъ въ него, уменьшается въ геометрической прогрессіи съ глубиной, не испытывая никакого измѣненія въ фазѣ: это представляеть собой полосу поглощенія въ спектрѣ, крайне узкую, если q_1 очень мало, и, наоборотъ, очень растянутую и широкую, если q_1 велико, причемъ въ сторону краснаго она довольно рѣзко ограничена, а въ сторону фиолетового—расплывчата. Кромѣ того, при наклонномъ паденіи, свѣтъ не начинаетъ проникать внутрь totchashъ послѣ того, какъ показатель становится дѣйствительнымъ (> 0); онъ отражается вполнѣ, пока показатель не приблизится достаточно къ единицѣ, и даетъ сначала въ призмѣ отклоненіе, направленное къ вершинѣ угла, причемъ порядокъ цвѣтовъ отъ вершины до основанія тотъ же, какъ и въ обыкновенномъ спектрѣ. Нѣкоторые цвѣта даютъ одинаковое отклоненіе.

Если свѣторазсѣвательная молекула не изотропна, вслѣдствіе-ли распределенія массы, или вслѣдствіе распределенія пружинъ, то среда можетъ быть двупреломляющей.

Само собой разумѣется, что упругость пружинъ можетъ быть замѣнена кажущейся упругостью, зависящей отъ внут-

реннихъ вращеній, вполнѣ или частью компенсирующихъ, какъ въ гиростатической¹⁾ молекулѣ (стр. 171—172). Сэръ В. Томсонъ оказывается приведеннымъ къ закону обратной пропорціональности вращенія плоскости поляризациіи квадрату периода²⁾.

¹⁾ Въ первыхъ листахъ этой книги этотъ терминъ передавался словомъ «жиростатический»; мы решаемся перемѣнить его на болѣе употребительный терминъ «гиростатический», «гиростатъ», «гирокопъ», ввиду происхожденія его отъ греческаго слова γῦρος (кругъ, круженіе).

(Прим. перев.).

²⁾ Теорія эта, въ этомъ первомъ своемъ развитіи, не даетъ указаній на разстояніе молекулъ, но она не преминеть дать ихъ въ будущемъ. Дѣйствительно, она устанавливаетъ соотношеніе между явленіями преломленія и поглощенія и собственными периодами молекулы. Для всѣхъ простыхъ тѣлъ, эти собственные периоды опредѣляются для свободной молекулы спектральнымъ анализомъ; они не могутъ замѣтно измѣняться при переходѣ тѣла въ твердое или жидкое состояніе (если только сама молекула не измѣняется при этомъ), потому что взаимодѣйствіе молекулъ, взятыхъ въ массѣ, несравненно слабѣе взаимодѣйствій атомовъ внутри молекулъ, какъ это достаточно показываетъ медленность распространенія упругихъ деформацій. Спектрофотометрія позволить рано или поздно опредѣлить какую нибудь иную функцию массы и упругостей атомовъ, помимо той, которую опредѣляютъ периоды.

[М. Бриллюэн].

ПРИБАВЛЕНИЕ II.

Молекулярное строение материи.

[Сообщено сэромъ В. Томсономъ, 1 и 15 июля 1889 въ Королевскомъ Эдинбургскомъ Обществѣ (Proc. Roy. Soc. Ed., 1889 Math. Phys. Pap. 3, 395); въ сокращеніи и съ примѣчаніями М. Бриллуэна].

1. «Научный міръ практически единогласно признаетъ, что всякая осозаемая или видимая матерія, «массивная» [molar] матерія, какъ мы можемъ ее называть, состоять изъ группъ оказывающихъ другъ на друга взаимодѣйствіе атомовъ или молекулъ. Такое молекулярное строеніе матеріи есть, по существу, отклоненіе отъ однородности вещества и кажущаяся однородность массивной матеріи можетъ быть только однородностью скопища молекулъ. «Тѣло называется однороднымъ, когда нельзя отличить другъ отъ друга по какому нибудь качественному различію двѣ какія угодно равныя и подобныя его части, которыхъ соответствующія линіи параллельны и обращены въ одну и ту же сторону ¹⁾».

«Я прибавлю теперь, что это опредѣленіе есть существеннымъ образомъ, опредѣленіе кристаллическаго строенія, если только эти части тѣла не состоять изъ чудовищно громаднаго числа молекулъ. Дѣйствительно, очень трудно представить себѣ равновѣсіе, статическое ли, или кинетическое, въ произвольно и неправильно распределенномъ скопищѣ молекулъ. Такое скопище

могло бы быть жидкостью, но я почти не вижу возможноти, чтобы оно было твердымъ тѣломъ. Кажется, поэтому, что однородное изотропное тѣло есть изотропно аморфный кристаллъ,—т. е. твердое тѣло, состоящее изъ кристаллическихъ частей, у которыхъ ихъ кристаллическія оси или линіи симметріи распределены произвольно и одинаково во всѣхъ направленихъ. Доказанная опытомъ чрезвычайно совершенная оптическая изотропность стекла объективныхъ стеколь большихъ отражательныхъ телескоповъ и хорошихъ стеклянныхъ призмъ доказываетъ, повидимому, что крайнее молекулярное строеніе достаточно мелко-зернисто, чтобы могли существовать однородныя кристаллическія части, содержащія весьма большое число молекулъ, хотя ихъ размѣры въ пространствѣ очень малы въ сравненіи съ длиной волны свѣта».

2—13. *Періодическое разделеніе пространства.* Различные виды элементарныхъ многогранниковъ.

14—26. *Теорія Босковича. Равновѣсіе.* — «Не принимая основного ученія Босковича, что послѣдніе атомы матеріи представляютъ собой точки, надѣленныя инерціей и взаимными притяженіями или отталкиваніями, зависящими отъ разстояній между ними, и что всѣ свойства матеріи зависятъ отъ равновѣсія этихъ силъ и отъ движений или измѣненій движенія, производимыхъ этими силами, когда онъ не уравновѣшены,— мы все таки можемъ черезъ разсмотрѣніе статическихъ и кинетическихъ задачъ, выдвигаемыхъ этимъ ученіемъ, нѣсколько подвинуться впередъ къ пониманію дѣйствительного молекулярного строенія матеріи и нѣкоторыхъ ея термодинамическихъ свойствъ. Представленіе кристаллическихъ формъ въ видѣ конфигурацій шаровъ Хукса, теорія упругости твердыхъ тѣл Навье и Пуассона, работы Максвелля и Клаузіуса по кинетической теоріи газовъ и послѣднія работы Тэта по тому же предмету,— которые всѣ представляютъ лишь развитіе просто-на-просто теоріи Босковича,— вполнѣ оправдываютъ это заключеніе».

Положенія *устойчиваго* равновѣсія 2, 3, 4 атомовъ, притягивающихъся согласно закономъ Ньютона на большихъ разстояніяхъ и энергично отталкивающихъся на малыхъ (3 атома—

¹⁾ Томсонъ и Тэтъ. *Treatise on Natural Philosophy.* т. I., ч. II.
§§ 675—678.

равносторонній треугольникъ, 4 — равносторонній тетраэдръ); всѣ остальныя положенія равновѣсія неустойчивы.

Равновѣсіе безконечнаго однороднаго собранія [assemblage] атомовъ Босковича, какъ составленнаго изъ отдѣльныхъ атомовъ, такъ и составленнаго изъ группъ атомовъ.

29—44. Кинетическая теорія кристалловъ, жидкостей и газовъ Босковича. Если атомы обладаютъ большими начальными скоростями, то при столкновеніи двухъ атомовъ они, большую частью, разойдутся въ стороны и если даже,—что рѣдко,—образуются группы въ два (а еще значительно рѣже въ три) атома, то онѣ не замедлятъ раздѣлиться вслѣдствіе послѣдующихъ столкновеній; этотъ случай соотвѣтствуетъ одноатомному газу при температурѣ, много выше критической.

Но, если первоначальныя скорости атомовъ малы, то въ результатѣ столкновенія двухъ атомовъ получится почти всегда вмѣстѣ двигающаяся пара, дальнѣйшія столкновенія которой съ отдѣльными атомами поведутъ или къ уменьшенію энергіи относительного и абсолютного движеній составляющихъ эту пару атомовъ и къ переходу ея въ энергию потенціальную или къ образованію болѣе сложныхъ группъ атомовъ, стремящихся принять то или другое изъ выше разсмотрѣнныхъ положеній равновѣсія. Столкновеніе такихъ болѣе сложныхъ группъ между собой или съ отдѣльными, по прежнему медленно двигающимися, атомами, поведеть или къ соединенію ихъ въ одну группу съ болѣй кинетической энергией, или къ тому, что одинъ изъ атомовъ группы будетъ отброшенъ отъ нея съ довольно большой скоростью, а кинетическая энергія ея станетъ меньше. Если мы окружимъ нашу систему оболочкой, отъ которой атомы отскакиваютъ, сохранивъ свою скорость, то въ концѣ концовъ установится равновѣсіе обмѣна энергіи въ такихъ группахъ атомовъ (небольшихъ кристаллахъ), окруженныхъ атмосферой быстро двигающихся отдѣльныхъ атомовъ (паръ). Если мы будемъ такъ двигать части оболочки (предполагаемой подвижной), чтобы атомы отскакивали отъ нея съ болѣй (меньшей) энергией, то эти кристаллики будутъ расти (уменьшаться). Если же мы будемъ какимъ нибудь образомъ

сообщать энергию самимъ атомамъ группъ, увеличивая этимъ ихъ колебательные движения, и вмѣстѣ съ тѣмъ вводить въ оболочку новые атомы, чтобы число атомовъ въ группахъ не уменьшалось, то внутреннія движения въ группахъ станутъ настолько велики, что всѣ атомы сойдутъ со своихъ положеній равновѣсія и начнутъ кружиться другъ около друга, оставаясь однако въ видѣ нѣкоторой группы (превращеніе въ жидкость). Можетъ однако случиться, что это сообщеніе энергіи оболочки вызоветъ лишь переходъ отъ одного положенія устойчиваго равновѣсія въ другое (вліяніе температуры и давленія на кристаллическую форму хлористаго калія и т. п.).

45. Теорія однороднаго собранія тѣлъ Брава.

46—61. Наиболѣе плотная укладка однороднаго собранія равныхъ и подобныхъ шаровъ или эллипсоидовъ. Искусственное воспроизведеніе модели исландскаго шпата (см. сэръ В. Томсонъ, C. R., 109, 333, 1889).

Мы пришли теперь къ главному предмету этого мемуара.

28. Равенство двухъ коэффиціентовъ сдвига ($n=n_1$) тѣль изотропныхъ и аналогичныхъ соотношенія для кристалловъ представляютъ слѣдствія теоріи Босковича только для однороднаго собранія одиночныхъ точекъ; но, если мы возьмемъ однородное собраніе группъ въ два или болѣе атома Босковича, то мы найдемъ теорію упругости, выводимую изъ однихъ условій симметріи (21 коэффиціентъ Грина), во всей ея общности.

62—65. Можно построить твердое тѣло, изотропное по отношенію къ упругости, при помощи равносторонняго однороднаго собранія одиночныхъ точекъ, подчиняя лишь законъ силы нѣкоторому ограниченію; но это твердое тѣло будетъ подчинено соотношенію Пуассона ($3k=5n$).

66—71. Осуществленіе несжимаемаго твердаго тѣла. Оматеръялизуемъ взаимодѣйствія Босковича, постройте тетраэдръ изъ четырехъ шаровъ, соединенныхъ по двое шестью колѣнчатыми стержнями, негибаемыми, но обладающими упругостью по длине (какъ вѣсы, въ которыхъ пружина прикреплена къ двумъ трубкамъ, которые могутъ свободно ходить одна въ другой, но не вращаясь и не сгибаюсь); затѣмъ помѣстимъ въ

центръ тетраэдра другой шаръ, снабженный четырьмя крылками, но колыччатыми стержнями, примыкающими къ четыремъ вершинамъ тетраэдра. Послѣдній станетъ несжимаемъ.

Вообразимъ теперь два однородныхъ тетраэдрическихъ собранія, расположенныхъ такъ, чтобы вершины одного находились въ центрѣ тетраэдра другого; предположимъ, что на разстояніи, равномъ сторонѣ тетраэдра, происходитъ слабое притяженіе; на разстояніи, нѣсколько большемъ,—ничтожное притяженіе; наконецъ, на разстояніи отъ центра до вершины—энергичное отталкиваніе. Построенное такимъ образомъ твердое тѣло изотропно по отношенію къ упругости, легко деформируемо и при томъ почти несжимаемо.

Въ этой статьѣ сэръ В. Томсонъ не даетъ примѣра, который имѣлъ бы рѣшающее значеніе, а именно примѣра тѣла, обладающаго 21 коэффиціентомъ упругости. Извѣстіе доказательства, которое дано, напр. у Пуанкарѣ, въ его *Théorie mathématique de la Li-
tosphère*, стр. 18—20, или въ его *Théorie de l'Élasticité*, стр. 47—50, и которое, повидимому, вполнѣ справедливо, слѣдуетъ, что, когда внутреннія силы между двумя точками направлены по соединяющей ихъ прямой и зависятъ только отъ разстоянія этихъ точекъ и когда внѣшнія силы равны нулю, то получается 15 отдельныхъ коэффиціентовъ. 21 коэффиціентъ получается безъ внѣшнихъ силъ, если 1) внутреннія силы не центральны,—въ частности, если взаимодѣйствіе двухъ атомовъ не направлено по линіи соединенія, и 2) если это взаимодѣйствіе зависитъ не только отъ разстоянія этихъ двухъ атомовъ, но и отъ разстоянія сосѣднихъ атомовъ.

Поэтому представляеть интересъ описать модель тѣла съ 21 коэффиціентомъ, описанную сэромъ В. Томсономъ въ его *Molecular Dynamics* (стр. 217 и слѣдующія) въ 1884 г.

Разсмотримъ параллелепипедическое распределеніе; положимъ, что взаимодѣйствія происходятъ только между непосредственно сосѣдними молекулами, и разсмотримъ, сколькими различными пружинами мы можемъ располагать для того, чтобы связать вершины одного изъ параллелепипедовъ, соблюдая при этомъ однородность:

- 1) пружинами на 12 ребрахъ, равными по 4, что составляетъ 3 различные группы пружинъ (линейное расширение реберъ);
- 2) пружинами на 12 диагоналяхъ граней, причемъ па-

раллельные пружины должны быть одинаковы; это даетъ 6 группъ (измѣненіе угла граней);

3) независимыми пружинами на 4 диагоналяхъ параллелепипеда (измѣненіе тѣлесныхъ угловъ).

Въ общемъ 13 пружинъ,—прибавивъ отношенія двухъ реберъ къ третьему, получимъ какъ разъ 15 независимыхъ данныхъ для построенія, указываемыхъ теоріей Навье и Пуассона. Легко видѣть, что изотропія сводить эти коэффиціенты къ одному; не хватаетъ только возможности распоряжаться кубической сжимаемостью (стр. 130): «я признаюсь, что это мнѣ казалось очень труднымъ, пока я не догадался обводить веревку два раза вокругъ 12 реберъ параллелепипеда. Здѣсь (показывая модель) вы видите решеніе задачи при помощи этихъ веревокъ, идущихъ вдоль реберъ параллелепипеда и проходящихъ черезъ кольцо у каждой изъ 8 вершинъ. Это нельзя сдѣлать симметрично; это—математическая истина,—по крайней мѣрѣ, я такъ думаю. Прослѣдимъ эту веревку и мы увидимъ, какъ можно это сдѣлать; я самъ снова долженъ найти это. Вотъ порядокъ вершинъ, обозначенныхъ ихъ координатами, если итти по веревкѣ ¹⁾:

(000) (001) (011) (010) (000) (011) (101) (000) (100) (110) (010)
(110) (111) (011) (111) (101) (001) (101) (111) (110) (100) (101) (100).

¹⁾ Я измѣнилъ порядокъ, указанный Томсономъ, переставивъ 2-ю и 4-ю вершину, чтобы веревка проходила на своеемъ пути по каждому ребру два раза по противоположнымъ направлениямъ. Въ первоначальномъ порядке, ребро (000)(001)(011)(010) проходило два раза въ одномъ и томъ же направленіи. На рис. 58 изображена именно исправленная такимъ образомъ схема. Вотъ еще другое расположение, болѣе симметричное и (010) (011) (001) (000) (011) (101) (110) (111) (110) (100) (101) (100), которое также хорошо производить несжимаемость собранія

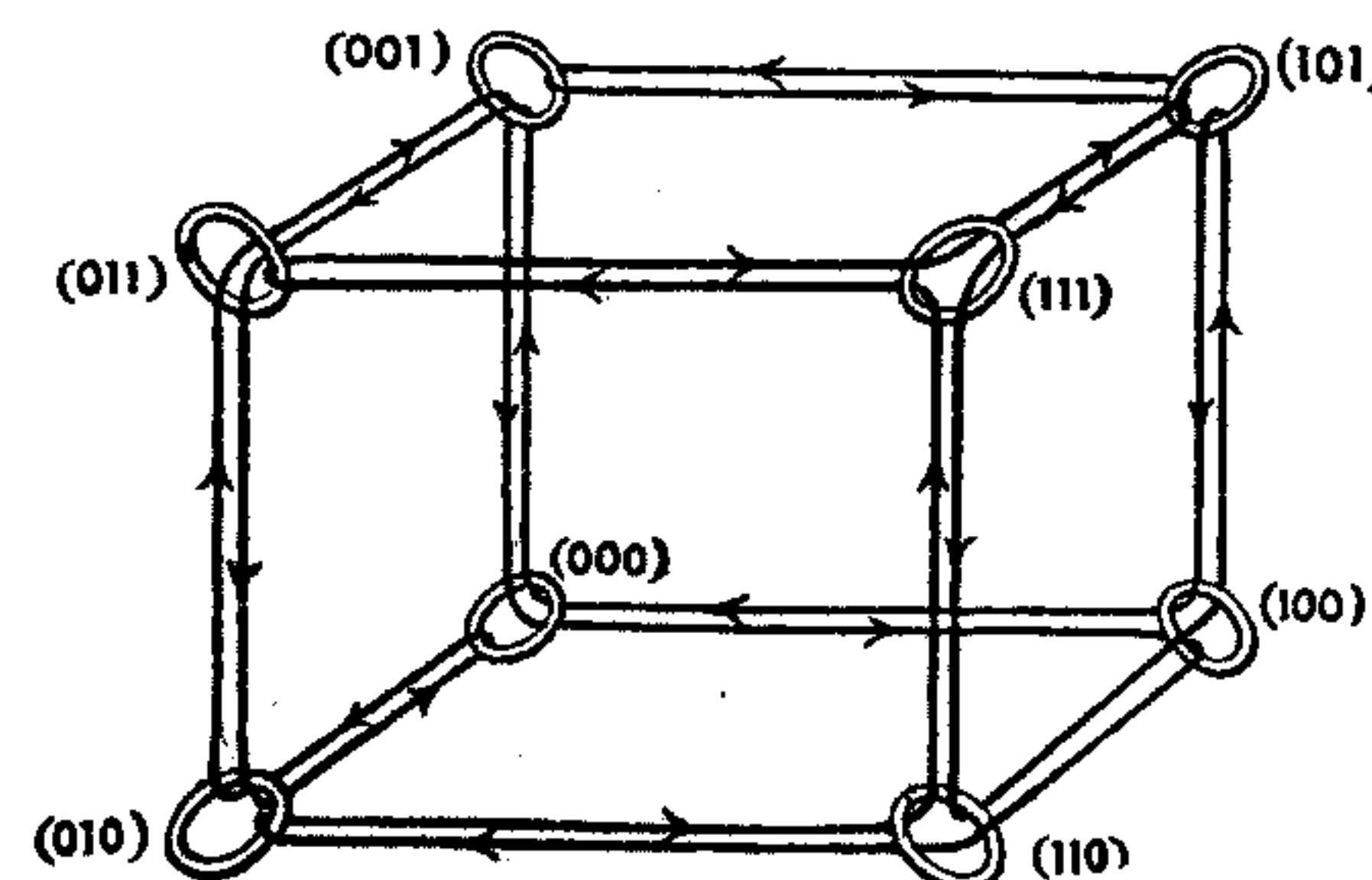


Рис. 58.
смежныхъ параллелепипедовъ, при посредствѣ только двухъ веревокъ на каждомъ ребрѣ, тогда какъ въ расположеніи сэра В. Томсона каждое ребро

«Есть много способовъ сдѣлать это,—это одинъ изъ нихъ; мы заставили веревку пройти три раза черезъ каждую вершину и это все, что требуется».

«Если мы хотимъ устроить несжимаемость, возьмемъ нерастяжимую веревку. Но, скажутъ мнѣ, вы достигли успѣха только тогда, когда употребили гибкое тѣло; хотя это возраженіе меня не очень затрагиваетъ, потому что дѣло идетъ лишь о механической модели, но я могу его устранить и употребить только твердая тѣла; у каждой вершины укрѣпимъ три звоночныхъ колыччатыхъ рычага и свяжемъ ихъ нерастяжимыми проволоками,—и тѣ же самыя условія будутъ удовлетворены. Условіе неизмѣняемости суммы сторонъ, если исходить отъ формы прямоугольного параллелепипеда, равносильно неизмѣняемости объема для небольшихъ деформацій».

«Вместо крѣпкихъ проволокъ возьмемъ для связыванія звоночныхъ колыччатыхъ рычаговъ растяжимыя проволоки и подберемъ различныя упругости для трехъ направлений реберъ; это

собранія было бы проходило четырьмя веревками, а именно (рис. 59):

(000) (100) (000) (010) (000) (001) (000),

или симметричное ему

111) (011) (111) (101) (111) (110) (111).

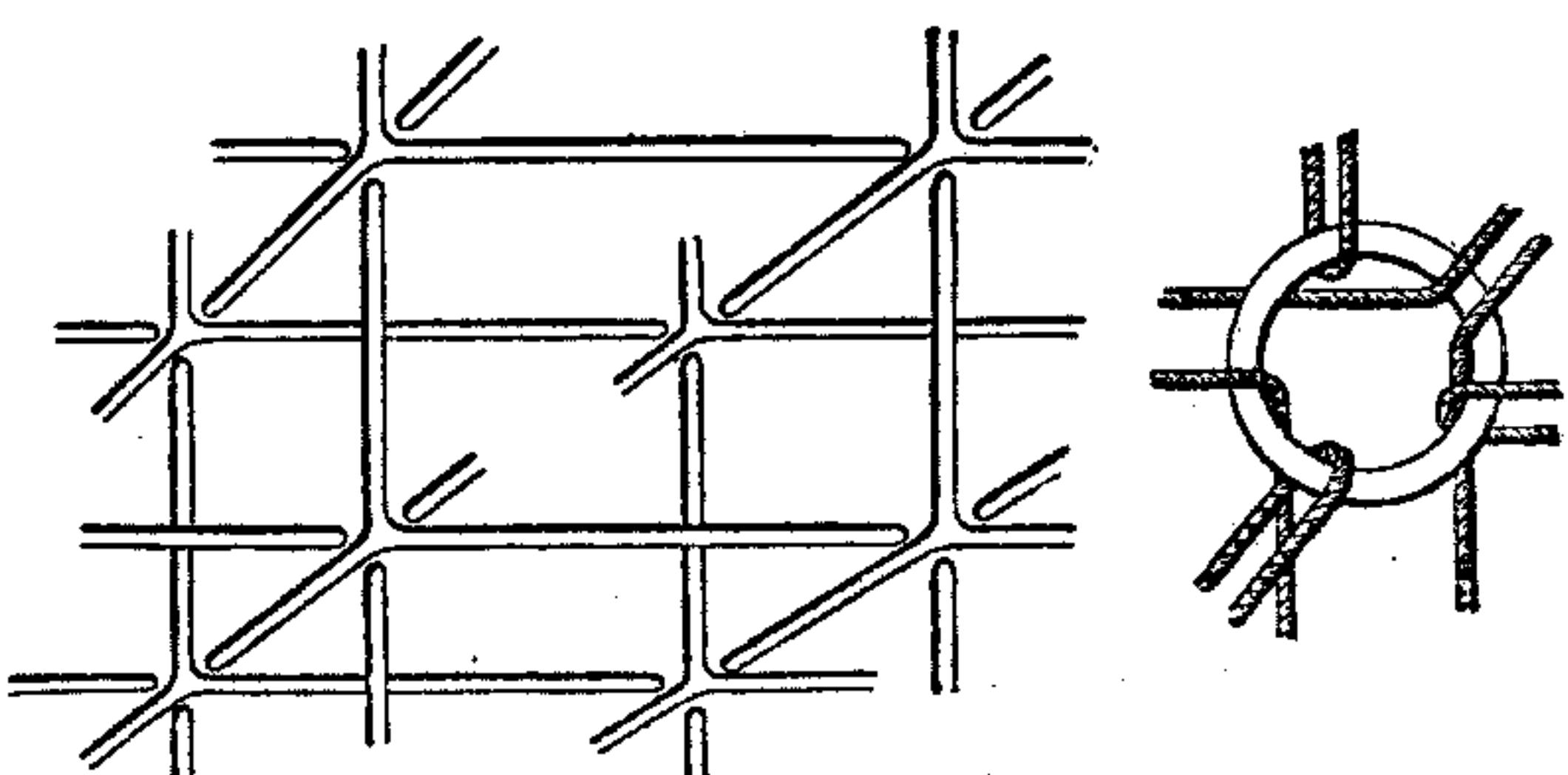


Рис. 59. У каждой вершины все веревки проходятъ черезъ кольцо, такъ какъ указано направо.

Точно также можно было бы устроить отдельно неизмѣнность пло-
щади какой угодно грани или какой угодно диагональной плоскости.

[M. Бриллюэнъ].

даетъ 3 новыхъ независимыхъ данныхъ. Когда тѣло находится въ равновѣсіи, проволоки не испытываютъ никакого натяже-
нія; но при самой общей деформаціи онѣ всѣ принимаютъ уча-
стіе и тогда получается всего 18 независимыхъ данныхъ, если
относить деформацію къ ребрамъ параллелепипеда, какъ къ
осемь координатъ, и 21—когда оси координатъ произвольны».

Легко усмотреть въ веревкѣ сэра В. Томсона взаимодѣйствія двухъ точекъ, измѣняемыя присутствіемъ сосѣднихъ точекъ, а въ двой-
ныхъ проволокахъ со звоночными рычагами, прикрепленными къ пружи-
намъ, еще болѣе сложныя взаимодѣйствія, потому что они зависятъ отъ
сосѣднихъ точекъ и, кроме того, не направлены по линіи соедине-
нія двухъ атомовъ и состоять изъ силы и пары силъ. Такой при-
мѣръ представляеть, слѣд., собой прекрасную иллюстрацію этого
классическаго предложенія Грина. И, только отказавшись отъ про-
стыхъ взаимодѣйствій, можно продолжать такъ, какъ это дѣлаетъ
сэръ В. Томсонъ.

«Замѣтимъ теперь, что Навье и Пуассонъ даютъ намъ воз-
можность сдѣлать звоночный рычагъ, хотя они не могутъ дать намъ
возможность сдѣлать желе (см. прим. 3 на стр. 168),—т. е.
несжимаемое тѣло. Они даютъ намъ возможность сдѣлать упру-
гую зигзагообразную пружину. Возьмемъ поэтому твердая тѣла,
удовлетворяющія ихъ теоріи, и изготовимъ изъ нихъ звоночные
рычаги и пружины; присоединимъ ихъ другъ къ другу, возьмемъ
ихъ достаточно небольшого размѣра и въ достаточно большомъ
числѣ и мы получимъ однородное твердое тѣло, составленное
изъ частей, удовлетворяющихъ ограниченіямъ Пуассона и Навье,
но которое, въ цѣломъ, освобождено отъ нихъ».

Этотъ способъ разсматривать твердое тѣло, какъ составленное
изъ молекулъ, каждая изъ которыхъ имѣть уже очень сложное
строеніе, приводить сэра В. Томсона къ любопытному взгляду на
желѣзные постройки нашихъ инженеровъ, какъ на элементы твер-
дыхъ тѣлъ (*Molec. Dyn.*, стр. 214):

«Гетеротропное строеніе, вродѣ строенія ткани, металличе-
ской сѣтки, представляеть, по моему мнѣнію, большой интересъ
въ практической механикѣ. Теорія этой гетеротропії ¹⁾ въ

¹⁾ Гетеропнымъ, эолотропнымъ, анизотропнымъ, въ противополож-
ность изотропному, называется такое строеніе, свойства которого не
одинаковы по всѣмъ направленіямъ вокругъ некоторой точки.

сплошныхъ твердыхъ тѣлахъ ведеть нась къ важнымъ заключеніямъ относительно построекъ. Дѣйствительно, всѣ наши желѣзныя постройки, устои, стропила и т. д. таковы, что тысячи ихъ, присоединенные бокъ о бокъ, какъ кирпичи въ зданіи, составили бы золотропное твердое тѣло. Нашъ нѣсколько отвлеченный вопросъ объ золотропіи тѣсно связанъ съ важными практическими вопросами о томъ, какого рода деформаціи испытываетъ тѣло подъ влияніемъ данныхъ силъ. Возьмемъ, напр., башню съ діагональными раскосами, какъ, напр., электрическій маякъ, освѣщающій Гельгетскій [Hell-gate] проходъ въ Нью-Йоркскомъ заливѣ. Если помѣстить довольно тяжелый грузъ на его вершину, то онъ покажетъ намъ ту же боковую золотропность по отношенію къ крѣпости, какая развивается въ проволокѣ при остающемся кручениіи, превышающемъ предѣлъ

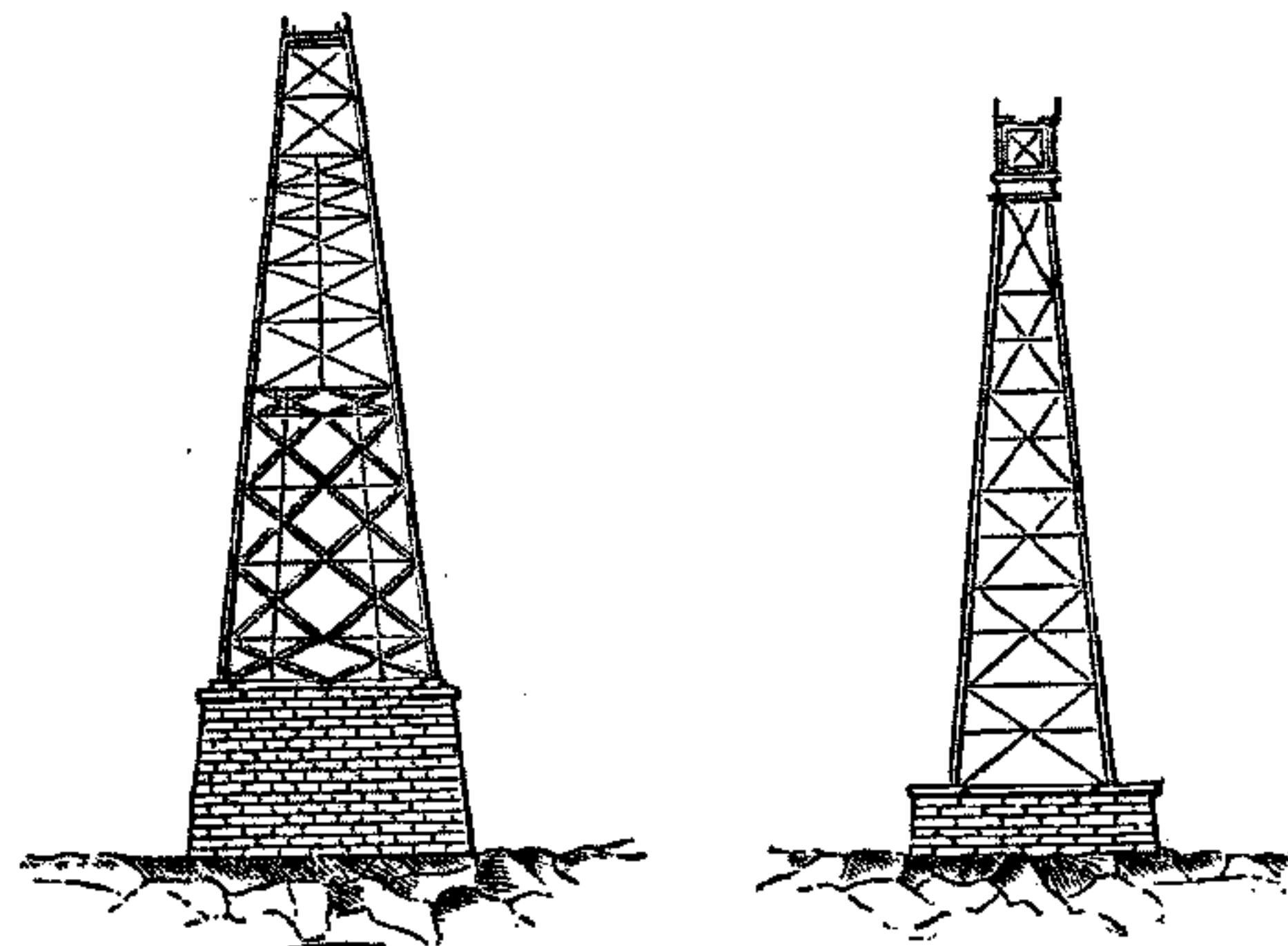


Рис. 60. Мостовые устои, имѣющіе двѣ вертикальныхъ взаимно перпендикулярныхъ плоскости симметріи.

я упругости. Вообще, независимые раскосы башни помѣщаются всѣ симметрично, (рис. 60) такъ, что ничего подобного не должно было бы происходить; но въ башнѣ, поперечные балки которой диссимметричны и всѣ діагональныя связи проходятъ въ одномъ и томъ же направленіи, мы найдемъ эту золотропію. Я ограничусь упоминаніемъ этого довольно грубаго примѣра, только для того, чтобы указать вамъ, что теорія упругихъ сплошныхъ твердыхъ тѣлъ тѣсно связана съ вопросами, очень важными для строительного искусства».

Вышеуказанный родъ винтовой диссимметріи, правой или лѣвой,

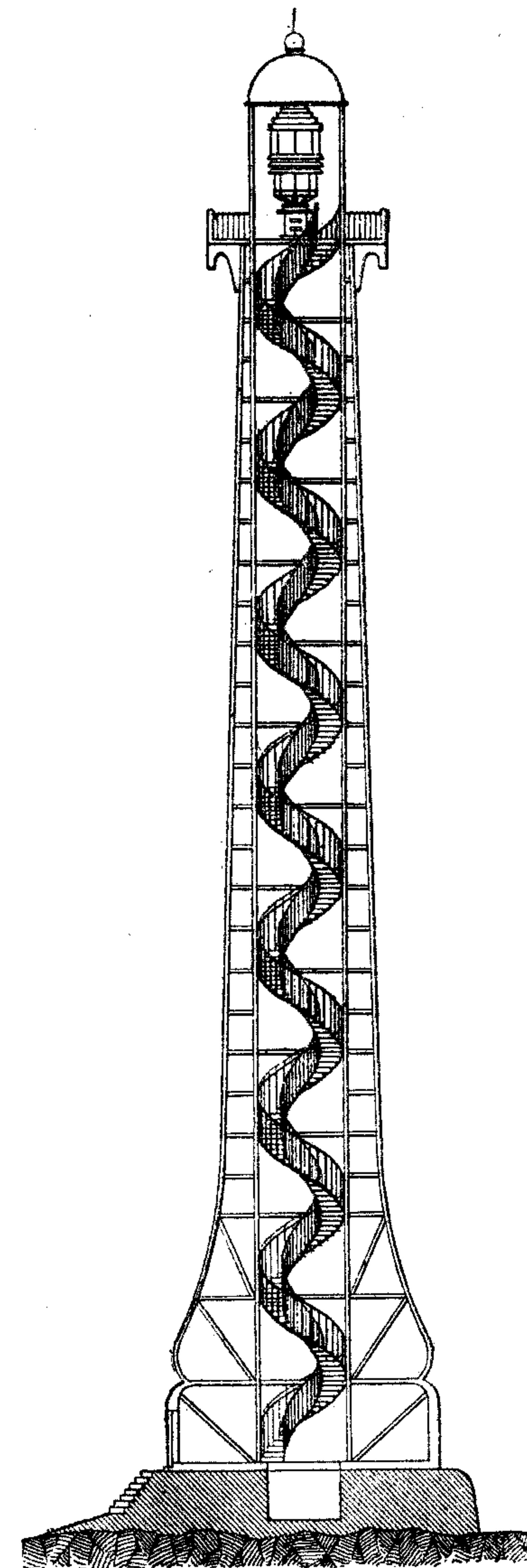


Рис. 61. Металлический маякъ у Рошъ-Дувръ (Roches-Douvres), на сѣверѣ Бретани. Полная винтовая симметрія.

смотря по направлению недостающихъ диагоналей, почти всегда имѣть мѣсто въ маякахъ, не имѣющихъ важнаго значенія, даже построенныхъ симметрично (рис. 61); въ винтовой лѣстницѣ, ступеньки которой помѣщены вокругъ нѣкоторой полой трубы, грузъ, помѣщенный на ступеньки, производить сжатіе, изгибъ и кручение, потому что двѣ первыхъ деформаціи непремѣнно сопровождаются третьей.

ПРИБАВЛЕНИЕ III.

Механическія изображенія магнитнаго поля.

Движеніе вязкой жидкости; равновѣсие или движеніе упругаго твердаго тѣла; равновѣсие или движеніе идеальнаго вещества, называемаго для краткости *эфиромъ*; механическое изображеніе магнитнаго поля.

[Статья сэра В. Томсона, напечатанная первый разъ въ *Math. Phys. Pap.* 3, ст. XCIX, 436—465,—въ сокращеніи М. Бриллюэна].

Напомнивъ извѣстныя уравненія, относящіяся къ вязкимъ жидкостямъ (§§ 1—11) и къ упругимъ твердымъ тѣламъ (§§ 12—13), сэръ В. Томсонъ переходитъ къ *гиростатическому эфиру* (§§ 14—20; стр. 166). Онъ опредѣляетъ его, какъ сплошное тѣло, которое оказываетъ безконечно-большое сопротивленіе измѣненію объема; которое оказываетъ сопротивленіе, но подчиняется парамъ силъ, стремящимся его поворачивать, и которое безъ всякаго сопротивленія поддается любой деформаціи безъ вращенія. Упругое несжимаемое тѣло,—жеle,—наоборотъ, оказываетъ сопротивленія деформаціямъ, не сопровождаемымъ никакимъ вращеніемъ, и поддается безъ сопротивленія парамъ силъ. Если обозначить черезъ u , v , w перемѣщенія какой нибудь точки, то гиростатическія силы X , Y , Z , дѣйствующія на грани, перпендикулярныя къ x , y , z , даются (въ прямоугольныхъ координатахъ) слѣдующей таблицей

	X	Y	Z
Грань, нормальная къ Ox ,	$-p$	$n\left(\frac{dv}{dx} - \frac{du}{dy}\right)$	$n\left(\frac{dw}{dx} - \frac{du}{dz}\right)$