

Шаги къ кинетической теоріи матерії.

[Рѣчь, произнесенная при открытии секціи Математики и Физики Британской Ассоціаціи на съездѣ въ Монреалѣ [Montreal], 1884. (Brit. Assoc. Report, стр. 613)].

Всѣмъ извѣстная теперь кинетическая теорія газовъ представляетъ собою такой важный шагъ на пути къ объясненію движениемъ по виду статическихъ свойствъ матерії, что почти не представляется возможности не предвидѣть мысленно возникновенія полной теоріи матерії, въ которой всѣ свойства матерії будутъ разматриваться, просто какъ атрибуты движения. Если мы пожелаемъ найти зародышъ этой идеи, то мы должны обратиться назадъ къ Демокриту, Эпікуру и Лукрецію. Мы можемъ затѣмъ, не пропустивъ, я думаю, ни одного шага впередъ, пройти молчаниемъ 1,800 лѣтъ. Въ началѣ прошлаго столѣтія мы находимъ въ *Recherche de la Vérité* («Отысканіе Истины») Малебранша утвержденіе, что *la dureté des corps* [твердость тѣлъ] зависитъ отъ *petits tourbillons* [небольшихъ вихрей¹⁾]. Хотя

¹⁾ «Доказательство предположенія, мною сдѣланного: что тонкая или эфирная матерія состоить непремѣннымъ образомъ изъ *небольшихъ вихрей*; и что они суть естественные причины всѣхъ измѣненій, которыя испытываетъ матерія; что я подтверждаю объясненіемъ самыхъ общихъ явлений Физики, каковы суть: твердость тѣлъ, ихъ текучесть, ихъ тяжесть, ихъ легкость, свѣтъ, преломленіе и отраженіе его лучей». [*Preuve de la supposition que j'ay faite: Que la matière subtile ou éthérée est nécessairement composée de petits tourbillons; et qu'ils sont les causes naturelles de tous changements qui arrivent à la matière; ce que je confirme par l'explication des effets les plus généraux de la Physique, tels*

эти слова зарыты въ безнадежную массу непонятныхъ положеній физической, метафизической и теологической философіи того времени и не поддерживаются ни въ какомъ другомъ мѣстѣ этихъ трехъ томовъ никакимъ объясненіемъ, разъясненіемъ или примѣромъ, а только затемняются иной отдельной фразой или словомъ, которая можно найти въ этой большой книгѣ, — тѣмъ не менѣе они выражаютъ опредѣленное представление, составляющее въ высшей степени замѣчательный шагъ впередъ на пути къ кинетической теоріи матерії. Нѣсколько позже Даніиль Бернулли проповѣдуетъ то, что мы принимаемъ теперь за наиболѣе достовѣрный членъ научнаго символа вѣры,—кинетическую теорію газовъ. Онъ, насколько я знаю, думалъ только о законѣ Бойля и Мариотта «пружинности воздуха»¹⁾, какъ выражался Бойль, и не обращалъ вниманія на измѣненіе температуры воздуха или увеличеніе его давленія, если воздуху не давать расширяться при возвышенніи температуры,—явление, которое Бойль, можетъ быть, едва зналъ,—и еще менѣе обращалъ онъ вниманіе на возвышеніе температуры, производимое сжатіемъ, и на пониженіе температуры отъ расширенія воздуха и на слѣдующую отсюда необходимость выжидать долю секунды или нѣсколько секундъ времени (съ приборами такой величины, какая обыкновенно бываетъ въ опытахъ), чтобы увидѣть, какъ получившееся большее, чѣмъ слѣдуетъ, измѣненіе давленія уменьшается до той величины измѣненія, которая подтверждаетъ законъ Бойля. Разсмотрѣніе этихъ явлений Джулемъ сорокъ лѣтъ тому назадъ въ соединеніи съ оригинальнымъ представленіемъ Бернулли составило фундаментъ для кинетической теоріи газовъ въ томъ видѣ, въ какомъ мы теперь ее имѣемъ. Но какое великое и полезное зданіе было возведено на этомъ фундаментѣ Клаузіусомъ и Максвеллемъ и какія изящныя украшенія мы видимъ на вершинѣ его въ видѣ радиометра Крукса, надежно прикрѣпленного къ этой вершинѣ

que sont la dureté des corps, leur fluidité, leur pesanteur, leur légèreté, la lumière réfraction et reflexion de ses rayons», — *Malebranche, Recherche de la Vérité, 1712.*

(Прим. автора).

¹⁾ См. стр. 100.

(Прим. перев.).

при посредствѣ счастливаго открытия Тэта и Дьюара ¹⁾, что длина свободнаго пути молекулъ воздуха, остающихся въ хорошей современной пустотѣ, можетъ достигать нѣсколькихъ дюймовъ! Объясненія диффузіи газовъ и теплопроводности въ газахъ, данныя Клаузіусомъ и Максвэллемъ, ихъ очаровательное по вразумительности заключеніе, что въ газахъ диффузія тепла, происходящая вслѣдствіе обмѣна энергіи при столкновеніяхъ между молекулами ²⁾, только немногимъ быстрѣе диффузіи

¹⁾ Proc. R. S. E. 2 марта 1874 и 5 июля 1875 ³⁾.

(Прим. автора).

²⁾ Съ другой стороны въ жидкостяхъ вслѣдствіе весьма тѣсной скученности молекулъ диффузія тепла должна происходить главнымъ образомъ при посредствѣ обмѣна энергіями между молекулами и должна быть, какъ опытъ и показываетъ, въ значительной степени быстрѣе диффузіи самихъ молекулъ, а эта послѣдняя опять должна быть гораздо менѣе быстрой, чѣмъ какая либо, вещественная или тепловая, диффузіонная способность газовъ. Такъ, Фиккъ нашелъ, что диффузіонная способность поваренной соли черезъ воду имѣть такую незначительную величину, какъ 0.0000116 квадратныхъ сантиметра въ секунду: разъ въ 200 больше этого диффузіонная способность тепла черезъ воду, которая, какъ нашелъ Дж. Т. Боттомлэй, равна, приблизительно, 0.002 квадратныхъ сантиметра въ секунду. Вещественные диффузіонные способности газовъ, согласно опытами Лошмидта, простираются отъ 0.098 (взаимная диффузіонная способность [inter-diffusivity] углекислоты и окиси азота) до 0.642 (взаимная диффузіонная способность окиси углерода и водорода), — между тѣмъ, какъ тепловыя диффузіонные способности газовъ, вычисленныя согласно кинетической теоріи газовъ Клаузіуса и Максвэлля, суть 0.089 для углекислоты, 0.16 для обыкновенного воздуха и для другихъ газовъ почти такой же плотности и 1.12 для водорода (причемъ всѣ, какъ вещественные, такъ и тепловые, выражены въ квадратныхъ сантиметрахъ въ секунду) ⁴⁾.

(Прим. автора).

³⁾ Proc. Roy. Soc. Ed., 8, № 89, 348—9 и № 90, 528.

(Прим. перев.).

⁴⁾ Эти диффузіонные способности [diffusivities] представляютъ собой коэффициентъ κ въ основномъ уравненіи теоріи диффузіи (въ обыкновенномъ смыслѣ) или теплопроводности

$$\frac{du}{dt} = \kappa \frac{d^2u}{dx^2},$$

гдѣ u есть концентрація раствора или температура. Если обозначимъ черезъ L , T и U единицу длины, единицу времени и единицу концен-

молекулъ, тогда какъ главный переносъ тепла совершаются при посредствѣ дѣйствительного переноса самихъ молекулъ; и Максвэллевское объясненіе вязкости газовъ вмѣстѣ съ тѣми абсолютными численными соотношеніями, которыя были установлены работою этихъ двухъ великихъ изслѣдователей между тремя свойствами — диффузіей, теплопроводностью и вязкостью, — все это присоединило къ области науки общирную и постоянно растущую провинцію.

До такой степени богата по практическимъ результатамъ, кинетическая теорія газовъ, въ томъ развитіи, которое она получила до сихъ поръ, останавливается, какъ вкопанная, передъ атомомъ или молекулой, и даже не даетъ никакихъ указаній на то, какъ объяснить тѣ свойства, благодаря которымъ атомы или молекулы взаимно вліяютъ другъ на друга. Чтобы найти нѣкоторое указаніе относительно пути къ болѣе глубокой и болѣе понятной теоріи матеріи, мы съ у交织омъ можемъ оглянуться на конецъ прошлаго столѣтія и начало настоящаго и разыскать заключеніе Румфорда относительно тепла, выдѣляемаго при просверливаніи мѣдной пушки: «Мнѣ кажется, что крайне трудно, если не совершенно невозможно, составить какое либо опредѣленное представление о чёмъ нибудь такомъ, что могло бы возбуждаться и передаваться такъ, какъ возбуждалось и передавалось тепло въ этихъ опытахъ, если только это не есть движеніе;» ¹⁾ и еще болѣе убѣдительное утвержденіе Дэви: «Существование явлений отталкиванія не зависитъ отъ нѣкоторой особенной упругой жидкости...» «Тепло можетъ быть опредѣлено, какъ особый родъ движенія, — вѣроятно, колебаніе, — частицъ тѣль, — движенія, стремящагося раздѣлить ихъ...» «Чтобы отличить это движение отъ другихъ, указать причины нашихъ тепловыхъ ощущеній и т. д., было принято название

траціи или температуры, то измѣренія коэффициента k (K), найдемъ изъ соотношенія $UT^{-1}=KUL^{-2}$. откуда $K=L^2T^{-1}$.

(Прим. перев.).

¹⁾ Труды графа Румфорда [Count Rumford's Works], т. I, стр. 90, напечатанные Американской Академіей Искусствъ и Наукъ, Бостонъ, 1890

(Прим. автора).

*отталкивателъного движенія*¹⁾). Это въ высшей степени важная для насъ мысль. Было бы нѣсколько смѣлымъ оборотомъ рѣчи сказать, что земля и луна удерживаются во взаимномъ отдаленіи отталкивателънымъ движеніемъ; а однако, въ концѣ концовъ, что такое центробѣжнаа сила, какъ не отталкивателъное движеніе, и развѣ не можетъ быть, что совсѣмъ не существуетъ такой вещи, какъ отталкиваніе, и что единствено инерція производить то, что, повидимому, есть отталкиваніе? Два тѣла летятъ другъ къ другу; движеніе ихъ ускоряется вслѣдствіе взаимнаго притяженія и, если они не попадутъ точно другъ въ друга, то они непремѣнно разойдутся вслѣдствіе инерціи ихъ массъ. Такимъ образомъ, скользнувъ другъ по другу и описавъ сильно вогнутыя кривыя вокругъ ихъ общаго центра тяжести, эти тѣла снова разлетятся врозь. Невнимательный зритель могъ бы подумать, что эти тѣла оттолкнули другъ друга, и могъ бы не замѣтить разницы между тѣмъ, что онъ видитъ на самомъ дѣлѣ, и тѣмъ, что онъ видѣлъ бы, если бы эти два тѣла были пущены съ большой скоростью прямо другъ въ друга и, либо отскочивши другъ отъ друга послѣ своего столкновенія, либо описавъ вслѣдствіе взаимнаго отталкиванія сильно выпуклыя непрерывныя линіи, разлетѣлись снова врозь.

Джуль, Клаузіусъ, Максвэлль, — и, безъ сомнѣнія, самъ Даніилъ Бернулли и, я думаю, всякий, кто до сихъ поръ написалъ или сдѣлалъ что нибудь вполнѣ ясное въ кинетической теоріи газовъ,—принимали взаимодѣйствіе сталкивающихся молекулъ за отталкивателъное. Но развѣ это дѣйствіе, несмотря на все, не можетъ быть притягательнымъ? Эта мысль никогда не покидала моей головы съ тѣхъ поръ, какъ я, лѣтъ тридцать пять тому назадъ, впервые прочелъ «Отталкивателъное движеніе» [Repulsive Motion] Дэви, но я ничего не сдѣлалъ съ этой мыслью,—во всякомъ случаѣ, не сдѣлалъ до сегодня (16-го іюня 1884 года),—если только можно сказать,

¹⁾ „Опытъ теоріи тепла, свѣта и соединеній свѣта“. Собрание трудовъ сэра Гемфри Дэви («Essay on Heat, Light, and the Combinations of Light». Collected Works of Sir Humphry Davy) т. II, стр. 10, 14 и 20.

(Прим. автора).

что я сдѣлалъ что нибудь съ нею, когда, приготовляясь къ настоящей рѣчи, я замѣтилъ, что старые опыты, произведенные Джулемъ и мною ¹⁾ надъ тепловымъ дѣйствіемъ газовъ, подъ сильнымъ давленіемъ выходящихъ изъ сосуда, черезъ пористую пробку, доказываютъ, что менѣе плотный газъ имѣеть большую внутреннюю *потенциальную* энергию, чѣмъ болѣе плотный газъ, если мы примемъ относительно температуры газа обыкновенную гипотезу, согласно съ которой два газа будутъ одинаковой температуры ²⁾, когда кинетическая энергія составляющихъ ихъ молекулъ имѣютъ равныя среднія величины, по отношению къ одной молекулѣ.

Представьте себѣ это слѣдующимъ образомъ. Вообразите себѣ великое множество частицъ, заключенныхъ въ оболочку, которую можно по произволу въ любомъ мѣстѣ ея поверхности вдавливать внутрь. Разставьте теперь корпусъ саперовъ максвеллевской арміи демоновъ-распредѣлителей ³⁾ вокругъ всей этой заключенной въ оболочку части, приказавъ имъ старательно вездѣ вталкивать оболочку внутрь, когда нѣть близко никого изъ принадлежащихъ къ осажденнымъ войскамъ, и не дѣлать ничего, когда они завидятъ приближеніе кого нибудь изъ послѣднихъ,—не дѣлать до тѣхъ поръ, пока эти не повернутъ

¹⁾ Перепечатаны въ *Сборникъ математическихъ и физическихъ работъ* сэра В. Томсона (Mathematical and Physical Papers), т. I, стр. XLIX, стр. 381; смотри, также Собрание работъ Джуля (Joule's Collected Papers), т. II, стр. 216.

(Прим. автора).

²⁾ Что это есть чистая гипотеза, почти не замѣчали ни сами основатели, ни почти всѣ писавшіе по кинетической теоріи газовъ. Никто еще не изслѣдовалъ вопроса: каковы условія средняго распределенія кинетической энергіи, выполняемыя двумя частями газообразнаго вещества, разделенными тонкой упругой перепонкой, которая безусловно препятствуетъ взаимной диффузіи вещества, допуская между тѣмъ обмѣнъ кинетической энергіи, который происходилъ бы при посредствѣ столкновеній съ ней? Въ самомъ дѣлѣ, я знаю только, что настоящія слова представляютъ самое первое, какое когда либо было опубликовано, изложеніе этихъ условій задачи о равныхъ температурахъ двухъ газообразныхъ массъ.

(Прим. автора).

³⁾ См. статью „Демонъ-распредѣлитель Максвэлля“ стр. 96—99.

(Прим. перев.).

снова внутрь¹⁾). Слѣдствіемъ этого будетъ, что при совершенно той же суммѣ кинетической и потенциальной энергіи того же самаго множества заключенныхъ частицъ, толпа эта окажется вынужденной сдѣлаться плотнѣе. Но однако старые опыты, сдѣланные Джулемъ и мною надъ истечениемъ воздуха, доказываютъ, что, если скопищемъ этимъ будетъ обыкновенный воздухъ, или кислородъ, или азотъ, или углекислота, то получается температура нѣсколько выше въ случаѣ болѣй плотности, чѣмъ въ случаѣ меньшей плотности, когда энергіи тѣ же самыя. По гипотезѣ, равенство температуры у двухъ различныхъ газовъ или у двухъ частей одного и того же газа, но различныхъ плотностей, означаетъ равенство кинетическихъ энергій одинакового числа молекулъ этихъ двухъ веществъ. Поэтому изъ нашихъ наблюдений, указывающихъ, что температура выше въ болѣе плотномъ скопищѣ, слѣдуетъ, что потенциальная энергія будетъ тамъ менѣе. Это—все еще, однако, при предположеніи, что мы согласны съ температурной гипотезой—доказываетъ нѣкоторую степень притяженія между частицами, но это не доказываетъ существованія окончательного притяженія между двумя молекулами, сталкивающимися или находящимися на разстояніи, гораздо меньшемъ, чѣмъ среднее разстояніе другъ отъ друга ближайшихъ сосѣдей въ этомъ скопищѣ. Сила при столкновеніи могла бы быть отрицательной, какъ обыкновенно предполагали до сихъ поръ, и всетаки притяженіе могло бы преобладать, въ общемъ итогѣ, въ разности между внутренними потенциальными энергіями болѣе плотнаго и менѣе плотнаго скопища. Замѣчательно, однако, что объясненіе по кинетической теоріи газовъ распространенія звука черезъ газы и даже положительного гидростатического давленія газа на стѣнки заключающее его со суда является совершенно независимымъ отъ вопроса, будеть

ли окончательная сила при столкновеніи притягательной или отталкивателльной. Понятно, надо при этомъ подразумѣвать, что, если она притягательная, то частицы должны быть такъ малы, чтобы онѣ почти никогда не встрѣчались.—чтобы *никогда* не встрѣчаться, онѣ бы должны были быть безконечно малыми,—такъ малы, чтобы, въ дѣйствительности, онѣ встрѣчались такъ рѣдко въ сравненіи съ числомъ разъ, когда ихъ пути только отклоняются на большой уголъ вслѣдствіе притяженія, что вліяніе этихъ чисто притягательныхъ встрѣч преобладаетъ надъ вліяніемъ сравнительно очень рѣдкихъ соудареній при непосредственномъ соприкосновеніи. Такимъ образомъ, въ концѣ концовъ, тотъ ходъ размышеній, на который наводить Repulsive Motion Дэви, не позволяетъ намъ совсѣмъ откинуть идею о дѣйствительномъ отталкиваніи, а только позволяетъ намъ сказать, что эта идея не имѣть значенія,—и сказать это даже безъ особой увѣренности, потому что, если только вообще случаются соударенія, то избѣжать разсмотрѣнія природы силы впродолженіе соударенія и разсмотрѣнія дѣйствія этихъ взаимныхъ соудареній, какъ бы они рѣдки ни были, невозможно, разъ пытаешься составить какое нибудь реальное представление о кинетической теоріи газовъ. И въ самомъ дѣлѣ, если только мы не удовлетворяемся тѣмъ, что вообразимъ атомы математическими точками, надѣленными инерціей и, согласно съ Босковичемъ, надѣленными силами взаимнаго, положительного и отрицательного, притяженія,—силами, измѣняющимися въ нѣкоторой опредѣленной функціи отъ разстоянія, то мы не можемъ миновать вопроса о соудареніяхъ и о происходящихъ отъ соудареній колебаніяхъ и вращеніяхъ молекулъ и мы должны рассматривать каждую молекулу отдельно, какъ либо небольшое упругое твердое тѣло, либо особый видъ движенія въ сплошной все-проникающей жидкости. Я самъ не вижу, какимъ образомъ мы когда либо будемъ въ состояніи прочно остановиться гдѣ либо, не дойдя до этой послѣдней точки зреенія; но, если бы мы могли, такъ сказать, сдѣлать механическую модель газа изъ небольшихъ круглыхъ кусковъ вполнѣ упругой твердой матеріи, летающихъ во всѣхъ направленіяхъ по про-

¹⁾ Такимъ образомъ уменьшаютъ объемъ, не прилагая къ газу никакой вѣшней работы, но при этомъ, именно, предполагается, что во всякий моментъ можно найти такія части или, по крайней мѣрѣ, такія точки поверхности, дѣйствіе на которыхъ подвижныхъ молекулъ равно нулю. Демоны Максвелля должны только совершать внутреннюю работу деформаций оболочки.

(Прим. перев.).

странству, занятому газомъ, и ударяющихся другъ объ друга и объ стѣнки заключающаго ихъ сосуда, то это было бы очень пріятнымъ временнымъ мѣстомъ отдохновенія по пути къ этой точкѣ зреѣнія. Вотъ, на самомъ дѣлѣ, все, что намъ дала до настоящаго времени кинетическая теорія газовъ, и это, въ рукахъ Клаузіуса и Максвэлля, привело насъ къ тѣмъ великимъ результатамъ, которые составляютъ нашъ первый шагъ по пути къ молекулярной теоріи матеріи. Конечно, отъ него мы должны были бы пойти дальше, чтобы найти объясненіе упругости и всѣхъ другихъ свойствъ самыхъ молекулъ,—предметъ гораздо болѣе сложный и трудный, чѣмъ тѣ свойства газовъ, для объясненія которыхъ мы принимаемъ молекулу упругой; но, не объясняя вовсе свойствъ самой молекулы, а просто принимая, что молекула имѣеть требуемыя свойства, мы можемъ съ наслажденіемъ остановиться на созерцаніи кинетической теоріи газовъ и объясненія, даваемаго ею свойствамъ газовъ,—объясненія, которое не только изумительно важно, какъ шагъ къ болѣе глубоко проникающей теоріи матеріи, но которое несомнѣнно представляетъ собой выраженіе ряда совершенно понятныхъ и опредѣленныхъ фактovъ въ природѣ.

[Но горе нашей механической модели, состоящей изъ тучи маленькихъ упругихъ твердыхъ тѣлъ, летающихъ по всѣмъ направлениямъ другъ между другомъ! Хотя бы каждая частица обладала безусловно полной упругостью, конецъ долженъ быть почти совсѣмъ такимъ же, какъ если бы онъ были не вполнѣ упруги. Среднимъ результатомъ повторяющихся и повторяющихся взаимныхъ столкновеній должно быть постепенное превращеніе всей поступательной энергіи въ энергию все болѣе и болѣе рѣзкихъ колебаній молекулъ. Является, повидимому, несомнѣннымъ, что при каждомъ столкновеніи молекула въ колебаніяхъ весьма мелкихъ частей молекулы, раздѣленной на эти части узловыми линіями, остается больше энергіи, чѣмъ было энергіи въ этихъ колебаніяхъ передъ соудареніемъ. Чѣмъ мельче это узловое подраздѣленіе, тѣмъ меньше должно быть стремленіе къ переходу во время столкновенія части колебательной энергіи въ форму энергіи поступательной, и я думаю, что можно

строго доказать, что, если каждая молекула есть сплошное упругое твердое тѣло, то вся поступательная энергія должна въ концѣ концовъ превратиться въ колебательную энергию все высшихъ и высшихъ узловыхъ подраздѣленій. Итакъ, оставимъ кинетическую теорію газовъ съ этой неразрѣшенной трудностью, въ надеждѣ, что мы или другіе послѣ насъ будутъ въ состояніи вернуться къ ней, вооруженные болѣе глубокими знаніями свойствъ матеріи и болѣе острымъ математическимъ оружіемъ, чтобы прорѣзать насквозь ту завѣсу, которая въ настоящее время закрываетъ отъ насъ всякий видъ на самую молекулу и на тѣ дѣйствія,—помимо простой перемѣны поступательного движения,—которая она испытываетъ при столкновеніи ¹⁾].

Дать объясненіе упругости газа—такова была первона-чальная цѣль кинетической теоріи газовъ. Этой цѣли можно достичь только принятиемъ упругости, болѣе сложной по характеру и болѣе трудной для объясненія, чѣмъ упругость газовъ,—упругости твердыхъ тѣлъ. Такимъ образомъ, если бы даже не существовало той роковой ошибки въ этой теоріи, на которую я указалъ, и если бы мы могли быть вполнѣ удовлетворены кинетической теоріей газовъ, основанной на столкновеніяхъ упругихъ твердыхъ молекулъ, то все таки за нею находилась бы болѣе грандиозная теорія, которую не надо считать за химерическую цѣль научнаго честолюбія,—теорія, должнаствующая объяснить упругость твердыхъ тѣлъ. Но, когда мы устремимъ взоры по направленію къ такой теоріи, нась могутъ остановить ядовитымъ вопросомъ: «да что вы понимаете подъ объясненіемъ свойства матеріи?» Остановленный подобнымъ вопросомъ, я могу сказать на него только то, что, если бы вся наука физики состояла изъ инженернаго искусства и заканчивалась однимъ имъ, то мы поневолѣ довольствовались бы лишь тѣмъ, что прямо находили бы изъ наблюдений свойства матеріи и пользовались бы ими для практическихъ

¹⁾ По поводу отрывка, заключенного въ скобки, смотри «Прибавление къ этой статьѣ, стр. 177. (Прим. перев.).

цѣлей. Но я увѣренъ, что существуетъ очень мало инженеръ,—можетъ быть и совсѣмъ нѣть,—которые на практикѣ удовлетворялись бы такимъ узкимъ взглядомъ на свою благородную профессію. Они должны наблюдать и, дѣйствительно, терпѣливо наблюдаютъ и при помощи наблюденія открываютъ свойства веществъ и результаты различныхъ комбинацій веществъ. Но болѣе глубокіе вопросы всегда на лицо и всегда переполнены интереса для настоящаго инженера и онъ будетъ послѣднимъ изъ тѣхъ, кто при попыткѣ взглянуть подъ поверхность вещей скорѣе придастъ значеніе какому либо иному возраженію, чѣмъ исключительно практическому вопросу: «Вѣроятно ли, что это окажется вполнѣ празднымъ?» Но теперь вмѣсто того, чтобы воображать, что вопросъ «что вы понимаете подъ объясненіемъ свойства матерій?» поставленъ намъ съ коварствомъ, и позволять себѣ раздражаться этимъ, положимъ, что мы довѣляемъ благородствомъ къ намъ спрашивающаго и снизойдемъ до попытки отвѣтить на его вопросъ. Окажется, что намъ не очень-то легко сдѣлать это. Всѣ свойства матеріи такъ связаны другъ съ другомъ, что мы едва ли можемъ себѣ представить, что одно изъ нихъ *вполнѣ объяснено*, безъ того, чтобы мы не увидѣли его отношеній ко всѣмъ остальнымъ,—чтобы, на самомъ дѣлѣ, не получили объясненія ихъ всѣхъ, и до тѣхъ поръ, пока у насъ не будетъ этого, мы не можемъ сказать, что мы понимаемъ подъ «объясненіемъ свойства» или «объясненіемъ свойствъ» матеріи. И, хотя эта завершающая цѣль никогда, можетъ быть, не будетъ достигнута человѣкомъ, возможно,—и я думаю, что это, дѣйствительно, будетъ имѣть мѣсто—приближеніе къ ней науки, приближеніе шагъ за шагомъ, по многимъ различнымъ дорогамъ, сходящимся къ ней со всѣхъ сторонъ. Кинетическая теорія газовъ, какъ я сказалъ, есть истинный шагъ впередъ по одной изъ этихъ дорогъ. По очень отличной отъ нея дорогѣ науки химіи Сенъ Клэръ Девилль пришелъ къ своей великой теоріи диссоціації безъ малѣйшей помощи кинетической теоріи газовъ. Тотъ фактъ, что онъ разработалъ ее единственно на основаніи химическихъ наблюденій и опытовъ и изложилъ ее

миру, не дѣлая какой бы то ни было гипотезы и, повидимому, даже не сознавая, какое прекрасное объясненіе имѣть она въ кинетической теоріи газовъ, доставилъ ей, какъ химической теоріи, немедленно послѣ того, какъ она была обнародована, такую независимую прочность и важность, какихъ она едва ли могла бы достичь въ это время, если бы она была сначала дана, лишь какъ вѣроятное слѣдствіе, указанное кинетической теоріей газовъ, и затѣмъ только подтверждена наблюденіемъ. Теперь, однако, руководствуясь тѣми взглядами, которые развили намъ Клаузіусъ съ Вильямсономъ на непрерывный обмѣнъ составныхъ частей между сложными молекулами, составляющими химическую соединенія въ газообразномъ состояніи, мы видимъ въ теоріи Девилля въ высшей степени интересную точку соприкосновенія между двумя линіями, выражющими прогрессъ химіи и физики.

Вернемся къ упругости: если бы мы могли построить изъ матеріи, лишеннай упругости, сложную систему изъ подвижныхъ другъ относительно друга частей,—систему, которая, благодаря движению, имѣла бы существенные отличительныя черты упругаго тѣла, то это, навѣрно, было бы, если не положительнымъ шагомъ впередъ въ кинетической теоріи матеріи, то, по крайней мѣрѣ, важнымъ указаніемъ на тотъ путь, который, мы можемъ надѣяться, приведетъ къ кинетической теоріи матеріи. Но это, какъ я уже показалъ¹⁾), мы можемъ сдѣлать различными способами. Въ послѣднемъ изъ сообщеній,

¹⁾ Статья о «Вихревыхъ атомахъ» (Vortex Atoms), *Proc. R. S. E.*, февр. 1867 г.; краткое извлеченіе изъ чтенія въ Королевскомъ Великобританскомъ Институтѣ, 4 марта 1881 г., объ «Упругости, рассматриваемой, какъ возможный родъ движения» (Elasticity viewed as possibly a Mode of Motion),—включенное въ настоящій томъ; «Натуральная Философія» (Natural Philosophy) Томсона и Тэта, второе изданіе, часть I, §§ 345 VIII до §§ 345 XXVII; «О колебаніи и волнахъ въ адиналической жиростатической системѣ» (On Oscillation and Waves in an Adynamical Gyrostatic System)—одно заглавіе, *Proc. R. S. E.* Мартъ 1883 г.²⁾.

(Прим. автора).

²⁾ *Proc. Roy. Soc. Ed. 6*, № 73, 94—105 и 12, № 114, 128.
(Прим. перев.).

на которых я сослался,—которого только заглавіе напечатано до сихъ поръ,—я показаъ, что изъ математического изслѣдованія системы, основанной на жиростатахъ,—изслѣдованія, находящагося въ томъ мѣстѣ «Натуральной Философіи» Томсона и Тэта, на которое я ссылаюсь,—следуетъ, что всякой идеальной системѣ материальныхъ частицъ, оказывающихъ другъ на друга взаимодѣйствіе чрезъ посредство невѣсомыхъ соединяющихъ ихъ пружинъ¹⁾), можетъ совершенно точно подражать модель, состоящая изъ соединенныхъ между собой крѣпкихъ звеньевъ, у которыхъ на нѣсколькихъ или на всѣхъ ихъ помѣщены быстро вращающіяся маховыя колеса. Подражаніе это не ограничивается случаями равновѣсія. Оно сохраняется и для колебаній, производимыхъ безконечно малымъ смѣщеніемъ системы изъ положенія устойчиваго равновѣсія и предоставлениемъ затѣмъ системы самой себѣ. Такимъ образомъ мы можемъ сдѣлать такую жиростатическую систему, которая находится въ равновѣсіи подъ вліяніемъ извѣстныхъ положительныхъ силъ, приложенныхъ къ различнымъ точкамъ этой системы, при чёмъ всѣ силы будутъ совершенно тѣ же самыя и точки приложения будутъ расположены точно такъ же, какъ въ устойчивой системѣ съ пружинами. Затѣмъ, если только приписать надлежащія массы (т. е. надлежащія количества и распределенія инерціи) этимъ звеньямъ, то мы можемъ устранить въ каждой системѣ внешнія силы, и колебанія точекъ приложения этихъ силъ, которые воспослѣдуютъ отъ этого, будутъ тождественными. Или же, мы можемъ дѣйствовать на систему материальныхъ точекъ и пружинъ какими угодно данными силами втѣченіе какого угодно данного времени и затѣмъ предоставить ее самой себѣ,—и можемъ сдѣлать то же самое съ жиростатической системой; движеніе, которое воспослѣдуетъ отсюда, будетъ одинаковымъ въ обоихъ этихъ случаяхъ. Если въ одномъ случаѣ пружины будутъ дѣлаться все болѣе и болѣе тугими, а въ другомъ случаѣ угловыя скорости маховыхъ ко-

¹⁾ Обыкновенная теорія упругости: Френеля, Навье, Пуассона, Кони, Грина и другихъ.

(Прим. перев.).

лесь будуть дѣлаться все большими и большими, то периоды колебательныхъ составляющихъ движенія будутъ становиться все короче и короче, а амплитуды ихъ все меньше и меньше,—и оба движенія будутъ приближаться все ближе и ближе къ движеніямъ двухъ вполнѣ неизмѣняемыхъ системъ материальныхъ точекъ, движущихся черезъ пространство и вращающихся по извѣстному закону вращенія твердаго тѣла, имѣющаго неравные моменты инерціи вокругъ своихъ трехъ главныхъ осей. Въ одномъ случаѣ идеальное, почти крѣпкое соединеніе между частицами производится невѣсомыми чрезвычайно тугими пружинами; въ другомъ случаѣ, оно производится чрезвычайно быстрымъ вращеніемъ маховыхъ колесъ въ системѣ, которая, когда маховыя колеса совершенно лишены своего вращенія, представляется совершенно дряблой.

Рисунки (рис. 44 и 45), находящіеся предъ вами, изображаютъ двѣ такихъ материальныхъ системы¹⁾. Направленія вращенія маховыхъ колесъ въ жиростатической системѣ (рис. 45) указаны направляющими эллипсами, которые показываютъ въ перспективѣ направленіе вращенія махового колеса каждого жиростата. Жиростатическая система (рис. 45) могла бы быть составлена изъ двухъ жиростатическихъ частей, но для симметріи ихъ показано четыре. Внѣшній кругъ въ обоихъ случаяхъ представляетъ съченіе окружающей сферической оболочки, пре-

¹⁾ На рис. 44 два стержня съ крючками, которые, какъ видно, выходятъ наружу изъ сферы, соединены упругой каретной рессорой. На рис. 45 стержни съ крючками прикреплены къ двумъ противолежащимъ угламъ четырехсторонней колѣнчатой рамы, на каждой части которой укрепленъ жиростатъ—такимъ образомъ, что ось вращенія махового колеса находится на оси той части рамы, на которой оно находится. Каждый изъ стержней съ крючками рисунка 45 присоединенъ къ рамѣ при посредствѣ карабиннаго соединенія, такъ что вся жиростатическая рама можетъ вращаться вокругъ оси стержней съ крючками, чтобы приводился къ нулю главный моментъ количества движенія²⁾ всей рамы вокругъ этой оси, зависящій отъ вращенія маховыхъ колесъ въ жиростатахъ.

(Прим. автора).

²⁾ Moment of momentum,—см. по поводу этого выраженія ниже примѣчаніе автора на одной изъ послѣднихъ страницъ статьи «О солнечномъ теплѣ».

(Прим. перев.).

пятствующей видѣть внутренность ея. Внутри одной сферы находятся маховыя колеса, внутри другой—невѣсомая пружина. На видъ кажется, какъ будто выступающіе наружу стержни съ крючками соединены въ обоихъ случаяхъ пружиной. Если

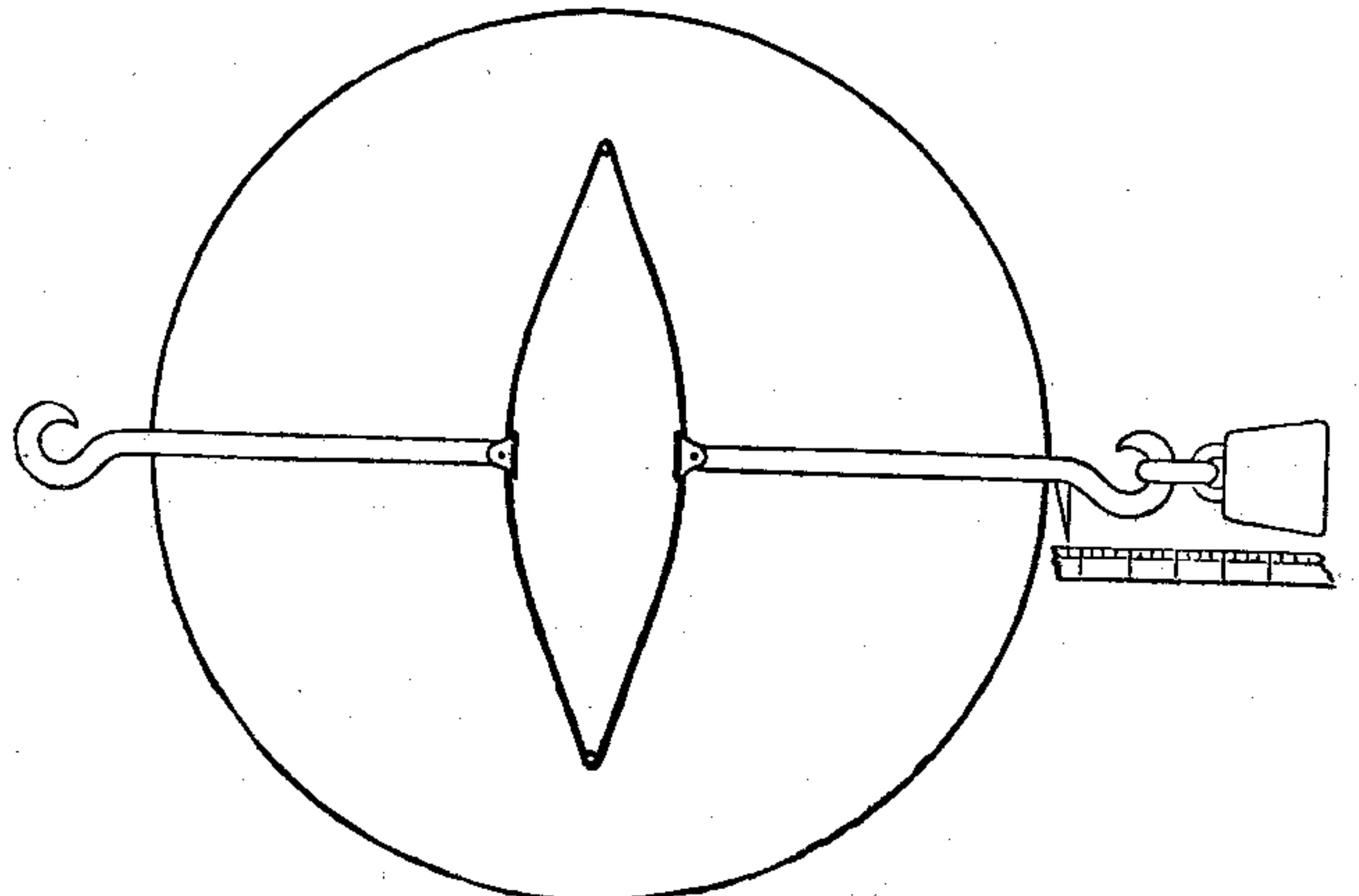


Рис. 44.

мы подвѣсимъ какую либо изъ этихъ системъ за крючокъ, находящійся на одномъ изъ ея выступающихъ наружу стержней, и привѣсимъ гирю къ крючку, находящемуся на другомъ выступающемъ наружу стержнѣ, то гиря, когда первый разъ ее

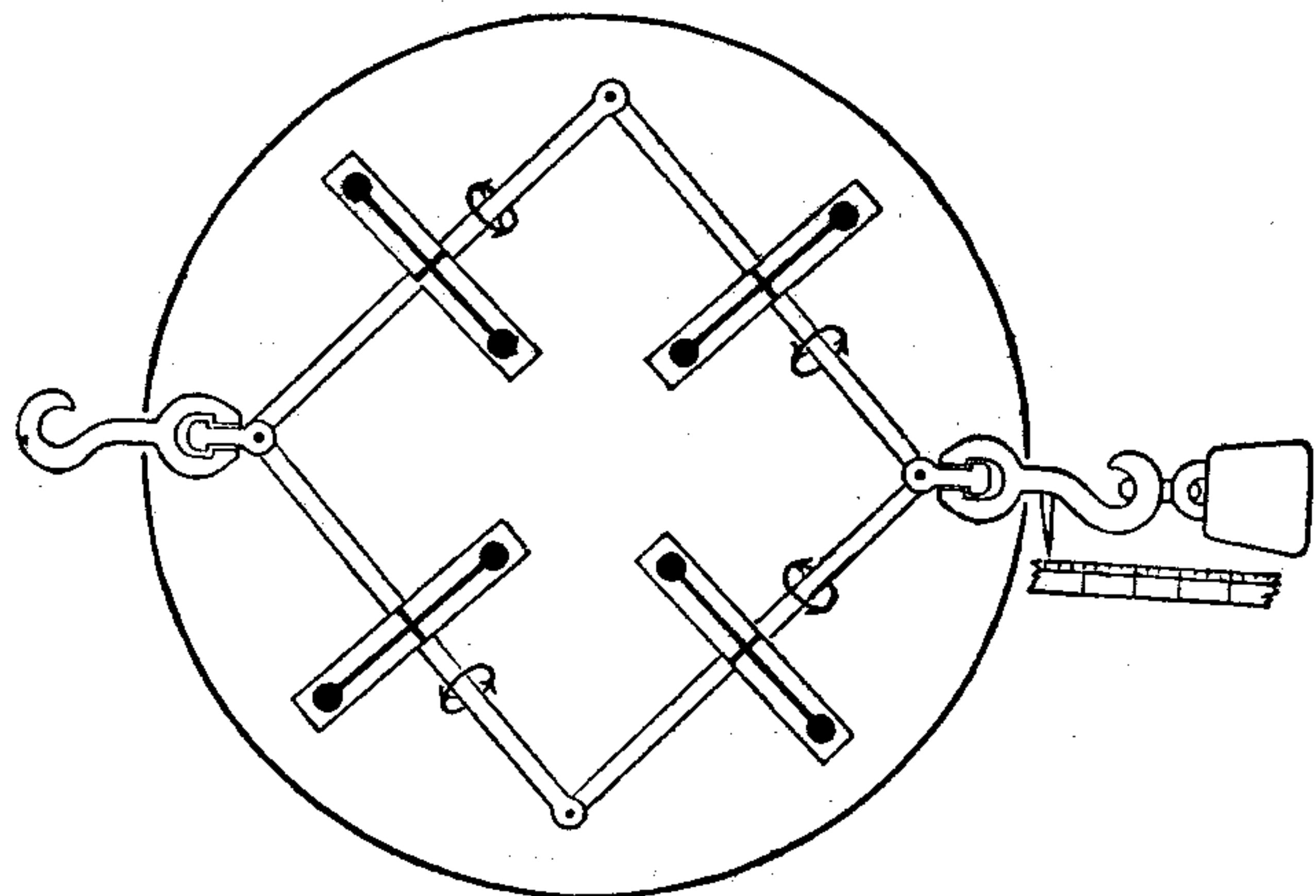


Рис. 45.

надѣнуть, будетъ колебаться вверхъ и внизъ и будетъ вѣчно продолжать дѣлать это, если система будетъ безусловно лишена тренія. Если мы уймемъ колебанія рукою, то гиря повиснетъ въ покое, вытянувъ до извѣстной степени штифтъ; при этомъ разстояніе, на которое онъ вытянуть, будетъ прямо пропорціонально вѣсу привѣшеннай гири, какъ въ обыкновенныхъ пружинныхъ вѣсахъ.

Вотъ, слѣдовательно, изъ матеріи, обладающей крѣпостью, но безусловно лишеннай упругости, мы сдѣлали совершенно точную модель пружины въ формѣ пружинныхъ вѣсовъ. Соедините миллионы миллионовъ частицъ такими парами стержней, какъ стержни этихъ пружинныхъ вѣсовъ, и мы получимъ систему частицъ, составляющую упругое твердоѣ тѣло и тѣчно выполняющую математическій идеаль, выработанный Навье, Пуассономъ и Коши, и многими другими математиками, которые, слѣдуя ихъ примѣру, пытались основать теорію упругости твердыхъ тѣлъ на взаимныхъ притяженіяхъ и отталкиваніяхъ между системой материальныхъ частицъ¹⁾). Все то, что можетъ быть дано этой теоріей при принятіи ею силь, дѣйствующихъ по какому угодно допускаемому закону зависимости отъ разстоянія, даетъ и жиростатическая система. Но

¹⁾ Томсонъ развилъ теорію такой жиростатической системы въ своихъ мемуарахъ: «Молекулярное строеніе матеріи» (Molecular Constitution of Matter), Proc. Roy. Soc. Ed., 1 и 15 июля 1889; «Движеніе вязкой жидкости; равновѣсие или движение упругаго твердаго тѣла; равновѣсие или движение идеальнаго вещества, называемаго для краткости эфиромъ; механическое изображеніе магнитной силы» (Motion of a Viscous Liquid; equilibrium or motion of an elastic solid; equilibrium or motion of an ideal substance called for brevity ether; mechanical representation of magnetic force) май, 1890; «О жиростатическомъ-адинамическомъ строеніи для эфира» (On a Gyrostatic-Adinamic Constitution for Ether), 16-го сент. 1889; Proc. Roy. Soc. Ed., 17, № 180, 17 марта 1890, 127—132 [подъ заглавиемъ „о механизме для строенія эфира“ (On a Mechanism for the Constitution of Ether)]; „эфиръ, электричество и вѣсомая матерія“ (Ether, Electricity and Ponderable Matter) 10 января 1889, — мемуарахъ, составляющихъ статьи XCXVII, XCXIX, С и СII третьяго тома его Собрания Математическихъ и Физическихъ Работъ (Math. and Phys. Pap., 1890).

(Прим. перев.).

жиростатическая система дѣлаеть сверхъ того то, что система взаимодѣйствующихъ материальныхъ частицъ не можетъ сдѣлать: она составляетъ упругое твердоѣ тѣло, которое можетъ обладать Фарадеевскимъ магнито-оптическимъ вращеніемъ плоскости поляризациіи свѣта,—въ предположеніи, что наше твердоѣ тѣло употребляютъ, какъ модель свѣтоноснаго эфира, для иллюстраціи волновой теоріи свѣта. Жиростатическая модель пружинныхъ вѣсовъ устроена такъ, чтобы имѣть, какъ одно цѣлоѣ, главный моментъ количествъ движенія равнымъ нулю, и вслѣдствіе этого не способствуетъ никакому Фарадеевскому вращенію; при такомъ устройствѣ модель изображаетъ свѣтоносный эфиръ въ полѣ, въ которомъ не дѣйствуетъ магнитная сила. Но пусть теперь будетъ сообщена колѣнчатому квадрату другая скорость вращенія вокругъ оси двухъ выступающихъ наружу стержней съ крючками,—такая, чтобы получался окончательно некоторый главный моментъ количествъ движенія вокругъ какой нибудь данной линіи, проходящей чрезъ центръ инерціи системы, и пусть пары стержней съ крючками въ измѣненной такимъ образомъ модели, которая болѣе не представляетъ собой модели простыхъ пружинныхъ вѣсовъ, служить, какъ прежде, соединеніями между миллионами паръ частицъ и при этомъ пусть оси окончательныхъ главныхъ моментовъ количествъ движенія будутъ всѣ направлены одинаковымъ образомъ: мы имѣемъ теперь модель упругаго твердаго тѣла, которое будетъ имѣть то свойство, что направленіе колебаній въ волнахъ прямолинейныхъ колебаній, распространяющихся чрезъ него, будетъ повертываться вокругъ линіи распространенія волнъ,—совершенно такъ, какъ это, по наблюденіямъ Фарадея, происходитъ съ направленіемъ колебанія свѣта въ плотной средѣ, находящейся между полюсами сильнаго магнита. Тотъ случай, что передняя сторона волны перпендикулярна къ осиъ окончательного главнаго момента количествъ движенія (т. е. что направленіе распространенія параллельно этимъ осямъ), соответствуетъ, въ нашей механической модели, тому случаю, что свѣтъ распространяется по направленію силовыхъ линій въ магнитномъ полѣ.

У насъ въ этихъ иллюстраціяхъ и моделяхъ различныя части идеальной крѣпкой матеріи дѣйствуютъ одна на другую нормальнымъ давленіемъ въ математическихъ точкахъ соприкосновенія,—при этомъ, понятно, не предполагается никакихъ силъ тренія. Въ высшей степени интересно видѣть, какъ такимъ образомъ безъ всякихъ другихъ точекъ отправленія, кроме инерціи, крѣпости и взаимной непроницаемости, мы можемъ вполнѣ воспроизвести не только упругое тѣло или какое либо соединеніе упругихъ тѣлъ, но даже такое сложное и таинственное явленіе, какъ прохожденіе поляризованнаго свѣта чрезъ магнитное поле. Теперь, съ цѣлью совершенно освободиться отъ той точки отправленія, которая требуетъ существованія крѣпости у всѣхъ нашихъ матеріаловъ, положимъ, что некоторые изъ нихъ безусловно лишены крѣпости, а обладаютъ только инерціей, несжимаемостью и взаимной непроницаемостью по отношенію къ остающейся еще крѣпкой матеріи. Мы можемъ, исходя изъ этихъ точекъ отправленія, построить вполнѣ совершенную модель взаимодѣйствія на разстояніи между твердыми частицами,—взаимодѣйствія, которое выполняетъ желанное условіе Ньютона и Фарадея, чтобы оно объяснялось непрерывнымъ дѣйствиемъ, передающимся чрезъ промежуточную среду. Законъ силы взаимодѣйствія въ нашей модели не есть, однако, просто Ньютоновскій законъ, но гораздо болѣе сложный законъ взаимодѣйствія между двумя электромагнитами,—съ тою разницею, что въ гидроинетической модели сила во всѣхъ случаяхъ противоположна по направленію соответствующей силѣ въ электромагнитной системѣ, ей аналогичной. Вообразите твердое тѣло, въ которомъ просверлено насквозь отверстіе и которое помѣщено въ нашу идеальную совершенную жидкость. Пусть на моментъ отверстіе будетъ закрыто діафрагмой и пусть на мгновеніе будетъ приложенъ импульсъ давленія, равномѣрно распределенного по всей этой перепонкѣ, и пусть затѣмъ перепонка эта мгновенно превратится въ жидкость. Это дѣйствіе вызоветъ относительное движеніе жидкости относительно твердаго тѣла,—движеніе такого рода, которому я далъ название «циркуляціи безъ вращенія» [irrotational circulation],—движеніе, остающееся без-

условно постояннымъ, какъ бы твердое тѣло ни двигалось въ жидкости. Такимъ образомъ, во всякое время дѣйствительное движение жидкости въ какой нибудь точкѣ пососѣдству съ твердымъ тѣломъ будетъ представлять собой составное движение, образующееся изъ того движения, какое она бы имѣла благодаря одной циркуляціи при состояніи покоя твердаго тѣла, и изъ движения, которое она имѣла бы вслѣдствіе движения самого твердаго тѣла, если бы не установилось циркуляціи черезъ отверстіе. Интересно и важно замѣтить мимоходомъ, что полная кинетическая энергія жидкости есть сумма кинетическихъ энергій, которая она бы отдельно имѣла въ этихъ двухъ случаяхъ. Теперь, вообразите, что вся жидкость заключена въ безконечно большой крѣпкій сосудъ, и пусть въ жидкости, на безконечно большомъ разстояніи отъ какой либо части вмѣщающаго ее сосуда, будуть помѣщены въ покой недалеко другъ отъ друга два просверленныхъ твердыхъ тѣла, черезъ каждое изъ которыхъ происходитъ циркуляція безъ вращенія. Результирующее движение жидкости, зависящее отъ этихъ двухъ циркуляцій, явится причиной гидростатического давленія на эти два тѣла, которое, если оно не будетъ уравновѣшено, приведеть ихъ въ движение; системы силъ, — силы съ поворотнымъ усиліемъ¹⁾, или пары силъ, — потребныя для того, чтобы воспрепятствовать ихъ движению, будуть взаимны и противоположны и будутъ равны по величинѣ, но противоположны по направленію системамъ взаимныхъ силъ, потребнымъ для удержанія въ покой двухъ электромагнитовъ, выполняющихъ слѣдующій перечень условій. Эти два электромагнита должны быть такой же формы и размѣровъ, какъ эти два тѣла, должны быть помѣщены въ то же относительное положеніе и должны состоять изъ безконечно тонкихъ слоевъ электрическихъ токовъ, распределенныхъ на поверхностяхъ твердыхъ тѣлъ, обладающихъ крайне дїамагнитными свойствами,— другими словами, чрезвы-

¹⁾ force-and-torques; torque есть название системы силъ, главный моментъ которой не равенъ нулю, — a force-and-torque будетъ такая система силъ, главный моментъ которой параллеленъ главному вектору.

(Прим. перев.).

чайно малой магнитной проницаемостью. Распределеніе электрическихъ токовъ на каждомъ тѣлѣ можетъ быть любымъ изъ тѣхъ распределеній, которыя выполняютъ условіе, чтобы сумма токовъ, проходящихъ черезъ какую нибудь замкнутую линію, проходящую по поверхности одинъ разъ черезъ отверстіе, была равна $\frac{1}{4\pi}$ циркуляціи¹⁾) черезъ это отверстіе въ соответствующей гидрокинетической модели.

Можно было бы вообразить, что дѣйствіе на разстояніи, опредѣляемое такимъ образомъ движениемъ жидкости, могло бы служить основаніемъ для теоріи равновѣсія и колебаній упругихъ тѣлъ и передачи волнъ, подобныхъ волнамъ свѣта, черезъ якобы упругую твердую среду большого протяженія. Но несчастьемъ для этой идеи является то, что равновѣсіе оказывается существенно неустойчивымъ, какъ въ случаѣ магнитовъ, такъ и,—несмотря на то, что силы противоположно направлены,—въ соответствующей гидрокинетической системѣ, въ томъ случаѣ, когда эти нѣсколько подвижныхъ тѣлъ (два или какое нибудь большее число) помѣщены такъ относительно другъ друга, чтобы быть въ равновѣсіи. Если же мы соединимъ между собою эти просверленные тѣла съ циркуляціями черезъ нихъ, въ гидрокинетической системѣ, колѣнчатыми крѣпкими соединительными связями, то мы можемъ устроить положеніе устойчиваго равновѣсія. Такимъ образомъ безъ маховыхъ колесъ, но съ циркуляціями жидкости черезъ отверстія, мы можемъ построить модель пружинныхъ вѣсовъ или модель свѣтоноснаго эфира, либо лишенного, либо обладающаго вращательнымъ свойствомъ, соответствующимъ свойству настоящаго свѣтоноснаго эфира въ магнитномъ по-

¹⁾ «Циклическая постоянная» [cyclic constant], или «циркуляція», опредѣляется, какъ интеграль отъ тангенціальной слагаемой скорости по нѣкоторой замкнутой кривой, проходящей одинъ разъ черезъ отверстіе. Vortex Motion, § 60 а, Trans. R. S. E., 29 апрѣля, 1867²⁾). Онъ имѣть одну и ту же величину для всѣхъ замкнутыхъ кривыхъ, проходящихъ именно одинъ разъ черезъ отверстіе, и остается постояннымъ втеченіе всего времени, независимо отъ того, находится ли при этомъ твердое тѣло въ движениі, или въ покой. (Прим. автора).

²⁾ 25, I, 248.

(Прим. пер в.).

ль,—короче, можемъ сдѣлать при посредствѣ просверленныхъ твердыхъ тѣль съ циркуляціями чрезъ нихъ все то, что, какъ мы видѣли, мы могли сдѣлать при помощи сдѣленныхъ гиростатовъ. Но мы можемъ сдѣлать при помощи просверленныхъ тѣль съ циркуляціями жидкости нѣчто такое, что мы не можемъ сдѣлать при помощи сдѣленныхъ гиростатовъ. Мы можемъ сдѣлать модель газа. Взаимодѣйствія на разстояніи,—отталкивателаго или притягательного соотвѣтственно взаимному расположению двухъ тѣль, когда они проходятъ на разстояніи столкновенія [collisional distance]¹⁾ другъ отъ друга,—достаточно, чтобы произвести измѣненіе направленія движенія при столкновеніи; а это, собственно говоря, составляетъ основу кинетической теоріи газовъ, и, какъ мы раньше видѣли, можетъ одинаково зависѣть отъ притяженія, какъ и отъ отталкиванія,—поскольку указываютъ намъ это всѣ изслѣдованія, сдѣянныя до сихъ поръ по этой теоріи.

Однако, какъ мы раньше видѣли, остается еще трудность объяснить случай дѣйствительныхъ соудареній между твердыми тѣлами; для этого нужно снабдить ихъ невѣсомыми пружинными буфферами или, что сводится къ тому же самому, придать имъ отталкивателыя силы, которые были бы достаточно могущественны на очень короткихъ разстояніяхъ, чтобы безусловно препятствовать соудареніямъ между твердымъ тѣломъ и твердымъ тѣломъ,—если только мы не примемъ не менѣе

¹⁾ Согласно съ этимъ взглядомъ нѣть опредѣленного разстоянія,—или опредѣленного условія по отношенію къ разстоянію между двумя молекулами,—на которомъ онъ, повидимому, начинаютъ быть въ столкновеніи или же, когда онъ удаляются другъ отъ друга, перестаютъ быть въ столкновеніи. Тѣмъ не менѣе удобно, въ кинетической теоріи газовъ, произвольно принять нѣкоторое точное опредѣленіе столкновенія, соотвѣтственно которому можно было бы сказать, что два тѣла или двѣ частицы, взаимодѣйствующія на разстояніи, находятся въ столкновеніи, когда ихъ взаимодѣйствіе превышаетъ нѣкоторый опредѣленный произвольно назначенный предѣль, — напримѣръ, такъ: когда радиусъ кривизны пути каждого тѣла меньше, чѣмъ установленная часть (напримѣръ, $\frac{1}{100}$) разстоянія между ними.

(Прим. автора).

непереваримую идею о безконечно малыхъ просверленныхъ твердыхъ тѣль съ безконечно большими циркуляціями жидкости чрезъ нихъ. Не будь этой основной трудности, гидрокинетическая модель газа была бы чрезвычайно интересна и, хотя мы врядъ ли могли бы принять ее за постижимо вѣрное изображеніе того, что газы представляютъ собой въ дѣйствительности, она все таки могла бы имѣть нѣкоторое значеніе, какъ модель такого соединенія твердой и жидкой матеріи, которое безъ упругости можетъ изображать упругость настоящаго газа.

Но такъ какъ гидрокинетическая модель газа съ просверленными твердыми тѣлами и циркуляціями жидкости чрезъ нихъ оказывается несостоятельной изъ-за соудареній между твердыми тѣлами, уничтожимъ, напослѣдокъ, эти твердые тѣла и оставимъ жидкость совершать циркуляцію безъ вращенія вокругъ пустоты¹⁾, находящихся на мѣстѣ твердыхъ сердцевинъ, существование которыхъ мы до сихъ поръ предполагали; или же уничтожимъ крѣпость твердыхъ сердцевинъ колецъ и придадимъ имъ, согласно съ Гельмгольцевской теоріей вихреваго движенія, молекулярное вращеніе. Для устойчивости, молекулярное вращеніе должно быть таково, чтобы на границѣ вращающейся жидкой сердцевины оно давало ту же самую скорость, какая имѣется у циркулирующей безъ вращенія жидкости, соприкасающейся съ нею, потому что, какъ я доказалъ, скольженіе съ тренiemъ между двумя соприкасающимися частями жидкости несовмѣстимо съ устойчивостью. Есть еще другое условіе, относительно котораго я не могу теперь входить въ подробности, но которое можно понять самимъ общимъ

¹⁾ Изслѣданія, касающіяся вихрей безъ сердцевинъ, можно найти въ работѣ автора «Колебанія столбообразнаго вихря» [Vibrations of a Columnar Vortex], Proc. R. S. E., 1 марта 1880 г., и въ работѣ Гиккса «Объ установившемся движеніи полаго вихря» [On the Steady Motion of a Hollow Vortex], прочитанной 21 июня 1883 г. въ Королевскомъ Обществѣ (см. Trans. R. S. за 1884 г. ²⁾). (Прим. автора).

²⁾ Thomson, Proc. Roy. Soc. Ed. 10, № 106, 443—456, 1880. Hicks, Trans. Roy. Soc., 175, 161—195, 1884; Proc. Roy. Soc. 35, 304—8, 1883.

(Прим. перев.).

образомъ, если я скажу, что это есть условіе или одинаковости молекулярного вращенія, или увеличенія его отъ поверхности внутрь; это условіе аналогично тому условію, что плотность жидкости, находящейся въ покой, напр., подъ вліяніемъ силы тяжести, должна для устойчивости равновѣсія или быть одинаковой, или же быть больше внизу, чымъ наверху. Все, что я сказалъ въ пользу вихревой модели газа, состоящей изъ просверленныхъ твердыхъ тѣль съ циркуляціями жидкости чрезъ нихъ, остается вѣрнымъ безъ измѣненій и для чисто гидрокинетической модели, состоящей или изъ Гельмгольцевскихъ вихревыхъ колецъ съ сердцевинами, или же изъ вихрей безъ сердцевины,—и настъ теперь уже не останавливаютъ такія затрудненія, какъ въ вопросѣ о соудареніяхъ между твердыми тѣлами. Однако, окажется ли вихревая теорія газовъ, когда она будетъ совершенно разработана, несостоятельной—подобно напр., той несостоятельности, которую я уже указалъ, по поводу кинетической теоріи газовъ, состоящихъ изъ небольшихъ упругихъ твердыхъ молекулъ,¹⁾—или не окажется, я не могу въ настоящее время рѣшиться сказать съ увѣренностью. мнѣ кажется въ высшей степени вѣроятнымъ, что вихревая теорія не можетъ оказаться несостоятельной ни въ какомъ такомъ направленіи, потому что все то, что я до сихъ поръ былъ въ состояніи открыть относительно колебанія вихрей²⁾, съ сердцевинами ли, или безъ сердцевинъ, повидимому, не указываетъ на склонность поступательной или импульсивной энергіи от-

¹⁾ См. отрывокъ въ квадратныхъ скобкахъ на стр. 162—163 и «Прибавленіе» къ этой лекціи, стр. 177. (Прим. перев.).

²⁾ Смотри работы автора «О вихревомъ движении». [On Vortex Motion] Trans. R. S. E. апрѣль 1867 г. и «Вихревая статика» [Vortex Statics] Proc. R. S. E., декабрь, 1875 г., а также работу Дж. Дж. Томсона, бакалавра наукъ, «О колебаніяхъ вихревого кольца» [On the Vibrations of a Vortex Ring], Trans. R. S., декабрь 1881 г. и его цѣнную книгу «О вихревомъ движении» [On Vortex Motion], представленную на соисканіе преміи Адамса въ 1882 г.³⁾. (Прим. автора).

³⁾ Sir W. Thomson, Trans. Roy. Soc. Ed. 25, I, 217—261 и Proc. Roy. Soc. Ed. 9, № 94, 59 — 78; J. J. Thomson, Trans. Roy. Soc. 173, 493—521. (Прим. перев.).

дельныхъ вихрей теряться, превращаясь въ энергию все меньшихъ и меньшихъ колебаній.

Въ высшей степени интересно отмѣтить, какъ шагъ по направлению къ кинетической теоріи матеріи, что въ этой quasi-упругости,—упругости, которая похожа на упругость каучуковой ленты и которую мы видимъ въ колеблющемся кольце дыма, выпущенномъ изъ эллиптическаго отверстія, или въ двухъ кольцахъ дыма, которые были круговыми, но круглая форма которыхъ была нарушена взаимнымъ столкновеніемъ,—мы имѣемъ, въ действительности, искусственную упругость матеріи, лишенной упругости и лишенной даже крѣпости,—искусственную упругость, зависящую отъ движенія и порожденную порожденіемъ движенія.

Прибавленіе¹⁾ къ статьѣ

«Шаги къ кинетической теоріи матеріи».

Въ промежутокъ времени между напечатаніемъ этой статьи и окончаніемъ печатанія настоящаго тома, я усмотрѣлъ причины перемѣнить одно мнѣніе, выраженное въ ней, согласно съ которымъ среднимъ результатомъ многочисленныхъ столкновеній среди скопища совершенно упругихъ твердыхъ молекулъ должно было бы быть превращеніе всей поступательной энергіи въ энергию колебательную все болѣе и болѣе многочисленныхъ родовъ колебанія все болѣе и болѣе короткихъ периодовъ. Поэтому я удаляю весь отрывокъ, помѣщенный въ скобкахъ на стр. 162—163. Взглядъ, выраженный въ этомъ отрывкѣ, первый разъ пришелъ мнѣ въ голову, какъ необходимое слѣдствіе теоремы, которую мнѣ передалъ въ разговорѣ Максвелль, какъ теорему, къ которой пришелъ Болтьманъ и которая заключается въ томъ, что, по отношенію къ разсѣянію энергіи, въ среднемъ результатѣ многочисленныхъ столкновеній или взаимодѣйствій между различными матеріальными системами, является равенство среднихъ, по отношенію ко времени, энергій всѣхъ возможныхъ составляющихъ родовъ движенія (какъ, напр., три составляющихъ поступательного движенія центра инерціи или угловыхъ скоростей вращенія вокругъ трехъ главныхъ осей твер-

¹⁾ Помѣщено во второмъ изданіи въ концѣ книги.

(Прим. перев.).

даго тѣла). Если бы эта теорема была справедлива, то энергія ста-
кивающихся упругихъ твердыхъ тѣль должна была бы въ концѣ
концовъ стать только энергией колебательныхъ движений, потому что
есть бесконечное число родовъ колебательного движения и только
шесть — поступательного и вращательного. Я указалъ на это заклю-
чение Максвэллю открытымъ письмомъ, — вѣроятно, отъ 4-го февраля
1878 года, написанномъ въ поѣздѣ изъ Кэмбриджа въ Лондонъ, если
память мнѣ не измѣняется, — навѣрное, черезъ нѣсколько часовъ послѣ
того, какъ онъ мнѣ рассказалъ обѣ этой предполагаемой теоремѣ
Больцмана. Это была послѣдняя наша встрѣча, и вопросъ этотъ,
насколько мнѣ помнится, не затрагивался снова въ письмахъ, кото-
рыми мы послѣ этого обмѣнялись.

Я никогда не считалъ возможнымъ повѣрить этой теоремѣ, ка-
сающейся распределенія энергіи; и работа Максвэлля обѣ ней въ
Трудахъ Кэмбриджскаго Философскаго Общества, отъ 6 мая 1878 г.,
(стр. 713—741 тома II его Собрания работъ) тоже, мнѣ кажется,
и не доказываетъ ея во всей ея общности, и не дѣлаетъ вѣроятной ея
справедливости для какого нибудь разряда случаевъ. Тѣмъ не менѣе
до самаго послѣдняго времени я думалъ, что частный выводъ изъ
нея, высказанный въ вычеркнутомъ теперь мѣстѣ настоящей книги,
долженъ быть вѣренъ. Теперь я вижу, что, наоборотъ, столкновенія
между колеблющимися упругими твердыми тѣлами должны имѣть въ
среднемъ стремленіе уменьшать колебательную энергию, если только
вся энергія каждого изъ отдельныхъ твердыхъ тѣлъ меньше нѣко-
тораго предѣла, зависящаго отъ формы или формъ этихъ тѣлъ: а
отсюда слѣдуетъ, — такъ какъ изъ общей суммы энергіи не теряется
ничего, — что окончательнымъ результатомъ должно быть обращеніе
всей, за исключеніемъ бесконечно-малой части, энергіи въ поступа-
тельную и вращательную.

Шесть вратъ познанія.

Предсѣдательская рѣчь, обращенная къ Бирмингемскому и Мидлэндскому
Институту [Birmingham and Midland Institute] въ залъ городской думы
Бирмингема, 3-го октября 1883 г.).

Заглавіемъ изложенія того предмета, о которомъ я собираюсь
говорить сегодня вечеромъ, могло бы быть, — если бы меня по-
просили дать ему заглавіе, — «Шесть Вратъ Познанія». Я думаю,
что предметъ, о которомъ я собираюсь изложить вамъ, тѣсно свя-
занъ съ тѣми работами, за которые было роздано здѣсь нѣ-
сколько премій. Вопросъ, о которомъ я попрошу васъ поду-
матъ, таковъ: «каковы тѣ способы, посредствомъ которыхъ чело-
вѣческій умъ приобрѣтаетъ свѣдѣнія о вѣнѣніи мірѣ?»

Джонъ Буніянъ уподобляетъ душу человѣка крѣпости, стоя-
щей на горѣ, заключенной въ самой себѣ, не имѣющей ника-
кихъ способовъ сообщенія съ вѣнѣніемъ міромъ, кромѣ пяти
вратъ, — Вратъ Глазъ, Вратъ Ушей, Вратъ Рта, Вратъ Носа
и Вратъ Ощущиванія. Буніянъ, очевидно, нуждался здѣсь въ
словѣ. Онъ употребляетъ «ощущиваніе» [feel] въ смыслѣ «ося-
занія» [touch] — это наименованіе до такой степени обыкно-
венно употребляется до настоящаго времени, что я едва ли
могу обвинять его за его неточность. Въ то же время самое
точное и определенное наименованіе есть, безъ сомнѣнія, чув-
ство осязанія. Покойный д-ръ Джорджъ Вильсонъ, который былъ
прежде профессоромъ технологіи въ Эдинбургскомъ университе-
тѣ, напечаталъ, за нѣсколько времени до своей смерти, прекрас-
ную небольшую книжку подъ заглавіемъ «Пять Вратъ Позна-
нія» [The Five Gateways of Knowledge]; онъ въ ней ци-
тируетъ Джона Буніяна, такимъ же образомъ, какъ я вамъ

указать. Но я сказалъ *шесть* вратъ познанія, и я долженъ постараться доказать справедливость сказанного. Я собираюсь попробовать доказать вамъ, что у насъ есть шесть чувствъ,—т. е., что, если намъ нужно перечислить всѣ чувства, то мы должны насчитать ихъ шесть.

Единственнымъ, насколько мнѣ известно, перечнемъ чувствъ, въ которомъ когда либо прежде оказывалось ихъ больше пяти, было счисленіе Ирландца, въ которомъ семь чувствъ. Я предполагаю, что седьмымъ чувствомъ Ирландца было чувство здраваго смысла¹⁾; и я увѣренъ, что присутствіе этого достоинства у моихъ земляковъ,—я говорю въ качествѣ Ирландца,—повторяю, обширное присутствіе этого седьмого чувства, которое, по моему мнѣнію, имѣется у Ирландцевъ, и пользованіе имъ гораздо больше сдѣлаютъ для облегченія скорбей Ирландии, чѣмъ сдѣлало бы даже удаленіе «меланхолического океана», окружающаго ея берега²⁾. Тѣмъ не менѣе, я не могу, съ научной точки зрѣнія, усмотрѣть, какъ намъ сдѣлать больше шести чувствъ. Я однако, если время позволитъ, возвращусь къ этому вопросу о седьмомъ чувствѣ и попытаюсь высказать нѣсколько мыслей, указывающихъ путь для рѣшенія вопроса: существуетъ, или нѣтъ, магнитное чувство? Возможно, что такое существуетъ, но факты и наблюденія до сихъ поръ не даютъ намъ никакихъ доказательствъ того, что существуетъ магнитное чувство.

Тѣ шесть чувствъ, которыя я намѣреваюсь, насколько возможно, объяснить сегодня вечеромъ, суть, согласно обыкновенному перечисленію, чувство зрѣнія, чувство слуха, чувство обонянія, чувство вкуса и чувство осознанія, раздѣляемое на два отдѣленія. Лѣтъ сто тому назадъ, д-ръ Томасъ Рейдъ, профессоръ Нравственной Философіи въ Глазговскомъ университете,

¹⁾ Непереводимая игра словъ: „common sense“—буквально „обыкновенное чувство“—значить „здравый смыслъ“ (франц. sens commun).

(Прим. перев.).

²⁾ Замѣтимъ кстати, что Томсонъ, въ качествѣ пэра Англіи, лорда Кельвина [онъ получилъ это званіе въ 1892 году за научныя заслуги], явился сильнымъ противникомъ home-rule-bill'я. (Прим. перев.).

указалъ, что существуетъ большое различіе между способностью ощущенія шероховатости или сопротивленія, которою обладаетъ рука, и способностью ощущенія теплоты. Мысль Рейда не получила, по моему мнѣнію, того развитія, какого она заслуживаетъ. Мы не найдемъ, мнѣ кажется, ни въ одномъ изъ элементарныхъ учебниковъ натуральной философіи, или же въ сочиненіяхъ физіологовъ о чувствахъ, яснаго перечисленія шести чувствъ. У насъ есть много разсужденій относительно мускульного ощущенія и осязательного ощущенія; но у насъ нѣтъ того яснаго и широкаго различія въ чувствѣ осознанія двухъ подраздѣленій, которое, мнѣ кажется, слѣдуетъ изъ того, какъ д-ръ Томасъ Рейдъ объясняетъ чувство осознанія, хотя онъ самъ не формулируетъ ясно этого различія, къ объясненію котораго я сейчасъ перейду.

Чувство осознанія, органомъ котораго считается обыкновенно рука, но которымъ обладаетъ вся чувствующая поверхность тѣла, представляетъ собой явственнымъ образомъ двойное свойство. Если я осязаю предметъ, то я воспринимаю нѣкоторое сложное ощущеніе. Я воспринимаю извѣстное ощущеніе шероховатости, но я въ то же время воспринимаю очень явственное ощущеніе, которое не есть ощущеніе ни шероховатости, ни гладкости. Здѣсь есть два ощущенія; попробуемъ ихъ разложить. Опушу я руку въ этотъ тазикъ съ горячей водой. Въ тотъ моментъ, когда я касаюсь воды, я воспринимаю очень явственное ощущеніе, ощущеніе тепла. Есть ли это ощущеніе шероховатости или гладкости? Нѣтъ. Съ другой стороны, я опускаю руку въ этотъ бассейнъ ледяной воды. Я воспринимаю очень явственное ощущеніе. Есть ли это ощущеніе шероховатости или мягкости? Нѣтъ. Сравнимо оно съ предыдущимъ ощущеніемъ тепла? Я говорю, да. Хотя оно противоположно, но оно сравнимо съ ощущеніемъ тепла. Я не буду говорить, что у насъ есть два ощущенія въ этомъ отдѣленіи: ощущеніе тепла и ощущеніе холода. Я попытаюсь объяснить, что воспринятіе тепла и холода есть воспринятіе различныхъ степеней одного и того же свойства, но что это свойство замѣтнымъ образомъ отличается отъ ощущенія шероховатости. Теперь, что же такое это ощущеніе шероховатости? Объяснить это вполнѣ,—это зай-

меть у меня нѣсколько времени. Поэтому я скажу напередъ, что это есть чувство силы; и я скажу вамъ напередъ,—прежде чѣмъ я докажу совершенно справедливость того, что мнѣ надо сказать,—что тѣ шесть чувствъ, относительно которыхъ я хочу дать вамъ нѣкоторая объясненія, суть: чувство зрѣнія, чувство слуха, чувство вкуса, чувство обонянія, чувство тепла и чувство силы. Чувство силы есть шестое чувство; или же чувство тепла и чувство силы представляютъ собой чувство осозанія, раздѣленное на два чувства, завершаю такимъ образомъ тотъ перечень шести чувствъ, который я намѣреваюсь доказать.

Но я намекнулъ на возможность седьмого чувства,—магнитнаго чувства, — и, хотя это находится вѣтъ того пути, по которому я намѣренъ ити, и хотя время драгоцѣнно и не позволяетъ дѣлать много отступлений, но я хочу только уничтожить вѣть мысль, что я какимъ либо образомъ внушаю вамъ что либо, касающееся этого злополучнаго предразудка животнаго магнетизма, столоверченія, спиритизма, месмеризма, ясновидѣнія, стучащихъ духовъ, о которыхъ мы такъ много слышали. Не существуетъ никакого седьмого чувства мистического характера. Ясновидѣніе и тому подобное представляетъ собой, главнымъ образомъ, результатъ дурно произведенныхъ наблюдений,—къ которымъ немногіе примѣщались, однако, дѣйствія умышленнаго обмана, вліяющаго на невинные, довѣрчивые умы. Но, если нѣть отдельнаго магнитнаго чувства, то я утверждаю, что это великое чудо, что его нѣть.

Мы всѣ знаемъ кое-что о компасѣ моряковъ, о стрѣлкѣ, указывающей на сѣверъ, и такъ далѣе; но немногіе изъ насъ углублялись вѣтъ этотъ предметъ и не многіе изъ настѣ понимаютъ всѣ новѣйшія открытія вѣтъ электромагнетизмѣ. Я бы желалъ, будь у меня здѣсь приборы и если бы вы позволили мнѣ, показать вамъ одинъ опытъ изъ магнетизма. Еслибы мы имѣли предъ собой сильный магнитъ или, скажемъ, ту машину, которая даетъ намъ этотъ великолѣпный электрическій свѣтъ, которымъ освѣщена зала, то она, служа для возбужденія электромагнита, составляла бы одну часть нашего прибора; другою частью былъ бы кусокъ мѣди. Положимъ, слѣдовательно, мы

имѣли бы эти приборы,—тогда я бы показалъ вамъ одно очень замѣчательное явленіе, открытое Фарадеемъ и удивительно разработанное Фуко, превосходнымъ французскимъ экспериментаторомъ. Я сказалъ, что одной частью аппарата долженъ быть бы кусокъ мѣди, но серебро годилось бы точно такъ же. Вѣроятно, ни одинъ другой металль кромѣ мѣди и серебра—навѣрное, ни одинъ другой изъ всѣхъ металловъ, которые хорошо известны и которые можно получить для обыкновенныхъ опытовъ,—не обладаетъ и неизвестно, чтобы какой нибудь другой металль или вещество, металлическое ли, или нѣть, обладало вѣтъ подобной степени, какъ мѣдь и серебро, тѣмъ свойствомъ, на которое я теперь обращаю ваше вниманіе.

Свойство, на которое я намекаю, есть «электропроводность», и слѣдствіемъ существованія этого свойства, вѣтъ опытъ, который я сейчасъ опишу, является то, что кусокъ мѣди или кусокъ серебра, опущенный между полюсами магнита, будетъ падать внизъ медленно, какъ будто онъ падаетъ чрезъ тину. Я беру это тѣло и выпускаю его изъ рукъ. Многіе изъ васъ здѣсь могутъ вычислить, какую часть секунды оно употребить, чтобы упасть на одинъ футъ. Если бы я взялъ этотъ кусокъ мѣди, помѣстилъ его какъ разъ надъ пространствомъ между полюсами сильнаго электромагнита и отпустилъ его, то вы бы увидѣли, что онъ медленно бы падалъ внизъ передъ вами; онъ бы употребилъ, можетъ быть, четверть минуты на то, чтобы упасть на нѣсколько дюймовъ.

Этотъ опытъ былъ произведенъ вѣтъ условіяхъ, при которыхъ дѣйствіе было особенно сильно, лордомъ Линдсэемъ (теперь лордъ Крофордъ) при содѣйствії г. Кромвэлля Ф. Варлэя. Оба этихъ выдающихся человѣка желали изслѣдовать явленія месмеризма, который тогда называли животнымъ магнетизмомъ; и они очень серьезно принялись за работу, желая произвести настоящій физическій опытъ. Они поставили себѣ вопросъ: «если кусокъ мѣди можетъ едва двигаться вѣтъ воздухѣ между полюсами электромагнита, то допустимо ли, чтобы человѣческое существо или другая живая тварь, помѣщенная тамъ, не испытывала никакого дѣйствія?» Лордъ Линдсэй распорядился

приготовить громадный электромагнитъ—такой величины, что голова всякаго лица, желающаго подвергнуть себя такому опыту могла свободно помѣститься между полюсами въ области чрезвычайно большой магнитной силы. Что же дать въ результатѣ опыта? Если бы я сказалъ «*ничего!*», я поступиль бы не очень справедливо. Результатъ оказался удивительнымъ, и диво состояло въ томъ, что не ощущалось ничего. Голова ваша въ пространствѣ, черезъ которое кусокъ мѣди падаетъ, какъ черезъ тину, не ощущаетъ ничего. Я говорю, что это очень большое чудо; но я не допускаю, я не чувствую того, что изслѣдованіе этого предмета этимъ бы закончено. Я не могу представить, что это свойство вещества въ пространствѣ,—намагничивание,—которое вызываетъ такой чудесный эффектъ въ кускѣ металла, могло быть безусловно безъ всякаго—навѣрное, оно не безъ всякаго,—дѣйствія на вещество живого тѣла; и по моему мнѣнію даже еще не доказано, что оно можетъ быть безъ всякаго *ощутимаго* дѣйствія на вещество живого тѣла, помѣщенаго тамъ, хотя ничего и не было найдено. До такой степени удивительно, чтобы не было совсѣмъ никакого дѣйствія, что я увѣренъ и чувствую, что опытъ стоитъ повторить—и что стоитъ изслѣдоватъ, имѣть ли, или нѣть, очень большая магнитная сила какое нибудь ощутимое вліяніе на живое тѣло, растительное или животное. Я говорилъ раньше о седьмомъ чувствѣ. Я, именно, считаю возможнымъ, чтобы могло существовать магнитное чувство. Я думаю, возможно, что чрезвычайно большое магнитное дѣйствіе можетъ произвести ощущеніе, которое мы не въ состояніи будемъ сравнить ни съ тепломъ, ни съ силой, ни съ какимъ либо другимъ ощущеніемъ.

Другой вопросъ, который часто приходитъ въ голову, есть: «существуетъ ли электрическое чувство?» Имѣть ли какое либо человѣческое чувство ощущеніе электричества въ воздухѣ? Конечно, можно бы предложить, вѣроятно, нѣсколько подобныхъ же проектовъ опытовъ по отношенію къ электричеству; но есть известныя причины, объяснять которыхъ заняло бы у меня слишкомъ много времени,—причины, которыхъ препятствуютъ мнѣ помѣстить электрическую силу въ одну

категорію съ силой магнитной. Здѣсь было бы поверхностное дѣйствіе, которое на практикѣ сводило бы къ нулю внутреннія дѣйствія, зависящія отъ электрической силы, и это поверхностное дѣйствіе было бы опредѣленнымъ ощущеніемъ, которое мы могли бы явственно отнести къ чувству силы. Всякій, помѣщая свою руку, или свое лицо, или свои волосы, въ сосѣдствѣ электрической машины, воспринимаетъ нѣкоторое ощущеніе и, изслѣдуя его, находитъ, что дуетъ струя воздуха и что волоса его притягиваются; и если онъ помѣщаетъ свою руку слишкомъ близко, то онъ находитъ, что между его рукой или лицомъ и машиной образуются искры, такъ что прежде, чѣмъ мы придемъ къ какому либо деликатному вопросу о возможномъ дѣйствіи электрической силы, мы получаемъ ясныя механическія воздействиа, которыя вызываютъ ощущенія температуры и силы. Но, чтобы эта таинственная и удивительная магнитная сила, зависящая, какъ мы теперь знаемъ, отъ вращеній молекулъ, могла быть безусловно безъ дѣйствія—безъ замѣтнаго дѣйствія—на животную economiю, представляется очень удивительнымъ явленіемъ и есть, во всякомъ случаѣ, предметъ, заслуживающій тщательнаго изслѣдованія. Я надѣюсь, что никто не подумаетъ, что я благопріятствую въ томъ, что я сказалъ, предразсудку месмеризма.

Я намѣренъ, если время позволить, прежде, чѣмъ кончить, объяснить нѣсколько подробнѣе наши ощущенія, касающіяся двойного чувства осозанія,—чувствъ температуры и чувства силы. Но сначала я долженъ сказать что нибудь и о другихъ чувствахъ, потому что, если я буду слишкомъ много говорить о чувствахъ силы и тепла, то не останется времени ни на одно изъ остальныхъ. Итакъ, теперь, подумаемъ о томъ, что такое мы воспринимаемъ въ чувствѣ слуха. Акустика есть наука о слухѣ. А что такое слухъ? Слухъ есть воспринятіе чего-то ухомъ. Что же такое мы воспринимаемъ ухомъ? Это есть нѣчто такое, что мы можемъ воспринимать безъ помощи уха; нѣчто такое, что величайшій, когда либо существовавшій, мастеръ звука (во всякомъ случаѣ, въ поэтическомъ и артистическомъ смыслѣ этого слова),—Бетховенъ,—не могъ восприни-

матъ ухомъ большую часть своей жизни. Онъ былъ глухимъ большую часть своей жизни и втечение этого периода были сочинены нѣкоторыя изъ величайшихъ его музыкальныхъ произведений,—и это безъ возможности для него когда либо слышать самому ихъ ухомъ,—потому что его слухъ ухомъ былъ потерянъ имъ навсегда. Но онъ обыкновенно стоялъ съ палкой, прижатой къ фортепиано и касавшейся его зубовъ, и такимъ образомъ могъ слышать звуки, которые онъ вызывалъ изъ инструмента. Отсюда слѣдуетъ, что, кроме Вратъ Уха Джона Буніяна, есть еще другія врата или другой доступъ для слуховыхъ ощущеній.

Что же такое представляетъ собой то, что вы обыкновенно воспринимаете ухомъ,—что здоровый человѣкъ, не потерявший ни одного изъ своихъ природныхъ органовъ чувствъ, воспринимаетъ своимъ ухомъ, но что можетъ быть воспринимаемо иначе, хотя не такъ удовлетворительно или полно? Это очевидно есть чувство измѣняющагося давленія. Когда барометръ подымается, давленіе на ухо увеличивается; когда барометръ падаетъ, это есть указаніе, что давленіе на ухо уменьшается. Ну, а если бы давленіе воздуха внезапно увеличилось и уменьшилось, скажемъ, втечение одной минуты, — положимъ, въ четверть минуты барометръ поднялся на одну десятую дюйма и снова упалъ; ощутили бы вы что нибудь? Я сомнѣваюсь въ этомъ; я не думаю, чтобы вы ощутили. Если бы барометръ поднялся на два дюйма, или три дюйма, или четыре дюйма въ пол-минуты, то большинство ощутило бы это. Я говорю это, какъ результатъ наблюденія, потому что лица, опускающіяся въ водолазномъ колоколѣ, имѣютъ совершенно то же самое ощущеніе, какое они испытали бы, если бы отъ нѣкоторой неизвѣстной причины барометръ быстро, въ пол-минуты, поднялся на пять или шесть дюймовъ,—далеко выше самой большой высоты, на которой онъ когда либо стоитъ на открытомъ воздухѣ. Итакъ, у насъ есть чувство барометрическаго давленія, но у насъ нѣть непрерывныхъ указаний, которыя позволяли бы намъ ощущать разницы между высокимъ и низкимъ стояніемъ барометра. Люди, живущіе на большихъ

высотахъ,—на нѣсколько тысячъ футовъ надъ уровнемъ моря, гдѣ барометръ стоитъ на нѣсколько дюймовъ ниже, чѣмъ на уровнѣ моря,—ощущаютъ почти то же самое, что они ощущали бы на поверхности моря, — поскольку дѣло идетъ о какомъ либо ощущеніи давленія. Рѣзкій горный воздухъ кажется отличающимся отъ воздуха болѣе низкихъ мѣстъ частью потому, что онъ холоднѣе и суще, но также и потому, что онъ менѣе плотенъ и что вы должны вдыхать его больше, чтобъ ввести въ ваши легкіе то же самое количество кислорода,—количество, потребное для того, чтобы были исполнены тѣ функции, которыхъ студенты этого Института, занимающіеся физіологіей животныхъ,—а я думаю, что здѣсь ихъ большое количество,—вполнѣ поймутъ. Дѣйствие воздуха въ легкихъ,—функции, которая онъ исполняетъ,—зависитъ, главнымъ образомъ, отъ поглощенного кислорода. Если воздухъ имѣеть только три четверти той плотности, которую онъ имѣеть здѣсь въ нашей обыкновенной атмосфѣрѣ, то нужно вдохнуть его въ себя въ одинъ съ третью раза больше, чтобы произвести такое же окисляющее дѣйствие на кровь и такое же общее дѣйствие въ животной экономіи; и въ этомъ отношеніи, несомнѣнно, горный воздухъ имѣеть дѣйствіе на живыхъ существъ, совершенно отличное отъ дѣйствія воздуха равнинъ. Это дѣйствіе ясно ощущимо по его отношенію къ здоровью.

Но я удаляюсь отъ моего предмета, который составляетъ разсмотрѣніе измѣненій давленія, сравнимыхъ съ тѣми, которые производить звукъ. Водолазный колоколъ позволяетъ намъ ощутить внезапное увеличеніе давленія, но не при посредствѣ обыкновенного чувства осозанія. Рука не ощущаетъ разницы между 15 фунтами на квадратный дюймъ, давящими на нее со всѣхъ сторонъ, и 17, или 18, или 20, или даже 30 фунтами на квадратный дюймъ¹⁾, какъ это ощущается, когда вы опускаетесь въ водолазномъ колоколѣ. Если вы опу-

¹⁾ = 1·1, 1·2, 1·3, 1·4, 2·1 килограммъ на квадратный сантиметръ.
(Прил. перев.).

ститесь на пять съ половиною фасомовъ¹⁾ въ водолазномъ колоколѣ, то ваша рука сдавливается со всѣхъ сторонъ силой въ 30 фунтовъ на квадратный дюймъ; но вы все еще не ощущаете никакой разницы въ чувствѣ силы, никакого ощущенія давленія. Вы ощущаете вотъ что: сзади барабанной перепонки находится нѣкоторая полость, наполненная воздухомъ, и большее давленіе на одну сторону барабанной перепонки, чѣмъ на другую, вызываетъ болѣзненное ощущеніе и иногда производить разрывъ ея у лица, внезапно опускающагося въ водолазномъ колоколѣ. Средствомъ противъ испытываемаго такимъ образомъ болѣзненнаго ощущенія,—или, я лучше скажу, для предотвращенія его,—является жеваніе куска твердаго сухаря или подражаніе этому дѣйствію. Если вы жуете твердый сухарь, то при этомъ дѣйствіи открывается нѣкоторый проходъ²⁾, черезъ который давленіе воздуха, получая доступъ къ внутренней сторонѣ барабанной перепонки, уравновѣшиваетъ вѣнчнее давленіе и является такимъ образомъ препятствиемъ этому болѣзненному дѣйствію. Это болѣзненное дѣйствіе на ухо, испытываемое при опусканіи въ водолазномъ колоколѣ, происходитъ просто отъ того, что нѣкоторая часть тканей испытываетъ большее давленіе съ одной стороны, чѣмъ съ другой; и, когда такой ужасной силѣ подвергается у насъ такой нѣжный предметъ, какъ барабанная перепонка, то мы можемъ испытать большую боль и это можетъ быть опаснымъ,—и, действительно, это опасно и производить разрывъ или поврежденіе барабанной перепонки, если не принять мѣръ для предотвращенія этой разницы въ давленіяхъ; но тѣ простыя мѣры, которыя я указалъ, являются, я думаю, у всѣхъ обыкновенныхъ здоровыхъ людей, вполнѣ успѣшными.

Я боюсь, что мы, однако, никакъ не ближе къ пониманію того, что же такое мы воспринимаемъ, когда мы слышимъ. Поэтому, чтобы быть краткимъ, скажемъ, что это есть,

¹⁾ Фасомъ [fathom]=2 ярдамъ=6 футамъ, $5\frac{1}{2}$ фасомовъ=10 метрамъ.
(Прим. перев.).

²⁾ Евстахиева труба.
(Прим. перев.).

просто, слѣдующее: это—чрезвычайно быстрая измѣненія давленія, дѣйствующаго на барабанную перепонку уха, происходящія втечение столь короткаго промежутка времени и съ такой умѣренной силой, чтобы не повредить ея, а вызвать очень ясное ощущеніе, которое сообщается при посредствѣ ряда косточекъ слуховому нерву. Я долженъ прямо пропустить это; подробности полны интереса, но онѣ заняли бы у насъ гораздо больше часа, если бы я вошелъ въ ихъ полное разсмотрѣніе. Какъ только мы дошли до нервовъ и костей, мы перешли рамки того предмета, о которомъ я предполагалъ говорить. Мой предметъ принадлежитъ къ физикѣ,—къ такъ называемой, въ Шотландіи, Натуральной Философіи. Физика имѣть дѣло съ мертввой матеріей и я зашелъ за ея предѣлы, разъ я говорю о живомъ тѣлѣ; но мы должны говорить о человѣческомъ тѣлѣ, когда разбираемъ чувства, какъ средства воспріятія, — какъ средства, при посредствѣ которыхъ, на языкѣ Джона Буніана, «душа въ ея крѣпости» пріобрѣтаетъ свѣдѣнія о вѣнчнѣй матеріи. Физикъ долженъ смотрѣть на органы чувствъ совершенно такъ же, какъ онъ смотритъ на микроскопъ; ему нѣтъ дѣла до физиологии. Однако, ему приходится многое дѣлать своими собственными глазами и руками, и онъ долженъ размышлять о нихъ, если онъ понимаетъ, что онъ дѣлаетъ, и желаетъ получить разумный взглядъ на тѣ, какіе бы то ни были, предметы, которые находятся передъ нимъ въ его собственной области.

Но, что же будетъ вѣнчнимъ объектомъ этого внутренняго процесса слушанія и восприянія звука? Вѣнчній объектъ есть измѣненіе давленія воздуха. Хорошо, но какъ же намъ опредѣлить звукъ просто? Кажется немного похожимъ на *ciculus vicious* — но, въ дѣйствительности, не представляется таковыми — сказать, что, если мы называемъ нѣчто звукомъ, то это есть звукъ—если мы воспринимаемъ что нибудь, *какъ* звукъ, то это *есть* звукъ. Всякое измѣненіе давленія, которое настолько быстро, что позволяетъ намъ воспринять его, какъ звукъ, есть звукъ. Вотъ (хлопнувъ руками)— это есть звукъ. Не можетъ быть вопроса объ этомъ,—никто никогда не спро-

сить: звукъ это или нѣтъ? Это есть звукъ, если вы это слышите. Если вы это не слышите, то это для васъ не есть звукъ. Вотъ все, что я могу сказать, чтобы дать определеніе звука. Чтобы объяснить, что такое звукъ, я могу сказать, что это есть измѣненіе давленія и что оно отличается отъ постепенного измѣненія давленія, наблюдавшагося на барометрѣ, только тѣмъ, что оно болѣе быстро,— настолько быстро, что мы воспринимаемъ его, какъ звукъ. Если бы вы могли ощутить ухомъ, что барометръ сегодня упалъ на двѣ десятыхъ дюйма, то это былъ бы звукъ. Но никто не ощущаетъ своимъ ухомъ, что барометръ упалъ, и такимъ образомъ не слышитъ этого паденія, какъ звукъ. Но то же самое измѣненіе давленія, случись оно у насъ внезапно,— напр., паденіе барометра (если бы таковое какимъ либо образомъ могло случиться), — достигающее одной десятой дюйма и происходящее въ тысячную секунду,— произвело бы на насъ совершенно такое же впечатлѣніе, какъ звукъ. Внезапное поднятіе барометра произвело бы звукъ, аналогичный тому, который произошелъ, когда я хлопнулъ руками. Какая разница между шумомъ и музыкальнымъ звукомъ? Музыкальный звукъ есть правильное и периодическое измѣненіе давленія. Это есть поочередное увеличеніе и уменьшеніе давленія воздуха, происходящее достаточно быстро, чтобы быть воспринятымъ, какъ звукъ, и съ полной правильностью, періодъ за періодомъ. «Шумы» и музыкальные звуки сливаются другъ съ другомъ. По крайней мѣрѣ, музыкальные звуки могутъ иногда представлять собою нѣчто, завершающееся шумомъ, или слишкомъ склоняться къ переходу въ шумъ, чтобы вполнѣ нравиться разборчивому музыкальному уху. всякая шероховатость, нерегулярность, недостатокъ правильной и плавной періодичности имѣть слѣдствіемъ получение тона или музыки, которая такъ сложна, что невозможно сказать, въ тонъ она или нѣтъ.

Но, теперь, по поводу этого ощущенія звука я бы хотѣлъ высказать кое-что по отношенію къ тѣмъ практическимъ урокамъ, которые можно извлечь изъ тѣхъ большихъ математическихъ разсужденій, которые были изложены предъ Британской

Асоціаціи въ рѣчахъ ея предсѣдателя, профессора Келлера, и предсѣдателя секціи математики и физики, профессора Генрихи. Оба эти профессора настаивали на важности графическихъ изображеній и по отношенію къ этому самому свойству звука¹⁾ можно привести одно изъ графическихъ изображеній, упомянутыхъ въ рѣчи профессора Келлера²⁾. На языкѣ математики мы въ звукѣ имѣемъ дѣло съ функцией отъ только «одной независимой переменной». Время есть независимая переменная, а давленіе воздуха есть функция. У насъ нѣтъ осложненія, отъ движений въ различныхъ направленіяхъ. У насъ нѣтъ осложненія, о которомъ намъ придется подумать непосредственно дальше, въ связи съ чувствомъ силы, — осложненія, относящагося къ мѣсту приложенія и направленію силы. У насъ нѣтъ тѣхъ безконечныхъ осложненій, которыя мы имѣемъ въ нѣкоторыхъ изъ другихъ чувствъ, въ особенности, въ обоняніи и во вкусѣ. Мы должны разматривать лишь одно, и это одно есть давленіе воздуха или измѣненіе давленія воздуха съ теченіемъ времени. Не представляйте себѣ, что математика терпка и терниста и производить отталкивающее дѣйствіе на здравый смыслъ. Она есть только идеализація [etherealisation] здраваго смысла. Функция одной независимой переменной, съ которой вамъ приходится здѣсь имѣть дѣло, есть давленіе воздуха на барабанную перепонку. Вотъ теперь, въ тысячу конторъ и бюро въ Бирмингемѣ, въ Лондонѣ, въ Глазго, въ Манчестерѣ, изо дня въ день пользуются, какъ это указалъ профессоръ Келлер, кривой для наглядного представленія нѣкоторой функции отъ одной независимой переменной. Самая важная функция отъ одной переменной въ Ливерпульѣ, есть, должно быть, цѣна хлопчатой бумаги. Кривая, показывающая цѣну хлопчатой бумаги, подымающаяся, когда цѣна хлопчатой бумаги высока, и опускающаяся, когда цѣна хлопчатой бумаги низка, указываетъ наглядно всѣ сложныя измѣненія

¹⁾ Т. е. регулярности періодовъ. (Прим. перев.).

²⁾ Rep. Brit. Ass. 1883, Birmingham, стр. 1—37.

(Прим. перев.).

этой функции. То же самое въ таблицахъ смертности Главнаго Статистического Архива [Registrar-General]—мы имѣемъ кривыя, показывающія изо дня въ день число смертей,—грустную исторію эпидеміи, указываемую поднимающейся вѣтвью, — и длинную постепенную отлогость въ опускающейся вѣтви кривой, когда эпидемію преодолѣли и когда приближаются снова къ нормальному состоянію здоровья. Все это представляется наглядно; и одинъ изъ самыхъ великолѣпныхъ результатовъ математики есть этотъ способъ наглядного представлениія закона измѣненія функции отъ одной независимой переменной, какъ бы этотъ законъ ни былъ сложенъ. Но перейдемъ теперь къ тому, что мнѣ въ самомъ дѣлѣ кажется чудомъ изъ чудесъ; подумайте, что за сложная вещь получается въ результатѣ игры оркестра—сотни инструментовъ—и пѣнія двухъ сотъ голосовъ въ хорѣ, которому аккомпанируетъ этотъ оркестръ. Подумайте о состояніи воздуха, о томъ, какъ онъ иногда растерзывается отъ этихъ сложныхъ вліяній. Подумайте о томъ плавномъ постепенномъ увеличеніи и уменьшеніи давленія, — плавномъ и постепенномъ, хотя и происходящемъ нѣсколько сотъ разъ въ секунду,—въ томъ случаѣ, когда мы слышимъ пьесу великолѣпной гармоніи! Однако, будетъ ли это одна нота самого нѣжнаго звука флейты, или самая чистая гармонія двухъ голосовъ, поющихъ совершенно въ тонъ,—или будетъ ли это громъ оркестра, съ высокими нотами, иногда даже съ раздирающими взвизгами воздуха, которыхъ вы можете услышать выдѣляющимися надъ звукомъ хора — подумайте обо всемъ этомъ,—и все-таки это не настолько сложно, чтобы профессоръ Кэлэй съ кускомъ мѣла въ руки не могъ изобразить это, проведя на черной доскѣ одну линію. Одна кривая, проведенная такимъ же образомъ, какъ кривая цѣнь хлопчатой бумаги, описываетъ все то, что ухо можетъ, вѣроятно, слышать, какъ результатъ самого сложнаго музыкального исполненія. Что значитъ, что одинъ звукъ болѣе сложенъ, чѣмъ другой? Это значитъ просто, что въ сложномъ звуке измѣненія нашей независимой переменной, давленія воздуха, болѣе рѣзки, болѣе внезапны, менѣе плавны и менѣе

ясно периодичны, чѣмъ въ болѣе мягкому, болѣе чистому и болѣе простому звукѣ. Но суммированіе другъ съ другомъ этихъ различныхъ дѣйствій есть, дѣйствительно, чудо изъ чудесъ; и подумайте, что всѣ эти различные дѣйствія всѣхъ этихъ различныхъ инструментовъ можно изобразить графически. Подумайте объ этомъ слѣдующимъ образомъ. Я полагаю, каждый изъ присутствующихъ знаетъ, что такое музыкальная партитура—во всякомъ случаѣ, вы знаете, какъ выглядятъ ноты мотива какого нибудь гимна, и можете представить себѣ то же самое для хора голосовъ и аккомпанирующаго оркестра, — «партитуру» въ цѣлую страницу, съ одной строкой для каждого инструмента и, можетъ быть, четырьмя различными строками для четырехъ голосовыхъ партій. Подумайте, сколько вы должны нанести на страницу, рукописную или печатную, чтобы показать, что должны дѣлать различные исполнители. Подумайте также, насколько больше должно быть сдѣлано, чѣмъ все то, что можетъ композиторъ нанести на эту страницу. Подумайте о томъ выраженіи, которое можетъ дать каждый исполнитель, и о разницѣ между великимъ скрипачемъ и человѣкомъ, который просто успѣшно пилитъ свою партію; подумайте также о разницѣ въ пѣніи и о всемъ томъ выраженіи, которое влагается въ ноту или въ рядъ нотъ при пѣніи, — выраженіи, которое нельзя описать. На писаной или печатной страницѣ находится небольшой клинъ, указывающій *diminuendo*, и клинъ, обращенный въ другую сторону и указывающій *crescendo*, и это все, что музыкантъ можетъ нанести на бумагу, чтобы обозначить разницу въ выраженіи, которое слѣдуетъ дать. И вотъ, теперь, все то, что можетъ быть изображено цѣлой страницей или двумя страницами оркестровой партитуры, какъ подробное означеніе того звука, который нужно произвести, скажемъ, въ десять секундъ времени, наглядно съ полною ясностью представляется одной кривой на бумажной лентѣ въ сотню дюймовъ (около $2\frac{1}{2}$ м.)¹⁾ длиною. Это, по моему

¹⁾ Проведенная такимъ образомъ кривая сказала бы даже слишкомъ много, потому что она показала бы тому, кто сумѣлъ бы ее прочитать,

мнѣнію, представляетъ собою поразительное доказательство могущества математики. Не допускайте, чтобы какой либо студентъ этого Института на минуту отвратился отъ преслѣдованія изученія математики вслѣдствіе мысли, что великие математики попадаютъ въ царство четырехъ измѣреній, куда вы не можете послѣдовать за ними. Примите во вниманіе, что рассказалъ намъ объ этой великолѣпной и блестящей способности математики, идеализировать и иллюстрировать здравый смыслъ профессоръ Кэлэй, въ его удивительной рѣчи, на которую я уже ссылался, и вы не падете духомъ при вашемъ изученіи математики а, наоборотъ, скорѣе укрѣпитесь духомъ, когда подумаете о томъ могуществѣ, которое математикамъ, посвѣщающимъ всю свою жизнь занятіямъ математикой, удалось придать ихъ чудесной наукѣ.

Я сказалъ объ ощущеніи звука, что оно вызывается быстрыми измѣненіями давленія. Мнѣ бы слѣдовало, скорѣе, войти въ подробности и сообщить, какъ быстры должны быть эти перемѣны отъ наибольшаго давленія къ наименьшему и обратно къ наибольшему, и какъ часто должны происходить эти

не только періоды и напряженія всѣхъ простыхъ звуковъ, наложеніе которыхъ другъ на друга составляетъ толькъ очень сложный звукъ, который слышенъ въ каждый моментъ,— но также и фазы этихъ различныхъ звуковъ. Но, повидимому, ухо наше не способно воспринимать эти фазы, а только періоды и напряженія звуковъ; ибо кроме непосредственныхъ опытныхъ доказательствъ, данныхъ Гельмгольцемъ (Helmholtz. Tropemprindungen), достаточно замѣтить, что эти фазы по необходимости различны для различныхъ слушателей, находящихся въ одной и той же залѣ, что онѣ измѣняются въ зависимости отъ того, что одинъ музыкантъ сядетъ немного ближе или немного дальше, и что, наконецъ, въ настоящее время не существуетъ, ни для цѣлаго оркестра, ни даже для одного инструмента съ различными звуками, способа регулировать фазы различныхъ одновременныхъ звуковъ и что тѣмъ не менѣе, впечатлѣніе, производимое опредѣленнымъ аккордомъ простыхъ звуковъ (напр., камертоновъ *ut*, *mi* и *sol*), повидимому, вполнѣ опредѣляется именами нотъ, т. е. одними періодами, такъ какъ оно, несомнѣнно, одинаково, когда аккордъ повторяютъ несколько разъ, причемъ фазы, конечно, не остаются одинаковыми.

(Прим. перев.).

перемѣны, чтобы дать намъ звукъ музыкальной ноты. Если бы барометръ измѣнялся одинъ разъ въ минуту, то вы бы не ощущали этого, какъ музыкальную ноту. Но, положимъ, что при посредствѣ какого нибудь механическаго процесса въ воздухѣ вы бы могли заставить барометрическое давленіе—давленіе воздуха—измѣняться гораздо быстрѣе. Эти измѣненія давленія, показать которыя наглядно у барометра не хватаетъ проворства, ухо слышитъ, какъ музыкальный звукъ, если измѣненія повторяются двадцать разъ въ секунду. Если они повторяются двадцать, тридцать, сорокъ или пятьдесятъ разъ въ секунду, вы слышите низкую ноту. Если періодъ постепенно дѣлается короче, вы слышите низкую ноту, постепенно подымаяющуюся, становящуюся все выше и выше, все болѣе и болѣе острой, и если дѣло доходитъ до 256 періодовъ въ секунду, то мы получаемъ ноту, называемую С¹⁾ въ обыкновенномъ музыкальномъ обозначеніи. Мнѣ кажется, я опишу ее вѣрно, если скажу, что это низкій тонъ С тенорового голоса,— самое низкое С, какое можетъ издать флейта. Нота двухфутовой²⁾ органной, открытой съ двухъ концовъ, трубы имѣть 256 періодовъ въ секунду. Поднимайтесь выше и выше до 512 періодовъ въ секунду и вы получите слѣдующее верхнее С,— среднее С голоса сопрано. Поднимитесь вверхъ до 1,024,— вы получите октавой выше. Вы получаете всегда октавой выше, когда удвоиваете число колебаній въ секунду, и, если вы будете продолжать это, пока не поднимитесь до тысячи 5, 6 или 10, то нота станетъ настолько пронзительной, что она перестаетъ дѣйствовать на человѣческое ухо, и вы больше ея не слышите. Самая высокая нота, которую можетъ воспринять человѣческое ухо, повидимому, представляеть нѣчто вродѣ 10,000 періодовъ въ секунду. Я говорю «нѣчто вродѣ», потому что не существуетъ вполнѣ опредѣленного предѣла. Нѣкоторыя уши перестаютъ слышать ноту, становящуюся все пронзительнѣе и пронзительнѣе, раньше, чѣмъ перестанутъ ее слышать другія уши;

¹⁾ = do или ut.

²⁾ = 60 сантиметровъ.

(Прим. перев.).

(Прим. перев.).

и потому, я могу только сказать, очень общимъ образомъ, что нѣчто вродѣ 10,000 періодовъ въ секунду соотвѣтствуетъ почти самой пронзительной нотѣ, которую еще можетъ слышать человѣческое ухо. Итакъ, мы можемъ опредѣлить музикальныя ноты, какъ измѣненія давленія воздуха, періодически повторяющіяся отъ двадцати до 10,000 разъ въ секунду. Ну, а существуютъ ли колебанія въ тридцать, сорокъ, пятьдесятъ, сто тысячъ, миллионъ періодовъ въ секунду, въ воздухѣ, въ упругихъ твердыхъ тѣлахъ или въ какой нибудь матеріи, дѣйствующей на наши чувства? У насъ нѣть никакихъ доказательствъ существованія въ матеріи колебаній, число которыхъ въ секунду много больше, чѣмъ 10,000, или 20,000, или 30,000 въ секунду, — и однако мы не имѣемъ причинъ отрицать возможность того, что такія колебанія существуютъ и что они могутъ имѣть очень важное значеніе въ природѣ. Но, когда мы дойдемъ до такой степени частоты, которую я не въ состояніи изобразить цифрами,—до чего-то, что можетъ быть измѣряемо сотнями тысячъ, если не миллионами, колебаній въ секунду, то мы не только перейдемъ предѣлы слуха человѣческихъ ушей, но даже перейдемъ предѣлы колебаній возможныхъ для той матеріи, какую мы знаемъ. Колебанія, передаваемыя, какъ волны, черезъ сталь, воздухъ или воду, не могутъ быть чаще нѣкотораго опредѣленного числа, для котораго, въ настоящую минуту, я не могу указать точную цифру, но которое, какъ я сказалъ, можетъ выражаться сотнями тысячъ или нѣсколькими миллионами въ секунду¹⁾.

¹⁾ Причиной этой ограниченности числа колебаній служить зернистое строеніе матеріи. Если рассматривать все меньшія и меньшія длины волнъ, то соответствующій имъ періодъ сначала уменьшается, *переходитъ черезъ минимумъ* и затѣмъ начинаетъ неопределенно возрастать. Колебанія съ періодомъ, меньшимъ, чѣмъ этотъ минимумъ, невозможны въ этой средѣ; кроме того, когда длина волны заключаетъ въ себѣ только нѣсколько зеренъ, то скорость распространенія уменьшается, дѣлается равной нулю для нѣкоторой длины волны, а для меньшихъ длинъ волнъ распространеніе становится невозможнымъ. Опытное изслѣдованіе дисперсіи упругихъ колебаній съ очень небольшою длиною волны, повиди-

Но зайдемъ теперь вопросомъ о свѣтѣ. Ощущеніе зрѣнія можетъ быть въ томъ отношеніи сравнено съ ощущеніемъ звука, что оно также вызывается колебаніями. Мы знаемъ, что свѣтъ есть дѣйствіе на сѣтчатую оболочку глаза—и чрезъ посредство сѣтчатой оболочки на зрительный нервъ,—дѣйствіе, зависящее отъ колебаній, число которыхъ въ секунду заключается между 400 миллионовъ миллионовъ и 800 миллионовъ миллионовъ. Итакъ, мы имѣемъ обширный пробѣлъ между 400 въ секунду, звукомъ довольно высокаго тенорового голоса, и 400 миллионовъ миллионовъ въ секунду, числомъ колебаній, соотвѣтствующимъ темно-красному свѣту,—самому низкому¹⁾ красному свѣту призматического спектра. Возьмите середину спектра—желтый свѣтъ, — тамъ число колебаній въ секунду въ круглыхъ числахъ есть 500 миллионовъ миллионовъ. Въ фиолетовомъ свѣтѣ мы имѣемъ 800 миллионовъ миллионовъ въ секунду. За фиолетовымъ свѣтомъ мы имѣемъ нѣчто, что глазъ едва ощущаетъ,—можетъ быть, совсѣмъ не ощущаетъ,—но, по моему мнѣнію, хотя не живо, но ощущаетъ: у насъ есть ультрафиолетовые лучи, известные намъ, главнымъ образомъ, изъ-за ихъ фотографическихъ дѣйствій, но также и изъ-за многихъ другихъ поразительныхъ опытовъ, которые за послѣднія тридцать лѣтъ до удивительнѣйшей степени расширили наши познанія о свѣтѣ. Невидимые лучи свѣта мы можемъ сдѣлать видимыми, если дадимъ этимъ лучамъ упастъ на известный сортъ стекла, на стекло, окрашенное ураномъ,—это желтовато-зеленое стекло, называемое иногда канареечнымъ стекломъ

мому, не безусловно недоступно, а оно дало бы въ высшей степени интересныя указанія степени однородности изучаемыхъ веществъ; въ частности, для очень чистыхъ кристалловъ, это дало бы понятіе о величинѣ клѣтокъ. Въ газахъ, находящихся подъ очень слабыми давленіями, для которыхъ средняя длина пути достигаетъ или превосходитъ сантиметръ, можно ожидать замѣтнаго измѣненія скорости звука при измѣненіи періода для длины волнъ въ нѣсколько сантиметровъ. То же относится къ разведеннымъ растворамъ тѣль съ очень большимъ молекулярнымъ вѣсомъ въ жидкости, находящейся близъ своей критической точки. См. „Величина атомовъ“, стр. 128.

¹⁾ См. прим. 1 на стр. 108.

(Прим. перев.).
(Прим. перев.).

или хамелеоновымъ стекломъ [canary glass or chameleon glass]. Урановое стекло имѣть свойство дѣлать видимыми невидимые для насъ лучи. Вы можете держать въ своей рукѣ кусокъ уранового стекла, освѣщаемаго этимъ электрическимъ свѣтомъ или свѣтомъ свѣчи или газа, и вы увидите, что оно свѣтится соответственно цвѣту того свѣта, который падаетъ на него; но помѣстите его въ спектръ за видимый фиолетовый конецъ, гдѣ безъ него вы не видите ничего, гдѣ кусокъ мѣла, если держать его тамъ, кажется совершенно темнымъ, и урановое стекло засвѣтится таинственнымъ измѣненнымъ цвѣтомъ великодушного оттѣнка, обнаруживая присутствие невидимыхъ лучей, обращая ихъ въ лучи низшаго периода и такимъ образомъ дѣлая ихъ видимыми для глаза. Это свойство уранового стекла было открыто профессоромъ Стоксомъ и ему было дано название флуоресценціи отъ флуоршпата [или плавикового шпата — fluorspat], у которого Стоксъ нашелъ такое же самое свойство. Съ тѣхъ поръ было открыто, что флуоресценція и фосфоресценція есть нѣчто непрерывное, что онѣ представляютъ собой крайности одного и того же явленія. Я предлагаю, что большинство ихъ здѣсь присутствующихъ знаетъ свѣта краску, которую дѣлаютъ изъ сѣристыхъ соединяющихся кальція и другихъ матерьяловъ, — и которая, будучи подвергнута дѣйствию свѣта втечение нѣкотораго времени, продолжаетъ свѣтиться въ темнотѣ втечение многихъ часовъ. Способность испускать свѣтъ послѣ удаленія источника, представляющая отличительное свойство этихъ фосфоресцирующихъ предметовъ, проявляется также, какъ доказалъ Эдмундъ Бэккерель, и у уранового стекла и такимъ образомъ Стоксовское открытие флуоресценціи становится непрерывно связаннымъ съ давно известнымъ явленіемъ фосфоресценціи, на которое впервые, кажется, было обращено вниманіе ученыхъ Робертомъ Бойлемъ около двухсотъ лѣтъ тому назадъ.

Есть еще другіе лучи, которые мы не воспринимаемъ ни однимъ изъ этихъ способовъ, но которые мы воспринимаемъ при посредствѣ нашего чувства тепла: тепловые лучи, какъ ихъ обыкновенно называютъ. Но, на самомъ дѣлѣ, все лучи,

которые мы называемъ свѣтомъ, имѣютъ тепловое дѣйствіе. Лучистое тепло и свѣтъ не представляютъ собою двухъ различныхъ явлений: лучистое тепло тождественно со свѣтомъ. Возьмите въ темную комнату черный горячій котелокъ и смотрите на него. Вы не видите ничего. Подержите ваше лицо или вашу руку около него — и вы замѣтаете его чрезъ то, что Буніянъ назвалъ бы Вратами Ощущенія; только теперь мы одинаково примѣняемъ слово «ощущеніе», какъ къ осязанію, такъ и ко всѣмъ другимъ чувствамъ. Вы замѣтаете его раньше, чѣмъ вы его коснетесь. Вы замѣтаете его задней стороной вашей руки или ладонью вашей руки; вы замѣтаете его вашимъ лицомъ, да, и вашимъ глазомъ, но вы не видите его. Вы замѣтаете его даже вашимъ глазомъ, а все же вы не видите его. Ну, теперь, нужно ли мнѣ оправдывать мое утвержденіе, что это не свѣтъ? Вы говорите, что это не свѣтъ, и это не есть свѣтъ для вѣра, если вы его не видите. Было много логическихъ споровъ объ словахъ здѣсь; похоже, что въ нашемъ определеніи мы находимся въ *circulus vicious*. Мы можемъ начать съ определенія свѣта — «Это есть свѣтъ, если вы видите это, какъ свѣтъ; и это не есть свѣтъ, если вы этого не видите». Чтобы избѣжать околичностей, мы взглянемъ на вещи слѣдующимъ образомъ. Лучистое тепло есть свѣтъ, если вы его видите, и оно не есть свѣтъ, если вы его не видите. Это не значитъ, что есть два различныхъ явленія, а это значитъ, что у лучистаго тепла имѣются качественные отличія. Есть такие сорта лучистаго тепла, которые мы можемъ видѣть, и, если мы видимъ ихъ, мы называемъ ихъ свѣтомъ; и есть такие сорта лучистаго тепла, которые мы не можемъ видѣть, и, если мы не можемъ видѣть ихъ, то мы не называемъ ихъ свѣтомъ, но все еще называемъ ихъ лучистымъ тепломъ; и это, въ концѣ концовъ, кажется мнѣ самой лучшей логикой въ примѣненіи къ этому предмету.

Скажу мимоходомъ, что я не вижу логики между тѣми науками, которые изучаются въ Бирмингэмскомъ и Мидлендскомъ Институтѣ. Логика есть то же для рѣчи и грамматики, что математика для здраваго смысла; логика есть идеа-

лизированная грамматика. Я надѣюсь, что преуспѣвающій въ грамматикѣ и въ латинскомъ и греческомъ языкахъ студентъ, который нуждается въ логикѣ, можетъ быть, столько же—а можетъ быть, и больше,—какъ и студенты, изучающіе положительныя науки и новые языки, подвинется впередъ и въ логикѣ и будетъ смотрѣть на нее, какъ на науку правильнаго употребленія словъ, которая должна вести его къ тому, чтобы онъ въ точности зналъ, что онъ хочетъ сказать ими, когда онъ ихъ употребляетъ. Больше кораблей потерпѣло крушеніе вслѣдствіе дурной логики, чѣмъ вслѣдствіе дурнаго знанія науки о мореплаванії. Когда капитанъ записываетъ въ своею журналъ плаванія¹⁾: «мѣсто корабля такое-то», — то онъ понимаетъ подъ этимъ, что это есть самое вѣроятное положеніе,—положеніе, которое онъ, по предыдущимъ наблюденіямъ, считаетъ самымъ вѣроятнымъ. Послѣ этого, если предположить, что совсѣмъ нельзя было видѣть солнца, ни звѣздъ, ни земли, то внимательное наблюденіе скорости и направленія показываетъ при посредствѣ простого счисленія (называемаго на техническомъ языке *счи-сленіемъ по лагу* [dead-reckoning]), где находится на слѣдующій день корабль. Но моряки слишкомъ часто забываютъ, что они записали въ журналъ плаванія, не было истинно, что они записали въ журналъ плаванія, не было лишь тѣмъ положеніемъ, которымъ мѣстомъ корабля, но было лишь тѣмъ положеніемъ, которое, по ихъ тогдашнимъ свѣдѣніямъ, представлялось наибѣльше вѣроятнымъ, и продолжаютъ ити дальше такъ, какъ будто это было истиннымъ положеніемъ. Они забываютъ значение самыхъ словъ, въ которыхъ они сдѣлали запись въ журналъ плаванія, и благодаря подобной плохой логикѣ больше кораблей набѣжало на скалы, чѣмъ вслѣдствіе какой либо иной оплошности или незнанія мореплаванія. Это именно дурная логика ведетъ къ тому, что довѣряются, плавая по морю, счи-ленію по лагу; и именно такая дурная логика является при-

¹⁾ Журналъ плаванія, — иначе лагъ-букъ,—по-англійски *log*, поэтому Томсонъ прибавляетъ, — „я не играю здѣсь словами: лагъ-букъ (*log*) не имѣть никакого отношенія къ логикѣ (*logic*).“

(Прим. перев.).

чиной тѣхъ ужасно частыхъ крушений въ прочихъ отношеніяхъ хорошо управляемыхъ пароходовъ, которые въ облачную, но совершенно спокойную погоду налетаютъ на скалы въ концѣ длиннаго путешествія. Дать вамъ возможность понимать въ точности значеніе вашего результата, когда вы дѣлаете замѣтку о чёмъ нибудь, относящемся къ вашимъ собственнымъ изслѣдованіямъ или опытамъ, и понимать въ точности значеніе того, что вы записываете, — это относится къ области логики. Практическая логика состоить въ томъ, чтобы расположить вашу запись такимъ образомъ, чтобы когда вы взглянете на нее впослѣдствіи, она могла вамъ сказать, какое это имѣть значеніе,—ни больше, ни менѣе; и если вы поупражняетесь въ этой практической логикѣ, то вы найдете выгоды, которыя станутъ слишкомъ очевидны, если вы только подумаете о какомъ нибудь научномъ или практическомъ предметѣ, съ которымъ вы хорошо знакомы.

Поэтому можно опасаться неправильнаго употребленія словъ, а вслѣдствіе этого и неправильнаго разсужденія на основаніи ихъ, когда мы говоримъ о свѣтѣ и лучистой теплотѣ; но, если мы дадимъ ясное опредѣленіе свѣта, какъ того, что мы сознательно воспринимаемъ, какъ свѣтъ,—не пытаясь опредѣлять само сознаніе, потому что мы настолько же не можемъ опредѣлить сознаніе, насколько мы не можемъ опредѣлить свободу воли,—то мы будемъ въ безопасности. Здѣсь нѣтъ вопроса о томъ, чтобы вы, действительно, нѣчто видѣли: если вы видите нѣчто, то это — свѣтъ. Ну хорошо, а когда же лучистое тепло есть свѣтъ? Лучистое тепло есть свѣтъ, когда соответствующее ему число колебаній въ секунду заключается между 400 миллионовъ миллионовъ и 800 миллионовъ миллионовъ. Когда число колебаній въ секунду меньше 400 миллионовъ миллионовъ, то это не свѣтъ; это—невидимое «инфра-красное» лучистое тепло. Когда его число колебаній въ секунду больше 800 миллионовъ миллионовъ, оно не есть свѣтъ, разъ мы не можемъ его видѣть; это невидимые ультра-фиолетовые лучи, — по настоящему, лучистое тепло, но обыкновенно оно не называется лучистымъ тепломъ, потому что его тепловое

дѣйствие извѣстно болѣе теоретически, чѣмъ на основаніи чувственныхъ воспріятій или на основаніи термометрическихъ или термоскопическихъ указаний. Наблюденія, которыя, на самомъ дѣлѣ, были произведены Лэнглэемъ и Абнэемъ надъ лучистымъ тепломъ, опускаютъ насть на октавы три ниже фиолетового и мы можемъ надѣяться, что позднѣйшія наблюденія заставятъ насть опуститься еще значительно ниже. Въ настоящее время мы знаемъ всего около четырехъ октавъ¹⁾,—т. е. отъ одной до двухъ, отъ двухъ до четырехъ, отъ четырехъ до восьми, отъ восьми до шестнадцати сотъ миллионовъ миллионовъ въ секунду,—лучистаго тепла. Одна октава лучистаго тепла воспринимается глазомъ, какъ свѣтъ, — октава отъ 400 миллионъ миллионовъ до 800 миллионъ миллионовъ. Я заимствую слово «октава» изъ музыки, не въ какомъ нибудь мистическомъ смыслѣ и не указывая этимъ какое нибудь соотношеніе между гармоніей цвѣтовъ и гармоніей звуковъ. Не существуетъ никакого соотношенія между гармоніей звука и гармоніей цвѣтовъ. Я просто употребляю слово «октава», какъ краткое выражение для какого нибудь ряда чиселъ колебаній, лежащихъ между предѣлами, отношеніе которыхъ равно отношенію одного къ двумъ. Если вы удвоиваете число колебаній, соответствующее музыкальной нотѣ, то вы повышаете ее на октаву: въ этомъ смыслѣ я и употребляю въ настоящую минуту это слово по отношенію къ свѣту и ни въ какомъ другомъ смыслѣ. Подумайте, теперь, какая ужасная пропасть лежитъ между 100 миллионовъ миллионовъ въ секунду, которые представляютъ собой почти самую низкую, до сихъ поръ открытую, ноту невидимаго лучистаго тепла, и 10,000 въ секунду, наиболѣшимъ числомъ колебаній въ секунду, ощущае-

¹⁾ Теперь извѣстно уже болѣе семи октавъ, — отъ длины волны въ 280×10^{-5} см. (Langley, *Phil. Mag.* 26. 505—520, 1888) до длины волны въ 1.82×10^{-5} см. (Schumann, *Photogr. Rundschau*, 4, 71—80, 1890), — отъ числа колебаній въ 11 миллионовъ миллионовъ въ секунду до 15,500 миллионовъ миллионовъ въ секунду,—одна октава въ видимомъ свѣтѣ, болѣе пяти въ ультрафиолетовомъ и немногимъ менѣе полутора въ инфракрасномъ; см. далѣе, прим. 2 на стр. 223 и прим. 1 на стр. 224.

(Прим. перев.).

мыхъ, какъ звукъ. Это—неизвѣстная область науки: изслѣдованіе колебаній между этими двумя предѣлами,—можетъ быть, одна изъ наиболѣе обѣщающихъ областей науки для будущаго изслѣдователя¹⁾.

Въ заключеніе, я хочу развить передъ вами мысль, что всѣ ощущенія имѣютъ отношеніе къ силѣ. Ощущеніе звука, какъ мы видѣли, есть просто ощущеніе весьма быстрыхъ измѣненій давленія воздуха (которое есть сила) на барабанную перепонку уха. Я только назвалъ по имени чувства вкуса и обонянія. Я сказалъ бы, что они суть химическая чувства. Скушайте обыкновенной соли и скушайте сахару,—вы сейчасъ скажете разницу, и воспріятіе этой разницы есть воспріятіе химического свойства. Въ этомъ воспріятіи есть тонкое молекулярное вліяніе, зависящее отъ осозанія предмета языкомъ или небомъ и производящее ощущеніе, очень отличное отъ обыкновенно понимаемаго чувства осозанія, которое, какъ мы сейчасъ видѣли, говорить намъ только о шероховатости и о

¹⁾ Разрядъ Лейденской банки черезъ катушку изъ очень тонкой и очень длинной проволоки вызываетъ электромагнитныя колебанія, периоды которыхъ, по опредѣленіямъ Гельмгольца (1869) и многихъ другихъ наблюдателей послѣ него, могутъ заключаться для обыкновенныхъ приборовъ между $\frac{1}{1,000}$ и $\frac{1}{10,000}$ секунды. Недавно Герцу (1888) удалось получить и изучить распространеніе колебаній того же рода, но периоды которыхъ представляютъ собою всего около $\frac{1}{100,000,000}$ секунды. Эти колебанія распространяются въ пустотѣ, что отличаетъ ихъ отъ колебаній звуковыхъ, которые распространяются только въ обыкновенной матеріи; они распространяются со скоростью, до такой степени близкой къ скорости свѣта, что кажется вполнѣ разумнымъ считать ихъ одинаковыми по своей природѣ съ колебаніями лучистаго тепла,—что согласно съ идеей, выраженной Максвеллемъ (1867),—идеей, о которой упоминаетъ сэръ В. Томсонъ въ другомъ своемъ чтеніи (стр. 80).

Предѣлы, въ которыхъ изслѣдованы до сихъ поръ эти колебанія, не очень широки,—отъ длины волнъ въ $35\frac{1}{3}$ м. (Blondlot, *Jour. de Phys.*, (2), 10, 549, 1891) до длины волнъ въ 17 см. (Lodge, *Nature*, 41, 462—63, 1890), т. е. отъ числа колебаній въ $8\frac{1}{2}$ миллионовъ въ секунду до числа колебаній въ 1,800 миллионовъ въ секунду. (Прим. перев.).

температура. Самое тонкое изъ нашихъ чувствъ есть, можетъ быть, зрѣніе; затѣмъ идутъ обоняніе и вкусъ. Профессоръ Стокъ недавно говорилъ мнѣ, что онъ скорѣе готовъ смотрѣть на вкусъ, обоняніе и свѣтъ, какъ на непрерывно связанныя чувства, потому что всѣ они — молекулярныя, — они имѣютъ дѣло со свойствами матеріи, не въ грубомъ видѣ, но въ ихъ молекулярныхъ взаимодѣйствіяхъ, — онъ скорѣе бы соединилъ вмѣстѣ эти три чувства въ одну группу, чѣмъ бы сочталь одно какое нибудь изъ нихъ съ какимъ нибудь изъ остальныхъ чувствъ. Намъ, однако же, нѣть необходимости сводить всѣ шесть чувствъ къ одному, но я хотѣлъ бы только указать, что всѣ они имѣютъ отношеніе къ силѣ. Химическое дѣйствіе есть сила, отрывающая молекулы другъ отъ друга, кидающая или толкающая ихъ другъ къ другу; и потому можно смотрѣть на наше химическое чувство или чувства, какъ на имѣющія,—по крайней мѣрѣ, въ этомъ отношеніи,—дѣло съ силой. Что чувства обонянія и вкуса имѣютъ соотношеніе между собой, кажется, очевидно; и, если бы физіологи простили мнѣ, я бы высказалъ мысль, что эти чувства можно бы, безъ большей ошибки, рассматривать, какъ крайности одного чувства. Во всякомъ случаѣ можно сказать объ нихъ слѣдующее: они могутъ быть сравниваемы,—чего нельзя сказать о какихъ либо другихъ двухъ чувствахъ. Вы не можете сказать, что форма куба или шероховатость куска сахара или куска песчаника, сравнима съ температурой горячей воды или похожа на звукъ трубы; или что звукъ трубы похожъ на пурпуровый цветъ, или похожъ на ракету, или похожъ на голубой сигнальный огонь. Нѣть никакой сравнимости между какими либо изъ этихъ ощущеній. Но, если кто нибудь скажетъ: «этотъ кусокъ корицы имѣеть вкусъ, похожій на ея запахъ», то я думаю, что онъ выразить нечто, испытываемое всѣми. Запахъ и вкусъ перца, мускатного орѣха, гвоздики, корицы, ванили, яблока, клубники и другихъ пищевыхъ продуктовъ, въ частности, пряностей и фруктовъ, имѣютъ очень ясно выраженные свойства, по отношенію къ которымъ вкусъ и запахъ являются, повидимому,

существеннымъ образомъ сравнимыми. Мнѣ кажется, — хотя анатомы дѣлаютъ различіе между ними, потому что относящіеся къ нимъ органы ощущеній различны, и потому что они не открыли непрерывности между этими органами,— что мы не будемъ съ философской точки зрѣнія неправы, если скажемъ, что обоняніе и вкусъ суть два крайніе предѣла одного и того-же чувства,—одного рода воспринимательной способности,—чувства химическихъ свойствъ, материально намъ представляющихся.

Но ощущеніе свѣта и ощущеніе тепла очень различны, хотя мы не можемъ опредѣлить разницы. Вы ощущаете тепло горячаго тѣла—какимъ образомъ? Чрезъ его лучистое тепло, падающее на ваше лицо—это одинъ путь. Но есть еще другой путь, не чрезъ лучистое тепло,—путь, о которомъ я буду говорить дальше. Вы ощущаете горячее тѣло зрѣніемъ, но все еще благодаря лучистому теплу; если оно освѣщено свѣтомъ или достаточно горячо, чтобы быть самосвѣтящимся, раскаленнымъ докрасна или добѣла, вы его видите: вы можете заразъ видѣть горячее тѣло и ощущать его чрезъ его тепло,—инымъ путемъ, чѣмъ зрѣніемъ. Возьмите щипцами кусокъ накаленного докрасна угля, или накаленную докрасна кочергу, и изучайте ее; снесите ее въ темную комнату и смотрите на нее. Втеченіе нѣкотораго времени вы ее видите; по прошествіи нѣкотораго времени вы перестаете видѣть ее, но вы все еще ощущаете лучистое тепло отъ нея. Ну вотъ, вашимъ глазомъ и лицомъ и руками ощущалось все время лучистое тепло; но это лучистое тепло чувствуется только чрезъ ощущеніе температуры, когда горячее тѣло перестаетъ быть раскаленнымъ докрасна. Слѣдовательно, что касается до нашихъ чувствъ, то есть безусловное различіе въ ощущеніяхъ лучистой теплоты въ ея видимой и невидимой разновидности, являющихся непрерывными по вицѣнной природѣ предмета. Я не могу требовать отъ анатомовъ, чтобы они допустили, что тепло дѣйствуетъ на наши чувства одинаковымъ образомъ въ обоихъ случаяхъ. Въ настоящее время они, во всякомъ случаѣ, не могутъ сказать, что существуетъ безусловная непрерывность между сѣтчатой оболочкой глаза по отношенію къ воспрія-

тю ею лучистаго тепла, какъ свѣта, и кожей руки по отношенію къ воспріятію ею лучистаго тепла, какъ тепла. Мы, можетъ быть, дойдемъ до того, что будемъ знать больше; можетъ оказаться, что существуетъ здѣсь непрерывность. Нѣкоторыя изъ высокихъ спекулятивныхъ размышленій Дарвина могутъ стать для настъ реальностями; и мы можемъ дойти до того, что признаемъ, что можно на всей поверхности тѣла культивировать свѣтчатую оболочку. Мы еще не достигли этого¹⁾, но великая идея Дарвина является вызывающею въ настъ мысль, что можетъ существовать безусловная непрерывность между воспріятіемъ лучистаго тепла свѣтчатой оболочкой глаза и воспріятіемъ его тканями и нервами, принимающими участіе въ простомъ ощущеніи тепла. До того времени мы, однако, должны довольствоваться тѣмъ, что различаемъ чувства свѣта и тепла. И, въ самомъ дѣлѣ, нужно замѣтить, наше чувство тепла вызывается не только лучистымъ тепломъ,—

¹⁾ У нѣкоторыхъ низшихъ животныхъ, лишенныхъ отдаленного органа, предназначенаго для зрѣнія, эпидерма, на болѣе или менѣе обширной части ея поверхности, чувствительна къ свѣтовому возбужденію; строение чувствительныхъ частей представляетъ дѣйствительную аналогію съ строеніемъ свѣтчатой оболочки позвоночныхъ животныхъ. Одинъ морской моллюскъ, фолада, представляетъ интересный примѣръ этого: эпидерма всей части оболочки, выходящей за раковину, есть постоянная свѣтчатая оболочка, позволяющая животному не только отличать свѣтъ отъ темноты, но и схватывать въ свѣтѣ, падающимъ на него, различія въ напряженіи и даже въ цвѣтѣ; ощущеніе выражается болѣе или менѣе быстрымъ втягиваніемъ чувствительной части, представляющей родъ пальца, выступающаго за раковину, и называемаго *сифономъ*; ультра-фиолетовые и инфракрасные лучи не оказываютъ влиянія на эпидерму сифона. См. по поводу этого Дюбуа, „Новая теорія механизма свѣтовыхъ ощущеній“ (*Nonvelle theorie du mecanisme des sensations lumineuses*) *Revue generale des Sciences pures et appliquees*, т. I, стр. 198. Трудно, однако, решить, играетъ ли здѣсь роль зрительное ощущеніе, или тепловое; ибо какоелибо тѣло чувствительно только къ своей собственной температурѣ и, чтобы оно было чувствительно къ лучамъ, заключеннымъ между опредѣленными предѣлами, вслѣдствіе производимаго ими тепла, достаточно, чтобы ткани производили избирательное тепловое поглощеніе этихъ самыхъ лучей и были бы совершенно теплопрозрачны для другихъ.

(Прим. перев.).

между тѣмъ, какъ единственнымъ и существеннымъ образомъ лучистое тепло даетъ ощущеніе свѣта свѣтчатой оболочки. Держите вашу руку подъ накаленной докрасна кочергой въ темной комнатѣ: вы ощущаете, что она накалена, единственно вслѣдствіе ея лучистой теплоты и вы видите ее тоже вслѣдствіе ея лучистой теплоты. Помѣстите теперь руку надъ нею,— вы ощущаете больше тепла. Теперь, въ дѣйствительности, вы ощущаете ея теплоту тремя путями—соприкосновеніемъ съ нагрѣтымъ воздухомъ, который поднялся отъ кочерги, лучистымъ тепломъ, ощущаемымъ вами чувствомъ тепла, и лучистымъ тепломъ, видимымъ, какъ свѣтъ (такъ какъ желѣзо все еще накалено докрасна). Но ощущеніе тепла одинаково вездѣ и есть известное дѣйствіе, испытываемое тканью независимо отъ того, будетъ ли оно вызываться лучистымъ тепломъ или соприкосновеніемъ съ нагрѣтыми частицами воздуха.

Наконецъ, остается—а я боюсь, что я уже слишкомъ долго испытывать ваше терпѣніе—чувство силы. На меня сильно нападали за провозглашеніе этого шестого чувства. Мне не приходится ни вступать въ пререканія, ни пытаться объяснять вамъ, на какой почвѣ на меня нападали; на самомъ дѣлѣ, я не могъ бы сдѣлать это, потому что, читая эти нападки, я самъ не могъ понять ихъ. Единственной, можетъ быть, доступной для возраженій почвой было то обстоятельство, что одинъ писатель напечаталъ эту теорію въ Нью-Йоркѣ въ 1880 году. Я цитировалъ д-ра Томаса Рейда, не указывая года; годъ этотъ, по всей вѣроятности, есть 1780 или около того!! Но физиологи съ большимъ рвениемъ противились допущенію, что чувство шероховатости есть то же самое, что то мускульное чувство, которое преподавали метафизики, послѣдовавшіе за докторомъ Томасомъ Рейдомъ въ Глазговскомъ университетѣ. Это въ Глазговскомъ университетѣ я узналъ о мускульномъ чувствѣ и я не слышалъ, чтобы о немъ очень ясно излагалось гдѣ нибудь въ другомъ мѣстѣ. Что же такое это мускульное чувство? Я наожимаю рукой на кафедру, находящуюся передо мною, или я иду впередъ въ темнотѣ, протягивая свою руку и пользуясь этимъ средствомъ, чтобы ощупью узнавать дорогу, какъ постоянно

дѣлаетъ слѣпой, распознающій, гдѣ онъ находится, и находящій себѣ дорогу при помощи чувства осязанія. Я иду до тѣхъ поръ, пока я не ощущу препятствія при посредствѣ чувства силы въ ладони руки. Какимъ образомъ и гдѣ я воспринимаю это ощущеніе? Анатомы скажутъ вамъ, что оно чувствуется въ мускулахъ руки. Слѣдовательно, здѣсь есть сила, ощущаемая мною въ мускулахъ руки, и соответствующая воспринимательная способность довольно подходящимъ образомъ названа мускульнымъ чувствомъ. Но возьмите теперь кончикъ вашего пальца и потрите кусокъ песчаника или кусокъ сахара или гладкій столъ. Возьмите кусокъ сахара между вашимъ большимъ и однимъ изъ остальныхъ пальцевъ и возьмите кусокъ гладкаго стекла между вашимъ большимъ и однимъ изъ остальныхъ пальцевъ. Вы ощущаете разницу. Въ чёмъ же разница? Въ чувствѣ шероховатости, отличающей отъ гладкости. Физіологи и анатомы употребляютъ для обозначенія его слово «осязательное»¹⁾ чувство. Я признаюсь, что это не много говорить моему уму. «Осязательное» есть просто «осязанія или принадлежащее къ осязанію», и, говоря, что мы воспринимаемъ шероховатость и гладкость осязательнымъ чувствомъ, мы остаемся на томъ мѣстѣ, гдѣ мы были. На насъ не проливаетъ никакого свѣта то, что намъ скажутъ, что есть осязательное чувство, какъ подраздѣленіе нашего чувства осязанія. Но я говорю, что то, о чёмъ идетъ рѣчь, есть чувство силы. Мы не можемъ это устранить: это есть чувство силы,—направленій силъ и мѣсть приложенія силъ. Если мѣста приложенія силъ суть ладони двухъ рукъ, то мы соответственно этому воспринимаемъ,—и сознаемъ, что воспринимаемъ,—въ мускулахъ рукъ дѣйствіе большихъ давлений на ладони рукъ. Но, если мѣста приложенія—сотня небольшихъ площадокъ на одномъ пальцѣ, мы все таки воспринимаемъ дѣйствіе, какъ силу. Мы дѣляемъ различие между равномерно распределенной силой, вродѣ силы отъ куска гладкаго стекла, и силами, распределенными на десяткѣ

¹⁾ или «чисто осязательное чувство».

(Прим. перев.).

или сотнѣ небольшихъ площадокъ. И это есть чувство гладкости и шероховатости. Чувство шероховатости, поэтому, есть чувство силъ и мѣсть приложенія силъ точно такъ же, какъ чувство силъ въ вашихъ двухъ рукахъ, когда ихъ растягиваютъ, есть чувство силъ, мѣста приложенія которыхъ находятся на разстояніи шести футовъ другъ отъ друга. Будутъ ли мѣста приложенія на разстояніи шести футовъ, или будутъ они на разстояніи стой дюйма¹⁾, все таки именно съ чувствомъ силы, и мѣсть приложенія силъ, и направленій силъ, мы имѣемъ дѣло въ чувствѣ осязанія, какъ отличающемся отъ чувства тепла. Пусть анатомы и физіологи имѣютъ полное право дѣлать различіе между родами возбужденія тканей въ пальцѣ и въ тончайшихъ нервахъ кожи пальца и слоевъ подъ нею, которыми мы ощущаемъ шероховатость и гладкость, въ одномъ случаѣ,—и въ мускулахъ, которыми вы ощущаете далеко отстоящія мѣста приложенія, въ другомъ случаѣ. Однако, будутъ ли силы такъ близки, что анатомы не могутъ различить мускуловъ, — не могутъ указать мускуловъ, сопротивляющихся силамъ и ихъ уравновѣшивающихъ,—ибо, вспомните, когда вы берете кусокъ стекла въ ваши пальцы, каждая часть давленія на каждую сто-тысячную дюйма, придавливаемую стекломъ къ пальцу, есть уравновѣшиваемая сила,—или будутъ ли онѣ далеко другъ отъ друга и, очевидно, уравновѣшиваемы тогда мускулами двухъ рукъ, ощущенія—одинакового рода. Анатомы не указываютъ намъ мускуловъ, уравновѣшивающихъ отдельные силы, испытываемыя небольшими площадками самого пальца, когда мы осозаемъ кусокъ гладкаго стекла, или отдельные силы, на десяткахъ или сотняхъ небольшихъ площадокъ, которые мы испытываемъ, когда осозаемъ кусокъ шероховатаго сахара или шероховатаго песчаника; и можетъ быть, что съ этой множественностью имѣютъ дѣло мускулы, которые не меныше, чѣмъ мускулы пальца, взятаго, какъ цѣлое; и можетъ быть, съ другой стороны, что эти нервы и

¹⁾ 6 футовъ=1·8 метра; $\frac{1}{100}$ дюйма= $\frac{1}{4}$ миллиметра.

(Прим. перев.).

ткани непрерывны по своимъ качествамъ съ мускулами. Я захожу за предѣлы моего предмета каждый разъ, какъ я говорю о мускулахъ и нервахъ; но, съ вѣнчней стороны, чувство осязанія, отличное отъ чувства тепла, представляется одинаковоымъ во всѣхъ случаяхъ—это есть чувство силь и мѣстъ приложения силъ и направленій силъ. Я надѣюсь, что я теперь оправдалъ существованіе этого шестого чувства,—и что я не напрасно испытывалъ ваше терпѣніе тѣмъ, что не сдѣлалъ этого въ меньшемъ числѣ словъ.

Волновая теорія свѣта.

[Лекція, прочитанная 29-го сентября 1884 г. въ Академіи Музыки, въ Филадельфії, подъ покровительствомъ Франклиновскаго Института (Franklin Institute)].

Предметъ, о которомъ я буду говорить вамъ въ этотъ вечеръ, къ счастью для меня, не новъ въ Филадельфіи. Прекрасная лекція по оптицѣ, читанная нѣсколько лѣтъ тому назадъ Мортономъ, президентомъ Стевенсовскаго Института [Stevens' Institute], и рядъ такъ удивительно иллюстрированныхъ опытами лекцій по тому же предмету профессора Тиндалля, которая многіе изъ здѣсь присутствующихъ слышали, вполнѣ приготовили васъ ко всему тому, что я могу сказать вамъ сегодня по отношенію къ волновой теоріи свѣта.

У меня очень скромная задача,—изложить вамъ только нѣкоторыя математическія и механическія детали этой великой теоріи. Я не могу имѣть удовольствія иллюстрировать вамъ ихъ чѣмъ либо, сравнимымъ съ тѣми блестящими и поучительными опытами, которые многіе изъ васъ уже видѣли. Меня удовлетворяетъ то, что я знаю, что многіе изъ здѣсь присутствующихъ настолько вполнѣ подготовлены къ пониманію всего того, что я могу сказать, что видѣвшіе эти опыты не почувствуютъ отсутствія ихъ въ настоящее время. Въ то же время я желаю сдѣлать ихъ понятными для тѣхъ, кто не имѣлъ преимущества прослушать систематический курсъ лекцій. Я долженъ прежде всего, безъ дальнѣйшихъ предисловій, такъ какъ время невелико, а предметъ длиненъ, сказать просто, что звукъ и свѣтъ