

шрифтомъ, называлъ *энергіей* то, что въ сущности есть потеря энергіи или отрицательная энергія; та же оплошность чрезвычайно затемняетъ смыслъ мелкаго шрифта на стр. 60.

Любопытное и интересное указаніе, на верху второго столбца стр. 63, относительно капли сѣроуглерода въ соприкосновеніи съ каплей воды въ капиллярной трубкѣ приводило бы къ непрерывному движенію, будь оно вѣрно для трубки, не смоченной раньше водой на протяженіи части ея канала, — «...если капля воды и капля сѣрнистаго углерода помѣщены, соприкасаясь другъ съ другомъ, въ горизонтальной капиллярной трубкѣ, то сѣроуглеродъ будетъ гнать воду вдоль трубки».

Дополнительное замѣчаніе 5 іюня 1886.—Я старательно пробовалъ сдѣлать опытъ, указанный въ предыдущей фразѣ, и не получилъ указаннаго движенія.

ПРИБАВЛЕНІЕ А.

О нѣкоторыхъ любопытныхъ движеніяхъ, наблюдаемыхъ на поверхностяхъ вина и другихъ спиртныхъ напитковъ.

(Сообщеніе, сдѣланное профессоромъ Джемсомъ Томсономъ въ секціи А Британской Ассоціаціи на сѣздѣ въ Глазго въ 1855 г.; Brit. Assoc. Report for 1855, ч. II, стр. 16—17).

Явленія капиллярнаго притяженія въ жидкостяхъ объясняются, согласно общепринятой теоріи д-ра Юнга, существованіемъ силъ, эквивалентныхъ натяженію поверхности жидкости, одинаковому по всѣмъ направленіямъ и не зависящему отъ формы поверхности. Эта сила натяженія неодинакова у различныхъ жидкостей. Такъ, она оказывается гораздо меньше у алкоголя, чѣмъ у воды. Этотъ фактъ даетъ объясненіе нѣкоторымъ весьма любопытнымъ движеніямъ, которыя можно, при различныхъ обстоятельствахъ, наблюдать на поверхностяхъ спиртныхъ напитковъ. Одна категорія этихъ явленій заключается въ томъ, что, если на середину поверхности воды въ стаканѣ осторожно помѣстить небольшое количество спирта или крѣпкаго спиртнаго напитка, то наблюдается быстрое движеніе на поверхности воды во внѣшнюю сторону отъ того мѣста, куда былъ введенъ спиртъ. Его можно сдѣлать болѣе замѣтнымъ, если посыпать немного мелкаго порошка на поверхность воды. Другая категорія явленій состоитъ въ томъ, что, если стѣнки сосуда смочить водою выше общаго уровня жидкости и если въ достаточномъ количествѣ ввести спиртъ по срединѣ сосуда или близъ краевъ, то можно замѣтить, какъ жидкость поднимается по стѣнкамъ стакана, пока она не соберется въ нѣкоторыхъ мѣстахъ въ такомъ количествѣ, что ея вѣсъ окажется преобладающимъ, и она не упадетъ внизъ. Авторъ объясняетъ эти двѣ категоріи явленій слѣдующимъ образомъ: болѣе богатая водою части всей поверхности, имѣя большее натяженіе, чѣмъ части, болѣе богатая алкоголемъ, энергично оттягиваютъ эти послѣднія, — иногда даже настолько сильно, что образуютъ горизонтальное кольцо, которое поднимается вверхъ по внутренней поверхности сосуда и является болѣе толстымъ, чѣмъ

тотъ слой, которымъ были смочены сначала стѣнки сосуда. Въ такомъ случаѣ у различныхъ частей этого кольца или линіи получается стремленіе стянуться къ тѣмъ мѣстамъ, которыя оказались наиболѣе водянистыми,—и тогда нѣтъ устойчиваго равновѣсія, ибо тѣ мѣста кольца, у которыхъ скопляются эти различныя части жидкости, становятся сами слишкомъ тяжелыми, чтобы держаться, и падаютъ внизъ. Тотъ же способъ объясненія, если продолжить его на шагъ дальше, указываетъ причину любопытныхъ движеній, наблюдаемыхъ обыкновенно въ пленкѣ вина, пристающей къ внутренности стакана съ виномъ, когда стаканъ, частью наполненный виномъ, встряхнули такъ, что его внутренняя поверхность смочилась выше общаго уровня поверхности жидкости,—ибо, для объясненія такихъ движеній, нужно только принять во вниманіе, что тонкая пленка, прилипающая къ внутренней поверхности стакана, должна очень скоро стать болѣе водянистой, чѣмъ остальная масса, вслѣдствіе того, что испареніе спирта, содержащагося въ ней, быстрѣе испаренія воды. По этому поводу докладчикъ демонстрировалъ секціи весьма убѣдительный опытъ. Онъ показалъ, что въ стеклянкѣ, наполненной немного виномъ, не происходитъ вышеописанныхъ явленій, пока стеклянка остается закрытой. Но, когда докладчикъ вынулъ пробку и сталъ удалять черезъ трубку воздухъ, насыщенный парами вина, замѣняя его такимъ образомъ свѣжимъ воздухомъ, который могъ вызвать испареніе,—то немедленно появилась жидкая пленка, которая въ видѣ горизонтальнаго кольца стала взбираться по внутренности стеклянки, а отъ нея пошли струйки, имѣвшія видъ чего-то липкаго и спускавшіяся съ нея, какъ бахрома съ занавѣси. Докладчикъ привелъ еще одинъ разительный примѣръ,—онъ налилъ воды въ плоское серебряное корытце, предварительно тщательно очищенное отъ всякихъ пленокъ, которыя могли бы помѣшать водѣ вполне смочить поверхность. Слой воды былъ глубиною около одной десятой дюйма. Когда, затѣмъ, на середину корытца было пущено немного алкоголя, вода немедленно отпрянула отъ середины, образовавъ тамъ большое углубленіе, освободившее дно корытца отъ всякой жидкости за исключеніемъ весьма тонкой пленки. Эти и другіе опыты, которые докладчикъ производилъ съ мелкимъ порошкомъ ликоподія, распыленнымъ по поверхности воды, на середину которой осторожно вводился алкоголь изъ тонкой трубки, очень просты и могутъ быть легко повторены. Докладчикъ указалъ, что онъ еще не въ состояніи дать полное объясненіе нѣкоторымъ любопытнымъ обратнымъ потокамъ, которые были демонстрированы при помощи этого порошка на поверхности. Онъ упомянулъ объ очень интересныхъ явленіяхъ, наблюдавшихся раньше г. Варлеемъ и описанныхъ имъ въ пятидесятомъ томѣ «Трудахъ Общества Искусствъ» (Transactions of the Society of Arts),

и выразилъ увѣренность, что многіе изъ нихъ или даже всѣ окажутся объяснимыми на основаніи принциповъ, имъ теперь предложенныхъ.

ПРИБАВЛЕНІЕ В.

Замѣтка о тяжести и о сцѣпленіи.

(Сообщеніе, сдѣланное въ Единбургскомъ Королевскомъ Обществѣ и напечатанное въ Proc. R. S. E. ¹⁾ отъ 21 апрѣля, 1862).

Общепринятый, основанный на теоріи Босковича, взглядъ на сцѣпленіе, какъ твердыхъ, такъ и жидкихъ тѣлъ—тотъ, что это сцѣпленіе является результатомъ существованія силы притяженія между частицами матеріи, увеличивающейся, когда разстояніе становится меньше нѣкотораго весьма малаго предѣла, гораздо быстрѣе, чѣмъ слѣдуетъ по обратной пропорціональности квадрату разстоянія. Въ самомъ дѣлѣ, этотъ взглядъ можетъ показаться неизбѣжнымъ, если только вмѣстѣ съ нимъ не отбрасывается совсѣмъ идея о «притяженіи»; ибо законъ притяженія на замѣтныхъ разстояніяхъ,—Ньютоновскій законъ,—доказанный его творцомъ для разстояній, которыя не представляются несравненно меньшими размѣровъ земли, и провѣренный Маскелиномъ и Кэвендишемъ такимъ образомъ, что ни одному естествоиспытателю не представляется возможности сколько нибудь основательно сомнѣваться въ примѣнимости этого закона къ взаимодѣйствію частицъ, находящихся на разстояніи нѣсколькихъ сотъ ярдовъ или нѣсколькихъ дюймовъ,—законъ этотъ даетъ, повидимому, чрезвычайно малыя, почти незамѣтныя, силы между тѣлами такихъ массъ, какъ тѣ, надъ которыми мы производимъ опыты въ нашихъ лабораторіяхъ, въ томъ случаѣ, когда они вездѣ помѣщены какъ можно ближе другъ къ другу,—т. е. находятся въ соприкосновеніи,—и вовсе, кажется, не даетъ сколько нибудь значительнаго увеличенія притяженія, когда увеличивается площадь соприкосновенія, дѣлается ли это прижиманіемъ тѣлъ другъ къ другу, или приданіемъ имъ такой формы, что они плотно приходятся другъ къ другу на большомъ пространствѣ.

Но, если мы примемъ во вниманіе неравномѣрное распредѣленіе плотности, необходимое для всякой молекулярной теоріи матеріи, мы сейчасъ же увидимъ, что этого одного достаточно для полученія большей величины силы тяготѣнія между двумя тѣлами, помѣщенными чрезвычайно близко другъ къ другу, или между двумя частями одного и того же тѣла, и что поэтому сцѣпленіе можетъ быть объяснено безъ введе-

¹⁾ Proc. Roy. Soc. Ed. 4, № 56, 604—607.

(Прим. перев.).

нія какой либо другой силы, кромѣ силы тяготѣнія, и какого либо другого закона, кромѣ Ньютоновскаго. Для доказательства, помѣстимъ два однородныхъ куба такъ, чтобъ одна грань каждого находилась въ полномъ соприкосновеніи съ одной гранью другого; пусть далѣе, одна треть всей массы каждого куба будетъ сосредоточена въ очень большое число, i , квадратныхъ брусковъ, перпендикулярныхъ къ общей грани кубовъ.—и пусть остальные двѣ трети массы будутъ на время удалены. Масса каждого бруска получается такимъ образомъ равною $\frac{1}{3i}$ всей массы, первоначально содержавшейся въ каждомъ кубѣ.

Положимъ, далѣе, что эти двѣ группы брусковъ помѣщены такъ, что конецъ каждого бруска одной группы находится въ полномъ соприкосновеніи съ концомъ какого нибудь бруска другой группы. Притяженіе между каждыми такими двумя соприкасающимися концами брусками, какъ бы малы ни были ихъ массы, можетъ быть безпредѣльно увеличиваемо, если уменьшать площадь ихъ поперечнаго сѣченія, сохраняя постоянной ихъ массу. Но общее взаимное притяженіе между обѣими группами превышаетъ въ i разъ притяженіе между каждой изъ соприкасающихся паръ и можетъ поэтому имѣть какую угодно величину, какъ бы она велика ни была, если просто уплотнить каждый брусокъ въ поперечномъ его сѣченіи, оставляя число ихъ и массу каждого постоянными.

Теперь мы можемъ предположить, что другая треть всей массы сосредоточена въ брускахъ, параллельныхъ другой грани куба, а остальная треть—въ брускахъ, параллельныхъ третьей грани. Тогда, если помѣстимъ одинъ изъ этихъ кубовъ такъ, что какая угодно сторона его находится въ соприкосновеніи съ какой угодно стороной другого куба, и дадимъ имъ принять то относительное положеніе, къ которому они, очевидно, стремятся,—т. е. такое, въ которомъ бруска, перпендикулярные къ общей грани обоихъ кубовъ, сходятся конецъ къ концу, то простое тяготѣніе явится причиной такой силы притяженія между ними, которая можетъ имѣть сколь угодно большую величину и которая будетъ тѣмъ больше, чѣмъ больше отношеніе всего свободнаго пространства внутри границъ каждого куба къ пространству, занятому веществомъ брусковъ.

Этотъ примѣръ былъ выбранъ исключительно для опредѣленности и простоты,—но ясно, что всякое волокнистое строеніе, какъ бы сложно ни были переплетены эти волокна, приведетъ къ тому же общему заключенію, лишь бы отношеніе свободнаго пространства къ пространству, занятому матеріей, было достаточно велико. Ясно, далѣе, что тотъ же самый результатъ получился бы и при какой угодно достаточно сильной неоднородности строенія, если бы только нѣкоторая не очень малая часть всей массы была такъ уплотнена въ нѣ-

которомъ непрерывномъ пространствѣ внутри тѣла, что было бы возможно, изъ любой точки этого пространства, какъ центра, описать шаровую поверхность, которая заключала бы гораздо большее количество матеріи, чѣмъ та часть всей массы тѣла, которая соотвѣтствовала бы этому объему ¹⁾).

Предлагаемая здѣсь теорія не противорѣчитъ ни одной до сихъ поръ предложенной молекулярной гипотезѣ,—непрерывности матеріи, или атомической,—конечности размѣровъ атомовъ, или центровъ силъ,—статической, или кинетической,—лишь бы въ ней было соблюдено вышеуказанное условіе.

Физика изобилуетъ очевидными указаніями, что въ строеніи матеріи есть весьма интенсивная элементарная неоднородность. Все, что есть дѣйствительно прочнаго въ несчастно такъ-называемой «атомической» теоріи химіи—это есть, кажется, предположеніе такой неоднородности для объясненія соединенія веществъ. Оно одно, правда, не объясняетъ закона опредѣленныхъ отношеній въ соединеніяхъ; но не объясняетъ его и гипотеза абсолютно крѣпкихъ конечныхъ частичекъ вещества,—и, каково бы ни было предположеніе о характерѣ строенія химическихъ соединеній, для того, чтобы достичь того, что, какъ, кажется, думаютъ нѣкоторые авторы, достигается ихъ «атомической теоріей», нужно прибавить еще динамическій законъ сродства между двумя веществами въ зависимости отъ отношенія количествъ этихъ веществъ, покоящихся или движущихся другъ около друга.

Можно считать вполне удовлетворительнымъ найденный нами результатъ, что, поскольку дѣло идетъ о сцѣпленіи, не нужно принимать никакихъ другихъ силъ, кромѣ силы тяготѣнія.

ПРИБАВЛЕНІЕ С.

О равновѣсіи пара на кривой поверхности жидкости.

(Сообщеніе, сдѣланное въ Единбургскомъ Королевскомъ Обществѣ 7 февраля 1870 и напечатанное въ Proc. R. S. E., т. VII, стр. 63—68).

Въ закрытомъ сосудѣ, содержащемъ только нѣкоторую жидкость и ея пары,—и то и другое при одной температурѣ,—жидкость, свободная поверхность которой повышена или понижена въ капиллярныхъ трубкахъ и вблизи твердыхъ стѣнокъ, находится въ прочномъ равновѣсіи, подчиняющемся тому же закону соотношенія между

¹⁾ Въ случаѣ равномерной плотности.

(Прим. перев.).

кривизной и давлением, какъ въ сосудахъ, имѣющихъ сообщеніе съ воздухомъ. Прочность этого равновѣсія вызываетъ физическое равновѣсіе жидкости и пара, соприкасающагося съ ней, во всѣхъ мѣстахъ ея поверхности. Но давление пара на различныхъ уровняхъ измѣняется по законамъ гидростатики. Слѣдовательно, давление насыщенныхъ паровъ, соприкасающихся съ жидкостью, измѣняется въ зависимости отъ кривизны ограничивающей поверхности,—оно меньше, когда у жидкости вогнутая поверхность, и больше, когда—выпуклая. И, если отдѣльныя части жидкости находятся въ отдѣльных сосудахъ, заключенныхъ въ одинъ общій сосудъ, то ихъ свободныя поверхности не могутъ оставаться неизмѣнно ни въ какомъ иномъ относительномъ положеніи, какъ въ томъ, которое онѣ приняли бы, если бы было гидростатическое сообщеніе давленія между частями жидкости въ этихъ нѣсколькихъ сосудахъ. Съ поверхностями, лежащихъ слишкомъ высоко, должно происходить испареніе, а на поверхностяхъ, лежащихъ слишкомъ низко, должно происходить сгущеніе паровъ въ жидкость,—и это будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока не установится такое гидростатическое равновѣсіе, какое имѣло бы мѣсто, если бы давленіе свободно сообщалось изъ одного

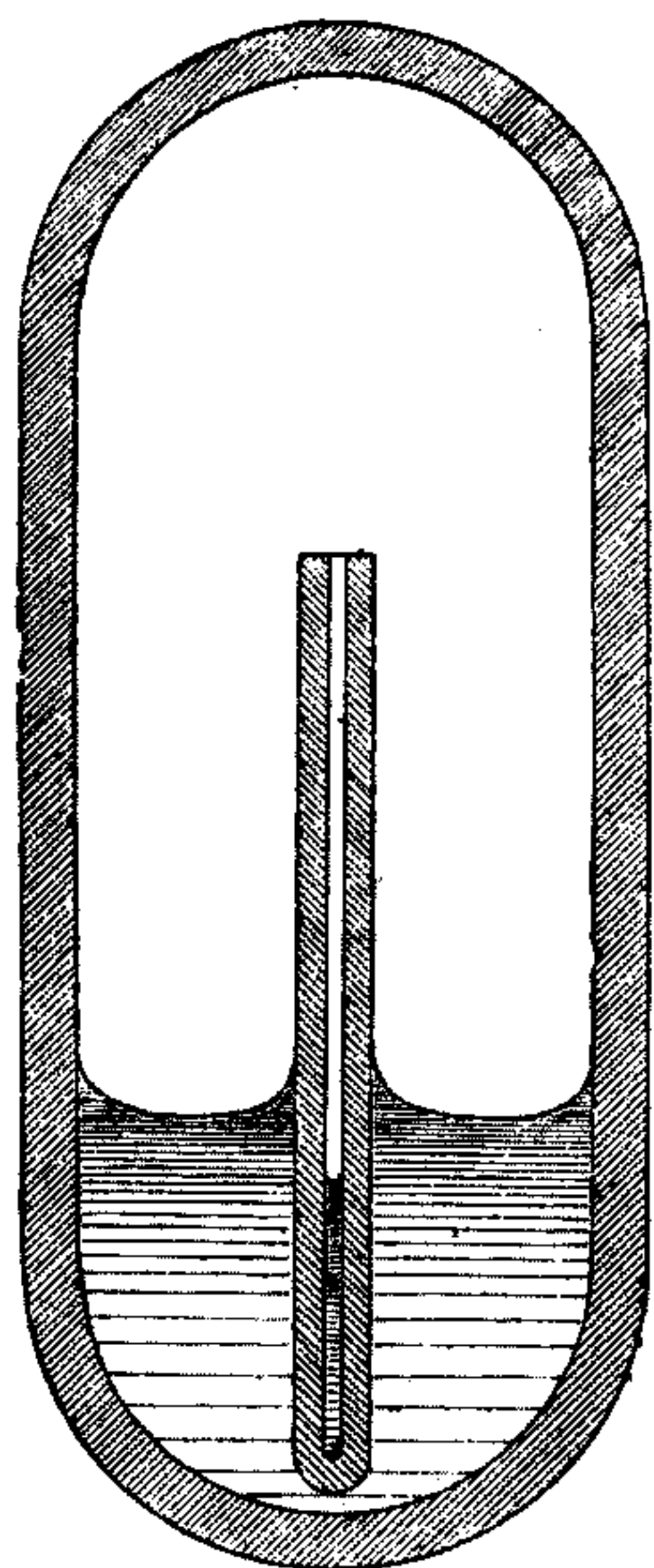


Рис. 32.

сосуда въ сосудъ. Такимъ образомъ, напр., если есть два большихъ открытых сосуда съ водою, причемъ одинъ значительно выше по уровню, чѣмъ другой, и если температура всего окружающаго будетъ поддерживаться строго постоянною, то жидкость въ выше лежащемъ сосудѣ будетъ постепенно испаряться до тѣхъ поръ, пока она вся не уйдетъ отсюда и не сгустится въ нижнемъ сосудѣ. Или, если, какъ это изображено на прилагаемомъ рисункѣ (рис. 32), капиллярная трубка съ небольшимъ количествомъ воды, занимающимъ ея низъ отъ дна до нѣкотораго уровня, будетъ помѣщена въ со-
сѣдствѣ съ большимъ количествомъ той же жидкости, имѣющимъ обширную свободную поверхность, то пары будутъ постепенно сгущаться въ капиллярной трубкѣ въ жидкость, пока уровень жидкости въ ней не будетъ тѣмъ же самымъ, какой получился бы, если бы нижній конецъ трубки сообщался гидростатически со всей массой жидкости.

Будетъ ли воздухъ надъ свободной поверхностью жидкости въ этихъ нѣсколькихъ сосудахъ или нѣтъ, условіе окончательнаго равновѣсія

остается тѣмъ же; но самые процессы испаренія и сгущенія, при помощи которыхъ происходитъ приближеніе къ равновѣсію, очень сильно замедляются присутствіемъ воздуха. Опыты Грама и кинетическая теорія Клаузіуса и Максвелла еще почти совсѣмъ не даютъ намъ достаточныхъ данныхъ для сужденія о скорости, съ которой паръ, уходящій съ одной изъ жидкостей, будетъ диффундировать черезъ воздухъ и достигать поверхности другой жидкости, находящейся на болѣе низкомъ уровнѣ. Если этому процессу будетъ препятствовать воздухъ, имѣющій плотность, близкую къ обыкновенной атмосферной плотности, то вѣроятно, что этотъ процессъ будетъ слишкомъ медленнымъ, чтобы можно было замѣтить его результаты иначе, какъ при опытахъ, которые бы длились очень долго. Но, если удалить воздухъ настолько совершенно, насколько можно это сдѣлать при помощи общеизвѣстныхъ практическихъ способовъ, то вѣроятно, процессъ пойдетъ очень быстро; дѣйствительно, онъ долженъ былъ бы быть моментальнымъ, если бы не происходило охлажденія вслѣдствіе испаренія въ одномъ сосудѣ и нагрѣванія вслѣдствіе сгущенія въ другомъ сосудѣ. На практикѣ, слѣдовательно, быстрота приближенія раздѣленныхъ частей жидкостей къ гидростатическому равновѣсію зависитъ отъ скорости обмѣна тепла между различными этими поверхностями черезъ посредство промежуточныхъ твердыхъ и жидкихъ тѣлъ. Не произведя ни самаго опыта, ни какихъ либо вычисленій скорости проводимости тепла въ этихъ обстоятельствахъ, я убѣжденъ однако, что въ очень короткое время вода видимо бы поднялась въ капиллярной трубкѣ, изображенной на рисункѣ (рис. 32) и что, если только будетъ обращено вниманіе на то, чтобы вся поверхность герметически запаяннаго сосуда поддерживалась при одинаковой температурѣ, жидкость въ капиллярной трубкѣ скоро достигла бы той же высоты, какую она имѣла бы, если бы нижній конецъ трубки былъ открытъ; жидкость опустилась бы до этого уровня, если бы въ началѣ капиллярная трубка была слишкомъ полна, и поднялась бы до него, если бы (какъ это изображено на рисункѣ) тамъ было сначала недостаточно жидкости, чтобы удовлетворить условіямъ равновѣсія.

Слѣдующія далѣе формулы показываютъ точныя соотношенія между кривизнами, разностями уровней и разностями давленій, о которыхъ мы говорили.

Пусть ρ будетъ плотность жидкости, σ —плотность пара; пусть, далѣе, T —натяженіе сѣпленія на свободной поверхности жидкости, рассчитанное на единицу длины и выраженное въ единицахъ силы, равныхъ вѣсу единицы массы. Пусть h обозначаетъ высоту какой нибудь точки P свободной поверхности жидкости надъ нѣкоторой исходною плоскостью, которую я для краткости назову плоскостью

уровня свободной поверхности. Это будетъ, безъ чувствительной ошибки, дѣйствительный уровень свободной поверхности въ тѣхъ мѣстахъ,—если есть таковыя,—отъ которыхъ ни одинъ край (или такая граничащая линія свободной поверхности, гдѣ кончается жидкость и начинается твердое тѣло) не отстоитъ менѣе, чѣмъ на нѣсколько сантиметровъ. Наконецъ, пусть r и r' — главные радіусы кривизны поверхности въ точкѣ P . По извѣстному закону уравненіемъ равновѣсія будетъ у насъ:

$$(p - \sigma)h = T \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'} \right) \dots \dots (1).$$

Но въ пространствѣ, занимаемомъ парами, давленіе меньше въ верхней изъ двухъ точекъ, разность высотъ которыхъ есть h , чѣмъ въ нижней, на величину, равную σh . А между парами и жидкостью во всѣхъ точкахъ свободной поверхности существуетъ прочное равновѣсіе. Отсюда слѣдуетъ, что давленіе пара, при равновѣсіи, меньше на вогнутой, чѣмъ на плоской поверхности жидкости, и меньше на плоской поверхности, чѣмъ на выпуклой, причемъ эти разности между ними равны $\frac{T\sigma}{p - \sigma}$ на каждую единицу разности кривизнъ. Это значитъ, что, если обозначимъ черезъ ω давленіе пара при равновѣсіи на плоской поверхности жидкости, а черезъ p —давленіе пара той же жидкости, имѣющей ту же температуру, но соприкасающейся съ паромъ по кривой поверхности, то будемъ имѣть

$$p = \omega - \frac{T\sigma}{p - \sigma} \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'} \right) \dots \dots (2),$$

гдѣ $\frac{1}{r}$ и $\frac{1}{r'}$ суть кривизны главныхъ сѣченій поверхности, разграничивающей жидкость и паръ, и считаются положительными, когда вогнутость обращена къ пару.

Строго говоря, значеніе σ , которое нужно употребить въ этихъ уравненіяхъ (1) и (2), должно было бы быть равно средней плотности вертикальнаго столба пара, возвышающагося на высоту h отъ нашей исходной плоскости. Но во всѣхъ случаяхъ, къ которымъ мы можемъ примѣнять на практикѣ эти формулы, соответственно современнымъ свѣдѣніямъ о свойствахъ матеріи, разность плотностей въ этомъ столбѣ очень мала и ею можно пренебречь. Поэтому, если обозначить черезъ H высоту надъ исходною плоскостью нѣкоторой воображаемой однородной жидкости, которая при той же плотности, какую имѣетъ паръ у этой плоскости, производила бы своимъ вѣсомъ имѣющееся въ дѣйствительности давленіе ω , будемъ имѣть:

$$\sigma = \frac{\omega}{H}.$$

Отсюда, изъ (1) и (2),

$$p = \omega \left(1 - \frac{h}{H} \right) \dots \dots (3).$$

Для паровъ воды при обыкновенныхъ температурахъ атмосферы H около 1,300,000 сантиметровъ. Слѣдовательно, въ капиллярной трубкѣ, въ которой вода можетъ удерживаться на высотѣ 13 метровъ надъ плоской поверхностью, кривая поверхность воды находится въ равновѣсіи съ соприкасающимися съ ней парами тогда, когда давленіе ихъ меньше почти на $\frac{1}{1000}$ своей величины, чѣмъ то давленіе, какое соотвѣтствуетъ пару, находящемуся въ равновѣсіи на плоской поверхности воды при той же самой температурѣ.

Для воды величина T при обыкновенныхъ температурахъ около 0.08 грамма на каждый сантиметръ, а p , будучи массой кубическаго сантиметра, выраженной въ граммахъ, равно единицѣ. Значеніе σ для паровъ воды при любой атмосферной температурѣ такъ мало, что мы можемъ вполне пренебречь имъ въ уравненіи (1). Въ капиллярной трубкѣ, вполне хорошо смоченной водою, свободная поверхность воды почти точно полусферическая и потому, какъ r , такъ и r' —оба равны радіусу внутренней поверхности жидкой пленки, закупоривающей собою трубку поверхъ свободной жидкой поверхности,—поэтому, мы имѣемъ:

$$h = 0.08 \times \frac{2}{r}.$$

Отсюда, если $h=1300$ сантиметровъ, то $r=0.00012$ сантиметра. Не можетъ быть сомнѣній въ томъ, что теорія Лапласа примѣнима безъ существенныхъ измѣненій даже къ случаямъ, когда кривизна такъ велика (или радіусъ кривизны такъ малъ), какъ здѣсь. Но при настоящемъ состояніи нашихъ знаній мы не имѣемъ права распространять ее еще дальше. Молекулярныя силы, считаемыя въ теоріи Лапласа «незамѣтными на замѣтныхъ разстояніяхъ», несомнѣнно, почти незамѣтны (если не совсѣмъ незамѣтны) на разстояніяхъ, которыя равны длинамъ волнъ обыкновеннаго свѣта или превосходятъ ихъ. Это прямо доказывается самыми поверхностными наблюденіями надъ мыльными пузырями. Но видъ чернаго пятна, которое, — появляясь передъ тѣмъ, какъ пузырю лопнуть, въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ онъ наиболѣе тонокъ, — рѣзко заканчиваетъ рядъ цвѣтовъ, дѣлаетъ несомнѣннымъ, что дѣйствіе этихъ силъ становится замѣтнымъ на разстояніяхъ, не многимъ мень-

шихъ половины длины волны или $\frac{1}{40,000}$ сантиметра. Дѣйстви-
тельно, есть много разнообразныхъ доводовъ ¹⁾ въ пользу того, что, въ
обыкновенныхъ твердыхъ и жидкихъ тѣлахъ, не только разстоянія,
на которыхъ замѣтно междучастичное дѣйствіе, но и линейные раз-
мѣры самыхъ молекулъ, и среднія разстоянія отъ центра до бли-
жайшаго центра ²⁾, въ очень умѣренной степени малы въ сравне-
ніи съ длинами волнъ свѣта. Изъ теоріи среднихъ длинъ пути, про-
ходимыхъ безъ столкновенія молекулами газовъ, данной Клаузіусомъ,
и изъ теоріи и опытовъ Максвелла, касающихся вязкости газовъ,
можно съ нѣкоторымъ приближеніемъ получить опредѣленное поня-
тіе о размѣрахъ молекулъ. Будучи совершенно увѣренъ въ реаль-
ности, по существу, тѣхъ видовъ, которые открыли намъ эти великія
изслѣдованія, я считаю врядъ ли возможнымъ допустить, что въ
кубическомъ сантиметрѣ жидкой углекислоты или воды число ча-
стицъ достигаетъ 10^{27} . А это даетъ, что въ жидкостяхъ среднее
разстояніе отъ центра до ближайшаго центра превосходитъ одну ты-
сяче-милліонную сантиметра!

Мы не можемъ поэтому допустить, что тѣ формулы, ко-
торыя я выше далъ, приложимы для выраженія законовъ равно-
вѣсія между влагою, удерживаемою такими растительными веществ-
ами, какъ миткаль или овсяная мука или сухари изъ пшеничной
муки при температурахъ, которыя много выше точки росы окружаю-
щей атмосферы). Но, хотя энергія притяженія нѣкоторыми изъ этихъ
веществъ паровъ воды такъ велика (напр., овсяная мука, высушен-
ная предварительно при высокой температурѣ, была употреблена, въ
оригинальномъ опытѣ сэра Дж. Лесли, для того, чтобы произвести
замораживаніе воды подъ колоколомъ воздушнаго насоса), что она
можетъ даже претендовать на признаніе ея химиками за «хими-
ческое сродство», въ результатѣ котораго получается «химическое
соединеніе», — я думаю, что поглощеніе паровъ органическими ве-
ществами, волокнистаго или клѣтчататаго строенія есть свойство ма-
теріи, стоящее въ непрерывной связи съ выше показаннымъ погло-
щеніемъ паровъ въ капиллярныхъ трубкахъ.

¹⁾ См. далѣе статью „величина атомовъ“.

(Прим. перев.).

²⁾ Подъ „разстояніемъ отъ центра до ближайшаго центра“ я разу-
мѣю сторону куба при кубическомъ расположеніи точекъ, число кото-
рыхъ равно числу дѣйствительныхъ частицъ въ томъ же пространствѣ.

(Прим. автора).

³⁾ Авторъ пропустилъ, очевидно, здѣсь слова „и атмосферною вла-
гою“, — безъ чего фраза является недоконченною.

(Прим. перев.).

ПРИБАВЛЕНІЕ С.

Объ измѣреніи количества масла, достаточнаго для пре- кращенія движенія камфары на водѣ.

[Сообщеніе секретаря Королевскаго Общества лорда Рэлэя, сдѣланное
имъ въ Королевскомъ Обществѣ 27 марта 1890 г. и перепечатанное ¹⁾
здѣсь съ его разрѣшенія].

Движеніе маленькихъ кусочковъ камфары по поверхности воды, —
явленіе, служившее загадкой для нѣсколькихъ поколѣній изслѣдова-
телей, — было удовлетворительно объяснено фанъ-деръ-Менсбрюггѣ ²⁾
уменьшеніемъ поверхностнаго натяженія воды, при раствореніи въ
ней этого тѣла. Чтобы вращенія кусочковъ камфары были ожив-
ленными, необходимо, какъ это показалъ Томлинсонъ, соблюдать са-
мую строгую чистоту. Хорошо для предосторожности подвергнуть
внутреннюю поверхность сосуда предварительной обработкѣ крѣпкой
сѣрной кислотой. Прикосновенія пальцемъ обыкновенно достаточно
для пріостановки движеній, такъ какъ такое прикосновеніе сообща-
етъ поверхности воды слой жира. Когда натяженіе на поверхности
воды уменьшено дѣйствіемъ жира, то различіе въ величинахъ этого
натяженія, зависящее отъ различнаго количества растворенной камфары,
уже является недостаточнымъ, чтобы вызывалось подобное движеніе.

Очевидно сразу, что нужное для прекращенія движенія камфары
количество жира чрезвычайно мало, — такъ мало, что при обыкно-
венныхъ условіяхъ опытовъ оно, какъ кажется, должно ускользнуть
отъ нашихъ способовъ измѣренія. Однако, въ виду большого инте-
реса, связаннаго съ опредѣленіемъ величины молекулъ, этотъ пред-
метъ показался мнѣ достойнымъ изслѣдованія; и я нашелъ, что, уве-
личивая въ достаточной мѣрѣ поверхность воды, легко можно до-
стичь того, что требующіяся для данной цѣли количества жира ста-
новятся на столько большими, что могутъ быть опредѣлены при по-
мощи чувствительныхъ вѣсовъ.

Въ настоящихъ опытахъ единственное испробованное жирное ве-
щество есть оливковое масло. Желательно, чтобы вещество, которое
должно распространяться въ видѣ такого тонкаго слоя, было нераство-
римо, не летуче и не скоро окислялось, — требованія, сильно огра-
ничивающія выборъ.

¹⁾ Nature, 42, 43—44, 1890.

(Прим. перев.).

²⁾ Mémoires couronnés (in 4°) de l'Académie de Belgique, т. XXXIV;
1869 г.

(Прим. автора).

Пропуская нѣкоторыя предварительныя попытки, я опишу теперь способъ, которымъ была опредѣлена толщина слоя масла, необходимаго для нашей цѣли. Вода находилась въ тазѣ (sponge-bath) очень большихъ размѣровъ. Этотъ тазъ наполнялся водою на небольшую глубину при посредствѣ резиновой трубки, соединенной съ краномъ. Диаметръ полученной такимъ образомъ круглой поверхности равнялся 84 сантиметрамъ. Масло помѣщалось на тонкой платиновой проволоцкѣ малой длины и соотвѣтственной формы. Послѣ каждаго опыта проволочку чистили, прокаливая до красна, и уравнивали на вѣсахъ. Затѣмъ ей сообщали небольшое количество масла, опредѣлявшееся по разности отчетовъ вѣсовъ. Въ обоихъ взвѣшиваніяхъ проволочки по два раза отпускали арретиръ вѣсовъ, и выводимые изъ такихъ наблюденій вѣса масла, по всей вѣроятности, были точны, обыкновенно, по крайней мѣрѣ, до $\frac{1}{20}$ миллиграмма. Когда все готово, стружки камфоры помѣщаются на поверхность воды въ двухъ или трехъ мѣстахъ, очень отдаленныхъ другъ отъ друга, и приходятъ тотчасъ въ очень сильное движеніе. Въ этотъ моментъ осторожно опускаютъ покрытый масломъ конецъ проволочки, пока онъ не коснется воды. Слой масла быстро передвигается впередъ по поверхности, толкая передъ собой всякія пылинки и частицы камфоры, имъ встрѣчаемыя. Тогда поверхность воды приводится въ соприкосновеніе со всѣми мѣстами проволочки, на которыхъ можетъ находиться масло,—чтобы была увѣренность въ полномъ исчезновеніи масла. Въ двухъ-трехъ случаяхъ особымъ опытомъ провѣрили, что остававшаяся при этомъ на проволоцкѣ масла было недостаточно для остановки движеній камфоры даже на поверхности всего въ нѣсколько квадратныхъ сантиметровъ.

Самый лучшій способъ объяснить, какимъ образомъ получались результаты, это сообщить подробности вычисленій одного изъ опытовъ, напр., второго опыта 17 декабря. Въ этомъ опытѣ 0.81 mgr. масла оказалось почти какъ разъ достаточно для остановки движеній. Объемъ масла въ кубическихъ сантиметрахъ получается, если раздѣлить 0.00081 на удѣльный вѣсъ или 0.9. Поверхность, по которой распространился этотъ объемъ масла, равна

$$\frac{1}{4} \pi \cdot 84^2 \text{ квадратныхъ сантиметрамъ,}$$

такъ что толщина слоя масла, вычисленная въ предположеніи, что плотность остается такой же, какъ и въ болѣе обычныхъ агрегатныхъ состояніяхъ, есть

$$\frac{0.00081}{0.9 \times 0.25 \pi \times 84^2} = \frac{1.63}{10^7} \text{ сантиметровъ,}$$

или 1.63 микромиллиметра. Другіе результаты, полученные, какъ

видно будетъ, спустя значительныя промежутки времени, собраны въ нижеслѣдующей таблицѣ. Для облегченія сравненія, эти результаты расположены не въ хронологическомъ порядкѣ, а въ порядкѣ толщинъ слоя.

Образецъ масла, нѣсколько обезцвѣченный пребываніемъ на воздухѣ.

Число.	Вѣсъ масла.	Вычисленная толщина слоя ¹⁾ .	Дѣйствіе на кусочки камфоры.
17 декабря.	0.40	0.81	никакого явственнаго дѣйствія. чуть замѣтно.
11 января.	0.52	1.06	
14 января.	0.65	1.32	
20 декабря.	0.78	1.52	почти достаточно.
11 января.	0.78	1.52	какъ разъ достаточно.
17 декабря.	0.81	1.63	какъ разъ почти достаточно.
18 декабря.	0.83	1.68	почти достаточно.
22 января.	0.84	1.70	приблизительно достаточно.
18 декабря.	0.95	1.92	какъ разъ достаточно.
17 декабря.	0.99	2.00	всѣ движенія почти совсѣмъ прекратились. вполнѣ достаточно.
20 декабря.	1.31	2.65	

Свѣжій образецъ.

28 января.	0.63	1.28	чуть замѣтно.
28 января.	1.06	2.14	какъ разъ достаточно.

Наиболѣе точно, кажется, можно опредѣлить количество масла, соотвѣтствующее моменту, когда движенія почти прекратились, но не совсѣмъ. Можетъ быть нѣкоторая неопредѣленность въ опредѣленіи

¹ См. прим. на стр. 53.

той величины, которая соответствует словамъ «почти достаточно», и можетъ быть, что эта величина слегка измѣнялась въ различныхъ случаяхъ. Но результаты представляются вполне опредѣленными и, при обстоятельствахъ опыта, очень согласными. Толщина слоя масла, необходимаго для того, чтобы уничтожить живость движеній камфоры, заключается между 1 и 2 миллионными миллиметра и можетъ быть съ нѣкоторой точностью считаема за 1·6 микромиллиметра. Предварительные опыты, полученные съ поверхностью меньшихъ размѣровъ, вполне согласуются съ этими.

Для сравненія интересно замѣтить, что толщина черныхъ частей пленокъ мыльной воды, по изслѣдованіямъ Рейнольда и Рюккера, оказалась равною 12 микромиллиметрамъ.

Представляется очень существеннымъ вопросъ, на сколько чистыми можно было предполагать эти поверхности воды въ началѣ опытовъ. Я думаю, что всякая обыкновенная поверхность воды замѣтно загрязнена, но согласіе результатовъ, приведенныхъ въ таблицѣ, заставляетъ предположить, что первоначальная пленка не сравнима съ тѣми, которыя преднамѣренно сообщались поверхности. Трудность опытовъ оказалась, на самомъ дѣлѣ, гораздо меньшей, чѣмъ я этого ожидалъ. Даже оставленіе поверхности воды на двадцать четыре часа въ воздухѣ лабораторіи ¹⁾ не дѣлаетъ ее неспособной вызывать движенія камфары.

Толщина здѣсь изслѣдованныхъ слоевъ масла, конечно, много меньше радіуса сферы дѣйствія силъ сцѣпленія; слѣдовательно, можно ожидать, что натяженіе маслянистой поверхности отличается отъ натяженія, которое имѣлось бы у полной пленки и слагалось бы изъ натяженія раздѣла воды съ масломъ и раздѣла масла съ воздухомъ. Точное опредѣленіе натяженія маслянистыхъ поверхностей, — дѣло не легкое. Капиллярная трубка едва ли можетъ быть здѣсь полезной, потому что нѣтъ никакой увѣренности въ томъ, что степень загрязненія внутри трубки та же, какъ и внѣ ея. Можно получить болѣе надежные результаты изъ поднятія жидкости между двумя параллельными пластинками. Въ ванну погружались двѣ пластинки стекла, раздѣленные въ углахъ тонкими листочками металла и прижатые другъ къ другу около ихъ центра. Въ одномъ опытѣ этого рода высота чистой воды оказалась равной 62. Когда небольшое количество масла, приблизительно достаточное для пріостановки движеній камфоры, было сообщено поверхности воды, то оно распространилось также и по поверхности, заключенной между пластинками, и высота понизилась до 48. Послѣдующія прибавленія масла, даже въ большемъ количествѣ, не понизили уровня ниже 38.

¹⁾ На дачѣ.

(Прим. автора).

Дѣйствіе небольшого количества сапоната (oleate of soda — маслянокислый натръ) гораздо значительнѣе. Это вещество понизило высоту до 24, что показываетъ, что поверхностное натяженіе мыльной воды значительно меньше соединенныхъ натяженій поверхности воды съ масломъ и поверхности масла съ воздухомъ. По Квинке, эти послѣднія натяженія соответственно равны 2·1 и 3·8, что даетъ въ суммѣ 5·9, а натяженіе на поверхности воды съ воздухомъ равно 8·3. Когда же чистая вода замѣнена мыльной, то послѣднее число несомнѣнно падаетъ ниже половины своей величины и, слѣдовательно, гораздо ниже 5·9 ¹⁾.

[Примѣчаніе сэра В. Томсона. Толщины слоя масла, приведенныя въ предыдущей таблицѣ, какъ результаты экспериментальныхъ изслѣдованій лорда Рэлея, въ 81—265 разъ больше низшаго предѣла и въ 0·4—1·3 раза высшаго предѣла, которые я указалъ для вѣроятнаго разстоянія между какой нибудь точкой воды или другой обыкновенной жидкости и соответствующей точкой ближайшей молекулы. Смотри дальше въ этой книгѣ статью «Величина атомовъ». — В. Т.]

¹⁾ Авторъ впоследствии примѣнилъ методъ «ряби» къ опредѣленію тѣхъ поверхностныхъ натяженій, о которыхъ здѣсь идетъ рѣчь. Для чистой поверхности воды онъ получилъ 74·0 дина, для поверхности, насыщенной оливковымъ масломъ — 41·0, а для поверхности, насыщенной маслянокислымъ натріемъ — 25·0. (Nature, 42, 578, 1890).

(Прим. перев.).

Единицы для электрических измѣреній.

[Лекція, прочитанная 3 мая 1883 г. въ Институтѣ Гражданскихъ Инженеровъ (Institution of Civil Engineers) и составлявшая одну изъ серіи въ шесть лекцій о «Практическихъ примѣненіяхъ электричества»].

Въ физикѣ, какъ наукѣ, первый существенный шагъ на пути къ изученію какого нибудь предмета состоитъ въ нахожденіи основаній для численнаго счета и отысканія способовъ для практическаго измѣренія какого нибудь свойства, имѣющаго связь съ этимъ предметомъ. Я часто говорю, что, когда вы можете измѣрить то, о чемъ вы говорите, и можете выразить это въ числахъ, то вы кое что знаете объ этомъ; но, когда вы не можете измѣрить это, когда вы не можете выразить это въ числахъ, то ваши знанія будутъ жалкаго и неудовлетворительнаго рода; это можетъ представлять собой начало знанія, но, въ вашихъ мысляхъ, вы едва подвинулись къ тому, что заслуживаетъ названія *науки*, каковъ бы ни былъ предметъ изслѣдованія. Я могу иллюстрировать это однимъ такимъ случаемъ, въ которомъ этотъ первый шагъ еще не сдѣланъ. Твердость различныхъ твердыхъ тѣлъ, какъ драгоценные камни и металлы, выражается числомъ на основаніи чисто сравнительнаго испытанія. Алмазъ рѣжетъ рубинъ, рубинъ рѣжетъ кварцъ, кварцъ, мнѣ кажется, рѣжетъ твердую сталь, твердая сталь рѣжетъ стекло; поэтому алмазъ считается тверже рубина, рубинъ тверже кварца, кварцъ тверже твердой стали, а твердая сталь тверже стекла, но у насъ нѣтъ числовой мѣры твердости ни этихъ, ни какихъ либо другихъ твердыхъ тѣлъ. Дѣйствительно, мы не имѣемъ никакихъ свѣдѣній о модуляхъ крѣпости, или о сопротивленіи растяженію, почти ни для одного изъ драгоценныхъ камней или минераловъ, твердость которыхъ опредѣляется ми-

нералогамъ по ихъ сравнительной шкалѣ, начинающейся съ алмаза, самаго твердаго изъ всѣхъ извѣстныхъ твердыхъ тѣлъ. Мы не имѣемъ даже основаній считать, что коэффициентъ крѣпости алмаза больше коэффициента крѣпости другихъ твердыхъ тѣлъ, и у насъ нѣтъ яснаго пониманія того, что такое представляетъ собой свойство твердости, ни того, какое оно имѣетъ отношеніе къ модулямъ упругости, или къ сопротивленію растяженію, сдвигу, или къ отношенію ¹⁾ этого вещества къ тѣмъ силамъ, которыя превышаютъ предѣлъ его упругости. Поэтому, нужно допустить, что наука о сопротивленіи матеріаловъ, имѣющая такое важное значеніе въ инженерномъ дѣлѣ, еще мало подвинулась впередъ, а та часть ея, которая относится къ такъ называемой *твердости* различныхъ твердыхъ тѣлъ, наименѣе всего, потому что въ этой части не сдѣлано даже перваго шага по направленію къ количественному измѣренію или къ расчету въ какихъ либо опредѣленныхъ единицахъ ²⁾.

Подобное же признаніе можно было сдѣлать по отношенію къ наукѣ объ электричествѣ въ томъ видѣ, въ какомъ она изучалась, десять лѣтъ тому назадъ, даже въ главнѣйшихъ физическихъ лабораторіяхъ всего свѣта. Правда, Кэвендишъ и Кулонъ въ прошедшемъ столѣтіи, а Амперъ, Пуассонъ, Гринъ, Гауссъ, Веберъ, Омъ, Ленцъ, Фарадей, Джуль, въ этомъ столѣтіи, дали намъ математическія и экспериментальныя основанія для полной системы численныхъ расчетовъ въ электричествѣ и магнетизмѣ, въ электрохиміи и въ электротермодинамикѣ;—и уже въ 1858 году было практически положено начало опредѣленнымъ электрическимъ измѣреніямъ,—въ изслѣдованіяхъ сопротивленія мѣди, сопротивленія изоляціи и электростатической индуктивной способности подводныхъ кабелей.

¹⁾ Пластичности.

(Прим. перев.).

²⁾ Замѣтимъ, что въ настоящее время есть уже попытки научнаго опредѣленія и измѣренія твердости,—укажемъ на Герца (Verh. Berl. Phys. Ges. 1882, 67), дающаго такое опредѣленіе твердости: «твердость есть предѣлъ упругости тѣла при давленіи на него другимъ тѣломъ, ограниченнымъ сферическою поверхностью», и на Ауэрбаха (Repert. der Phys. 27, 321), сдѣлавшаго нѣсколько измѣреній твердости и модуля упругости стеколъ и кварца.

(Прим. перев.).

Но прошло пятнадцать лѣтъ послѣ того, какъ было положено это начало, — и уже десять лѣтъ, какъ катушки сопротивлений и омы, и эталоны-конденсаторы и микрофарады были близко знакомы электрикамъ на фабрикахъ подводныхъ кабелей и на испытательныхъ станціяхъ, — прежде чѣмъ въ большей части научныхъ лабораторій свѣта стали регулярно производить что либо, что заслуживало бы названія электрическаго измѣренія. Я сомнѣваюсь, чтобы десять лѣтъ назадъ хоть одинъ фабрикантъ или продавецъ научныхъ приборовъ могъ сказать своимъ кліентамъ, отклоняется ли удѣльная проводимость катушекъ его гальванометра въ предѣлахъ 60 процентовъ отъ проводимости чистой мѣди, или нѣтъ; и я сомнѣваюсь, чтобы сопротивление одной изъ ста катушекъ электромагнитовъ, гальванометровъ и другихъ электромагнитныхъ приборовъ, въ университетахъ, лабораторіяхъ и аудиторіяхъ для лекцій, было извѣстно ученымъ профессорамъ, на обязанности которыхъ лежало объяснять ихъ свойства и показывать ихъ употребленіе студентамъ и ученикамъ. Но все это мы измѣнили; и теперь мы знаемъ сопротивленія нашихъ электромагнитныхъ катушекъ, вообще говоря, лучше, чѣмъ знаемъ ихъ длину; и наименѣе успѣшныя студенты нашихъ физическихъ лабораторій прекрасно могутъ измѣрять сопротивленія въ довольно широкихъ предѣлахъ съ значительной точностью. Я склоненъ, въ самомъ дѣлѣ, думать, что, — съ обыкновенно употребляемыми приборами, — больше вѣроятности въ томъ, что они смогутъ измѣрить сопротивление отъ 100 до 10,000 омовъ съ точностью до $\frac{1}{10}$ процента, чѣмъ въ томъ, что ошибка въ ихъ измѣреніяхъ длины будетъ менѣе одного миллиметра на метръ. Несомнѣнно, представляется очень поразительнымъ результатъ, что въ такомъ таинственномъ явленіи, въ вопросѣ о такомъ тонкомъ свойствѣ, какъ электрическое сопротивление, которому до такой степени трудно найти опредѣленіе и которое, какъ мы узнаемъ далѣе, есть скорость, — всякій служащій на телеграфной станціи, начинающіе студенты и ассистенты въ лабораторіяхъ и даже рабочіе на станціяхъ электрическаго освѣщенія совершенно въ состояніи измѣрить, — точнѣе, чѣмъ

вы бы измѣрили длину десяти футовъ проволоки, — сопротивление электрическихъ проводниковъ въ опредѣленныхъ абсолютныхъ единицахъ.

Я полагаю также, что почти всякій физическій кабинетъ и лабораторія владѣетъ микрофарадой, но я опасаясь, что рѣдко извѣстна ея генеалогія; и еслибы усомниться въ ея вѣрности въ предѣлахъ 10 процентовъ, то я сомнѣваюсь, взялся ли бы, во многихъ случаяхъ, кто либо — изготовитель ли ея, или обладатель, или другой экспертъ — электрикъ — защищать ее. Что же касается до нашихъ электростатическихъ аппаратовъ, то я сознаюсь, что я не знаю емкости ни одной изъ двухъ или трехъ дюжинъ лейденскихъ банокъ, которыя перешли ко мнѣ въ 1846 г., въ кабинетъ натуральной философіи Глазговскаго университета, или тѣхъ, которыя я отъ времени до времени самъ дѣлалъ въ продолженіе тѣхъ тридцати семи лѣтъ, которыя протекли съ того времени. Я хотѣлъ бы думать, что я единственный, который долженъ сдѣлать такое признаніе, и что ни одинъ другой профессоръ натуральной философіи въ свѣтѣ не позволилъ бы поставить на столъ своей аудиторіи лейденскую банку, не будучи въ состояніи сказать своимъ студентамъ ея емкость въ абсолютной мѣрѣ. Опредѣленіе емкости лейденской банки числомъ квадратныхъ сантиметровъ покрытой станиолемъ поверхности стекла, — безъ указанія толщины и удѣльной индуктивной способности стекла, — должно было бы быть настолько же достояніемъ прошедшаго времени, насколько таковымъ представляется опредѣленіе сопротивлений проводниковъ — въ миляхъ проволоки, одинъ футъ который вѣситъ 14 гранъ, изъ обыкновенной продажной мѣди, — безъ указанія удѣльнаго сопротивления, — можетъ быть, 45 процентовъ? или 70 процентовъ? или 98 процентовъ? проводимости чистой мѣди. А что касается практическаго измѣренія электродвижущей силы, то едва миновалъ только годъ съ тѣхъ поръ, какъ мы отъ тѣхъ среднихъ вѣковъ, когда вольтъ и элементъ Даніэля считались практически тождественными, перешли къ высшимъ стремленіямъ производить измѣренія съ точностью до одного процента. Кажется, что какъ будто, въ самомъ

дѣлѣ, коммерческимъ требованіямъ приложенія электричества къ освѣщенію и другимъ потребностямъ повседневной жизни предназначено было вызвать въ практической наукѣ электрическихъ измѣреній прогрессъ, столь же важный и драгоцѣнный для высшихъ областей научныхъ изслѣдованій, какъ и тотъ, который былъ, лѣтъ двадцать-тридцать тому назадъ, вызванъ практическими требованіями подводной телеграфіи.

Не можетъ быть большей ошибки, какъ смотрѣть свысока на практическія примѣненія науки. Жизнь и душу науки представляютъ ея практическія примѣненія. Какъ въ математикѣ великіе шаги впередъ были сдѣланы изъ-за желанія открыть рѣшенія задачъ, которыя имѣли высокій практическій смыслъ въ математическихъ наукахъ, точно такъ же и въ физикѣ многіе изъ тѣхъ величайшихъ шаговъ впередъ, которые были сдѣланы съ начала міра до настоящаго времени, были сдѣланы при самомъ пламенномъ желаніи примѣнить знаніе свойствъ матеріи къ какой нибудь полезной для человѣчества цѣли.

Первый шагъ на пути къ опредѣленію въ числахъ свойствъ матеріи, послѣ простого сравненія съ рядомъ занумерованныхъ образцовъ, какъ въ шкалѣ твердости минералоговъ, или съ произвольнымъ коммерческимъ образцомъ, какъ въ Бирмингемскомъ проволокомѣрѣ, есть открытіе какого нибудь непрерывно-измѣняющагося дѣйствія и нахожденіе способовъ наблюдать его опредѣленнымъ образомъ и измѣрять его въ нѣкоторыхъ произвольныхъ единицахъ или дѣленіяхъ шкалы. Но для завершения науки измѣреній въ какой либо области, нужно большее, а именно, нужно остановиться на чемъ нибудь, безусловно опредѣленномъ, какъ на единицѣ для расчета, что, — поскольку это касается электричества и магнетизма, — и представляетъ предметъ моей сегодняшней лекціи.

Въ электриествѣ, математическая теорія и измѣренія Кэвендиша, а въ магнетизмѣ, измѣренія Кулона дали, — лѣтъ сто тому назадъ, — необходимыя основанія для полной системы измѣреній, пятьдесятъ лѣтъ назадъ то же самое сдѣлано для электромагнетизма Амперомъ.

Я говорю объ электриествѣ, о магнетизмѣ и объ электромагнетизмѣ. Я долженъ теперь васъ предупредить, какъ о важномъ обстоятельствѣ по отношенію къ нѣкоторымъ техническимъ подробностямъ, съ которыми намъ далѣе придется имѣть дѣло, что магнетизмъ нужно считать заключающимъ въ себѣ и электромагнетизмъ. Электромагнетизмъ и магнетизмъ — одно и то же. Электромагнитная и электростатическая сила, представляющіяся именно теперь весьма различными, суть двѣ вещи, которыя болѣе глубокое знаніе можетъ заставить насъ соединить въ одно, — соединить тѣмъ путемъ, который усмотрѣть въ настоящее время мы едва ли можемъ. Мы имѣемъ основанія, положенныя Кэвендишемъ для электричества, Кулономъ — для магнетизма и Амперомъ — для электромагнетизма, — основанія, которыя вполне согласуются съ тѣмъ, что мнѣ далѣе придется сказать, — по отношенію къ трудамъ Гаусса и Вебера, — о магнетизмѣ и электромагнетизмѣ. Я говорю это потому, что были нѣкоторыя небольшія пренія по поводу единицы магнитной и единицы электромагнитной, какъ будто единица магнитная можетъ быть чѣмъ либо, отличнымъ отъ единицы электромагнитной или единицы электрокинетической. Дѣло упростится, если мы будемъ имѣть въ виду просто магнитную силу, будетъ ли она зависѣть отъ стального магнита, или отъ проволоки, ведущей токъ, и не образуемъ, поскольку дѣло касается измѣреній, въ области науки о магнетизмѣ подраздѣленія, заключающаго электромагнетизмъ. Мы увидимъ, что у насъ есть два главныхъ предмета: одинъ изъ нихъ — электричество и электростатическая сила; другой — магнетизмъ и электричество въ движеніи по проводникамъ, и магнитная и электромагнитная сила. Первымъ полнымъ методомъ научнаго измѣренія для любого изъ этихъ предметовъ былъ методъ, который далъ Гауссъ въ своей системѣ абсолютныхъ измѣреній земного магнетизма, такъ блистательно осуществленной Гауссомъ и Веберомъ въ ихъ Магнитномъ Гёттингенскомъ Обществѣ, — системѣ которая дала побудительный толчокъ для всей системы абсолютныхъ измѣреній въ томъ видѣ, въ какомъ мы ее теперь имѣемъ, во всей области науки объ электриествѣ. Дѣйствительно, самъ

Веберъ, осуществивъ въ сообществѣ съ Гауссомъ абсолютныя измѣренія въ земномъ магнетизмѣ, пронесъ ихъ чрезъ все поле электромагнетизма въ своихъ *Elektrodynamische Maasbestimmungen* [Электродинамическія измѣренія] ¹⁾, а отсюда перенесъ ихъ въ электростатику въ его общей съ Кольраушемъ работѣ, подъ тѣмъ же заглавіемъ *Elektrodynamische Maasbestimmungen* ²⁾. Знаменитое въ настоящее время *v* (velocity), — которое, какъ указалъ Максвеллъ въ своей электромагнитной теоріи свѣта, не случайно приблизительно равно скорости свѣта, но, по всей вѣроятности, связано физически, вслѣдствіе тѣхъ силъ, какія принимаютъ участія въ этомъ, съ дѣйствительнымъ дѣйствіемъ или движеніемъ матеріи, составляющимъ свѣтъ, — оказалось равнымъ приблизительно 300,000 километровъ въ секунду ³⁾.

Уже начиная съ 1851 года, я сталъ употреблять абсолютную систему при расчетѣ величинъ электродвижущихъ силъ вольтаическихъ элементовъ и электрическихъ сопротивленій про-

¹⁾ Лейпцигъ, 1852. Ранѣе была напечатана одна изъ наиболее важныхъ частей этой работы въ мемуарѣ Вебера «Измѣренія гальваническаго сопротивленія нѣкоторой абсолютной мѣрой» [*Messungen galvanischen Leitungswiderstände nach einen absoluten Maasse*]. *Poggendorff's Annalen*, мартъ 1851 ⁴⁾. (Прим. автора).

²⁾ *Poggendorff's Annalen*, 10 августа 1856 г. ⁵⁾. (Прим. автора).

³⁾ Точное число, данное Веберомъ и Кольраушемъ, есть 310,740; но болѣе современныя изслѣдованія дѣлаютъ вѣроятнымъ то, что это число можетъ быть процента на 3 или 4 больше, чѣмъ слѣдуетъ ⁶⁾. См. также Gray, *Absolute Measurements in Electricity and Magnetism* [Абсолютныя измѣренія въ электричествѣ и магнетизмѣ, Грэй] (Macmillan and Co. London, 1883). (Прим. автора).

⁴⁾ *Pog. Ann.*, 82, 337 — 369, 1851 и еще раньше «*Elektrodynamische Maasbestimmungen*», *Pog. Ann.*, 73, 193 — 240, 1848. (Прим. перев.).

⁵⁾ «*Ueber Elektrizitätsmenge, welche bei galvanischen Strömen durch den Querschnitt der Kette fließt*». [О количествѣ электричества, которое протекаетъ черезъ сѣченіе цѣпи при гальваническихъ токахъ]. *Pog. Ann.* 99. 10 — 25, 1856. (Прим. перев.).

⁶⁾ Изслѣдованія послѣднихъ 10 — 15 лѣтъ указываютъ, что *v* почти точно равно 300,000 километровъ въ секунду и скорѣе на долю процента больше, чѣмъ меньше. (Прим. перев.).

водниковъ въ абсолютныхъ электромагнитныхъ единицахъ ¹⁾ и, проповѣдуя втеченіе десяти лѣтъ необходимость всеобщаго употребленія абсолютной системы, какъ въ научныхъ изслѣдованіяхъ, такъ и въ телеграфномъ дѣлѣ, я добился въ 1861 г. учрежденія при Британской Ассоціаціи комитета для электрическихъ эталоновъ ²⁾.

Этотъ комитетъ еще втеченіе другихъ почти десяти лѣтъ работалъ во всей области электромагнитныхъ и электростатическихъ измѣреній, но, главнымъ образомъ, работалъ надъ эталонами электрическаго сопротивленія и, наконецъ, въ своемъ окончательномъ отчетѣ, представленномъ въ августѣ 1869 года на съѣздѣ въ Экзетерѣ (Exeter), рѣшительно предложилъ для всеобщаго употребленія абсолютную систему; вмѣстѣ съ тѣмъ, онъ указалъ и способы изготовленія эталоновъ катушекъ сопротивленія, — эталоновъ, выражаемыхъ въ единицѣ, которая сначала называлась единицей Британской Ассоціаціи, а потомъ омомъ и сопротивленіе которой, считаемое въ электромагнитной мѣрѣ, должно было быть, какъ можно точнѣе, равно 10,000 километровъ въ секунду.

¹⁾ См. мои работы «О механической теоріи электролиза» (*On the Mechanical Theory of Electrolysis*) и «Примѣненія принципа механическаго дѣйствія къ измѣренію электродвижущихъ силъ и гальваническихъ сопротивленій въ абсолютныхъ единицахъ» (*Applications of the Principle of Mechanical Effect to the Measurement of Electromotive Forces, and of Galvanic Resistances in Absolute Units*), напечатанныя обѣ въ «*Philosophical Magazine*» за декабрь 1851 г. ³⁾ и составляющія теперь статьи LIII и LIV моего «Собранія математическихъ и физическихъ работъ». т. I, 1882. (Прим. автора).

²⁾ Отчеты этого комитета печатались съ промежутками съ 1861 до 1869 г. въ томахъ Отчетовъ Британской Ассоціаціи за соотвѣтствующіе годы. Вмѣстѣ съ другими работами по тому же предмету, они были собраны и изданы подъ редакціей профессора Флиминга Дженкина Спеномъ, Лондонъ и Нью-Йоркъ, 1871 ⁴⁾. (Прим. автора).

³⁾ *Phil. Mag.* (4) 2, 429 — 444, 551 — 562; *Math. Phys. Pap.* I, 472 — 502. (Прим. перев.).

⁴⁾ *Reports of the Committee of the British Association for the Advancement of Science, ...appointed for the purpose of constructing and issuing practical Standards for use in Electrical Measurements.*

(Прим. перев.).

По поводу названія «омъ» я могу упомянуть, что сэръ Чарльзъ Брайтъ и г. Латимеръ Клэркъ сообщили Британской Ассоціаціи въ 1861 году работу ¹⁾, въ которой предлагались тѣ единицы, которыя мы теперь имѣемъ, съ нѣкоторой небольшою разницей, и предлагалась полная и связанная система измѣреній, которая, конечно, не выполняла всѣхъ условій абсолютной системы, но нѣкоторыя изъ нихъ выполняла чрезвычайно полезнымъ для практическихъ цѣлей способомъ. Слѣдовательно, мы обязаны всей системой единицъ въ томъ видѣ, въ какомъ мы теперь ее имѣемъ,—омами, вольтами, фарадами и микрофарадами—сэру Чарльзу Брайту и г. Латимеру Клэрку. Начиная съ 1870 или 1871 года, абсолютная система, въ томъ приближеніи къ точному ея осуществленію, которое дала ей единица Британской Ассоціаціи, была въ общемъ употребленіи въ Англіи и въ Америкѣ; но прошелъ еще десятокъ лѣтъ, и даже больше, чѣмъ десятокъ, до окончательнаго принятія абсолютной системы Франціей, Германіей и другими европейскими странами по постановленію собравшагося въ Парижѣ въ октябрѣ 1882 г. Международнаго Съѣзда для опредѣленія электрическихъ единицъ. Рѣшено было не принимать единицы Британской Ассоціаціи. Были высказаны сомнѣнія въ ея точности, и мы увидимъ, что они были вполнѣ основательны. Передъ Съѣздомъ лежалъ вопросъ о нахожденіи наиболѣе твердыхъ основъ для системы измѣреній, и Съѣздъ склонялся уже къ принятію абсолютной системы, но явился вопросъ, «что такое омъ?» Кто можетъ видѣть омъ? Кто можетъ показать, что такое есть омъ? Кто можетъ измѣрить намъ сопротивленіе какого либо проводника этой абсолютной мѣрой Вебера? Собственные опредѣленія Вебера сильно отличались отъ опредѣленій Британской Ассоціаціи. Нѣсколько изслѣдователей, стараясь подтвердить или повѣрить измѣреніе Британской Ассоціаціи, пришли къ результатамъ, которые были несогласны между собою и поэтому не

¹⁾ «Объ устройствѣ эталоновъ электрическаго количества и сопротивленія» (On the formation of standards of Electrical Quantity and Resistance), Rep. Brit. Ass., 1871, 37—38. (Прим. перев.).

могли служить подтвержденіемъ измѣреній Британской Ассоціаціи. Дѣло находилось въ такомъ неопредѣленномъ положеніи, и Съѣзду приходилось рѣшить очень важный практический вопросъ. Предъ всѣмъ свѣтомъ, — уже десять лѣтъ, по крайней мѣрѣ, — лежала задача: произвести точныя измѣренія электрическаго сопротивленія, — съ матеріаломъ, который можно было бы получать вполнѣ однороднымъ и — съ нетрудными предосторожностями—въ состояніи полной чистоты или въ состояніи, достаточно близкомъ къ полной чистотѣ, чтобъ соотвѣтствовать на практикѣ цѣли, о которой идетъ рѣчь, — изготовленію эталоновъ для измѣренія сопротивленія. Была предложена единица Сименса, основанная на удѣльномъ сопротивленіи ртути. Большой домъ Сименса (Берлинъ и Лондонъ), нашъ достопочтенный confrère, сэръ Вилльямъ Сименсъ, и его достопочтенный братъ, д-ръ Вернеръ Сименсъ, при помощи самыхъ совершенныхъ и могущественныхъ способовъ изслѣдованія такъ разработали этотъ вопросъ, — измѣреніе сопротивленій въ функціи удѣльнаго сопротивленія ртути, — что дали намъ эталонъ, который можетъ быть воспроизводимъ во всякое время и во всякомъ мѣстѣ безъ всякихъ другихъ измѣрительныхъ приборовъ въ рукахъ, кромѣ мѣры метра. Сами Вернеръ и Вилльямъ Сименсъ присутствовали оба на Съѣздѣ отъ всего сердца присоединились къ предложенію принять абсолютную систему; — но вопросъ заключался въ томъ, какъ положить этому начало; и отвѣтъ, принятый Съѣздомъ, былъ таковъ: стремиться къ опредѣленію абсолютной системы при помощи столба ртути. Столбъ ртути былъ единственнымъ изъ существовавшихъ эталоновъ, который могъ быть воспроизведенъ иначе, чѣмъ простымъ сниманіемъ одной проволокой копіи съ другой; и естественно, что онъ былъ принятъ за основаніе, на которомъ долженъ былъ основываться эталонъ, если не единица для пракческаго употребленія. Такимъ образомъ, вотъ къ чему, въ краткихъ словахъ, пришелъ Съѣздъ въ этомъ отношеніи: какъ скоро появится большая увѣренность въ томъ, что уже имѣются достаточно, для практическихъ цѣлей, близкія къ истинѣ измѣренія со-

противленія какого либо проводника, — будь это кусок проволоки или столбъ ртути,—какъ скоро такое измѣреніе будетъ произведено и будетъ доказано, что оно достаточно точно для практическихъ цѣлей, должна быть принята единица, которую имѣла въ виду Британская Ассоціація; но должно быть предоставлено благоусмотрѣнію и удобству лицъ, употребляющихъ эталоны—когда произвести измѣненія,—если бы потребовались измѣненія единицы-ома Британской Ассоціаціи или единицы Сименса, — необходимые для того, чтобы привести измѣренія въ болѣе тѣсное согласіе съ абсолютнымъ счетомъ. То, что было сдѣлано лордомъ Рэлеемъ и г-жей Сиджвикъ, оставило очень мало мѣста для сомнѣній, что единица Британской Ассоціаціи имѣетъ ошибку величиной въ 1·3 процента. Сименсовская единица имѣла то преимущество, что она приблизительно равнялась искомой абсолютной единицѣ, хотя она вовсе не претендовала быть абсолютной единицей. Она представляла собой просто сопротивленіе столба ртути при температурѣ нуль градусовъ, длиной въ одинъ метръ и въ одинъ квадратный миллиметръ поперечнаго сѣченія. Воспроизведеніе Сименсовской единицы было связано съ большими затрудненіями, на первыхъ порахъ изслѣдованія; но д-ръ Вернеръ Сименсъ, и лордъ Рэлэй и г-жа Сиджвикъ, и многіе другіе изслѣдователи кромѣ нихъ, работавшіе надъ сравненіемъ ея съ единицей Британской Ассоціаціи, получили результаты, которые не оставили наконецъ никакого сомнѣнія въ томъ, каково истинное отношеніе. У д-ра Вернера Сименса, въ результатѣ, ртутная единица оказалась равной 0·9536 единицы Британской Ассоціаціи; лордъ Рэлэй и г-жа Сиджвикъ нашли 0·9542 ¹⁾, что представляетъ чрезвычайно близкое согласіе, такъ какъ это число находится въ предѣлахъ $\frac{1}{10}$ процента отъ результата д-ра Вернера Сименса. Результатъ, отличающійся приблизительно на одинъ процентъ, былъ полученъ

¹⁾ Изъ сводки всѣхъ сдѣланныхъ до настоящаго времени наблюденій для этого отношенія получается число $0·95358 \pm 0·00014$ (Dorn, Beiheft zur «Instrumentenkunde», 1893, Tab. IIa, 38—39).

(Прим. перев.).

много лѣтъ до того Маттиссеномъ и Гоккиномъ, когда еще не были настолько хорошо извѣстны предосторожности, необходимыя для воспроизведенія ртутныхъ эталоновъ съ абсолютной точностью,—насколько, насколько онѣ сдѣлались извѣстными по прошествіи нѣсколькихъ лѣтъ послѣ ихъ работы. Окончательное заключеніе изъ работы лорда Рэлея было, что Сименсовская ртутная единица есть 0·9413 того, что Съѣздъ въ Парижѣ согласился опредѣлять, какъ омъ,—а именно, сопротивленія, измѣряемаго 1,000,000,000 сантиметровъ въ секунду. Я боюсь, что то, что я говорю, вы сочтете странными мыслями, но что касается до абсолютно опредѣляемаго значенія сопротивленія, то это совершенно вѣрно. Я буду имѣть случай возвратиться къ этому предмету далѣе,—тамъ, гдѣ я надѣюсь объяснить эту таинственную скорость въ 10^9 сантиметровъ въ секунду. Втеченіе тридцати лѣтъ, протекшихъ съ того времени, когда телеграфное дѣло начало требовать производства опредѣленныхъ измѣреній, было сдѣлано очень много точныхъ измѣреній при посредствѣ единицъ сопротивленія, которыя опредѣляли самымъ разнообразнымъ образомъ. Много серій катушекъ сопротивленій было изготовлено братьями Варлэй и другими инструментными мастерами, и многіе научные изслѣдователи въ лабораторіяхъ изготовили эталоны, и серіи катушекъ сопротивленія были сдѣланы по этимъ эталонамъ; но за послѣдніе двѣнадцать лѣтъ всѣ они потонули или въ единицѣ Сименса, или въ единицѣ Британской Ассоціаціи. Единица Британской Ассоціаціи, какъ я уже говорилъ, была попыткой абсолютнаго измѣренія, которой удалось приблизиться на 1·3 процента къ тѣмъ 10^9 , къ которымъ стремились. *Копіи* этой единицы Британской Ассоціаціи *были вѣрны до $\frac{1}{10}$ процента*. Единица Сименса была основана на другой мысли, но она дала результаты, не менѣе опредѣленные и не менѣе удобные для большого множества практическихъ примѣненій, чѣмъ то нѣсколько болѣе близкое приближеніе къ удобной абсолютной единицѣ, которое было осуществлено комитетомъ Британской Ассоціаціи.

Принципъ абсолютныхъ измѣреній, принятый Гауссомъ для электричества и магнетизма, есть просто распространеніе астро-

номического метода расчета массъ въ функции того, что мы можемъ назвать единицей массы системы всемірнаго тяготѣнія [the universal - gravitation unit of matter], и метода расчета силъ, который принятъ астрономами вмѣстѣ со всѣми занимающимися математической динамикой и по которому единица силы есть такая сила, которая, дѣйствуя на единицу массы въ теченіе единицы времени, сообщаетъ ей скорость, равную единицѣ скорости. Единица массы въ системѣ всемірнаго тяготѣнія есть такое количество матеріи, что, если два количества, каждое равное ему, будутъ помѣщены на разстояніи единицы, то сила взаимодѣйствія между ними есть единица.

Я обращаюсь къ системѣ всемірнаго тяготѣнія по слѣдующей причинѣ. Существуетъ расчетъ силъ на основаніи земнаго тяготѣнія при посредствѣ вѣса единицы массы; и, въ концѣ концовъ, когда мы, земныя созданія, беремъ въ руки нѣкую массу и ощущаемъ ея вѣсъ, то это есть родъ измѣренія, избѣжать котораго мы не можемъ. Килограммъ есть предметъ, съ которымъ мы должны обращаться; онъ у насъ въ рукахъ, и мы не можемъ воспрепятствовать себѣ пользоваться имъ для того, чтобы считать силы при посредствѣ его *вѣса*. Единица силы въ системѣ мѣстнаго тяготѣнія означаетъ вѣсъ грамма въ Лондонѣ, въ Глазго, на экваторѣ или еще гдѣ нибудь—и это удобная единица; но обыкновенный способъ измѣрять силы, относя ихъ къ вѣсу и не указывая мѣста, является неопредѣленнымъ, потому что вѣсъ грамма здѣсь отличается отъ того, что онъ представляетъ у экватора. Вѣсъ грамма больше на $\frac{1}{200}$ у того или другого полюса, чѣмъ у экватора,—или, чтобы дать точныя цифры, на 0.00512. Это есть разница въ $\frac{1}{2}$ процента и, если ваша точность должна быть въ предѣлахъ $\frac{1}{2}$ процента, то вы не можете смотрѣть сквозь пальцы на различіе силы тяжести въ различныхъ мѣстахъ. Но большее число измѣреній въ инженерномъ дѣлѣ и въ самыхъ ультра-научныхъ работахъ въ научныхъ лабораторіяхъ не претендуетъ на такую высокую степень точности; и для всѣхъ такихъ работъ является достаточной единица системы мѣстнаго или земнаго тяготѣнія, безъ спеціальнаго указанія, гдѣ на-

ходится самое мѣсто измѣреній,—а только, что оно находится въ томъ или другомъ мѣстѣ на земной поверхности. Напр., модули крѣпости, коэффициенты разрыва, усилія, потребныя для разлома матеріаловъ, даются съ точностью, достаточной для инженерныхъ цѣлей, въ тоннахъ вѣса на квадратный сантиметръ или въ граммахъ вѣса на квадратный сантиметръ, или какимъ либо другимъ подобнымъ способомъ счета; или, если бы я не поклялся никогда не упоминать дюймовъ, я бы сказалъ, въ тоннахъ на квадратный дюймъ, какъ обыкновенно (можетъ быть, слишкомъ обыкновенно) считаютъ въ инженерномъ дѣлѣ. При всѣхъ такихъ измѣреніяхъ пренебрегаютъ различіемъ тяжести въ различныхъ мѣстахъ, — за исключеніемъ нѣкоторыхъ болѣе точныхъ измѣреній, въ которыхъ согласились приводить силу тяжести къ нормальной широтѣ 45°,—или же предоставили лицамъ, пользующимся измѣреніемъ, дѣлать это приведеніе. Тѣмъ не менѣе, во всѣхъ случаяхъ, когда было бы желательно внести поправку на измѣненіе силы тяжести, удобно употреблять абсолютную единицу Гаусса, а не единицу силы системы земнаго тяготѣнія. Мимоходомъ, я могу сказать, что та простая мысль, которая скрывалась или же ясно выражалась, смотря по степени разумѣнія, въ старой формулѣ элементарной механики $F = m \frac{dv}{dt}$, была громаднымъ шагомъ впередъ, и осуществленіе этой мысли, введеніе ея въ практическое употребленіе способствовало болѣе, чѣмъ что либо другое, что я знаю, разумному отношенію къ задачамъ механики и ихъ примѣненію къ вопросамъ, какъ науки, такъ и инженернаго дѣла. Систему Гаусса абсолютнаго счета силъ нельзя сильно расхваливать, какъ великое и важное практическое улучшеніе въ наукѣ, основной для инженернаго дѣла и для физики, — механикѣ. Она состоитъ просто въ опредѣленіи единицы силы, какъ такой силы, которая, дѣйствуя на единицу массы въ теченіе единицы времени, сообщаетъ ей скорость, равную единицѣ скорости. Она предоставляетъ произвольно выбирать единицы массы, длины и времени,—напр., граммъ, сантиметръ и секунду средняго сол-

вечнаго времени, какъ въ общепринятой въ настоящее время C.G.S. системѣ.

Но система всемірнаго тяготѣнія, система небесной механики, опредѣляетъ единицу массы въ функціи единицы длины и единицы силы. Мы нѣтъ надобности повторять это опредѣленіе. Такимъ образомъ, мы имѣемъ сплетеніе двухъ опредѣленій,—опредѣленія единицы силы, въ функціи единицы массы, длины и времени, и опредѣленія единицы массы, въ функціи единицы силы и единицы длины. Можетъ показаться, какъ будто мы вступили здѣсь въ *circulus viciosus*; но этотъ *circulus* не *viciosus*,—эти два опредѣленія находятся въ логической и ясной зависимости другъ отъ друга. Мы имѣемъ, такъ сказать, двѣ неизвѣстныхъ величины и два уравненія; и исключеніе одной изъ неизвѣстныхъ величинъ изъ двухъ уравненій даетъ намъ другую явнымъ образомъ. Эти двѣ величины нѣсколько затруднительнымъ образомъ перемѣшаны между собой въ первоначальныхъ опредѣленіяхъ, но, когда мы ихъ распутаемъ, мы приходимъ къ простому результату, который я сейчасъ изложу, къ независимымъ опредѣленіямъ единицы массы и единицы силы,—каждой въ функціи произвольно выбранныхъ единицъ длины и времени.

Хотя опредѣленные подобнымъ образомъ единицы силы и массы въ неявномъ видѣ существенно входятъ во всѣ правильныя формулы физической астрономіи, начиная съ самыхъ элементарныхъ, которыя являются при изученіи невозмущеннаго эллиптическаго движенія, согласно съ выводами Ньютона изъ законовъ Кеплера, и кончая самыми полными разработками лунныхъ, планетныхъ и кометныхъ теорій и прецессіи и нутаціи земной оси,—несмотря на это, не было обычнымъ явленіемъ среди астро-физиковъ основывать на этихъ единицахъ какое нибудь систематическое численное счисленіе, ни даже выбирать произвольно и окончательно нѣкоторыя частныя единицы длины и времени, чтобы основывать на нихъ единицы силы и массы. Тѣмъ не менѣе интересно, — не только по отношенію къ внутренней философіи системъ измѣренія, но также ради того, что это можетъ навести на рядъ мыслей

относительно свойствъ матеріи,—разработать въ подробностяхъ мысль не основывать измѣренія массы и силы ни на какомъ иномъ основаніи, кромѣ измѣренія длины и времени. Поступая такимъ образомъ, мы немедленно найдемъ, что квадратъ угловой скорости есть соотвѣтствующая мѣра плотности или массы, рассчитанной на единицу объема, и что четвертая степень линейной скорости есть соотвѣтствующая мѣра силы. Первое изъ этихъ положеній легко понять, если вспомнить высказанную Клеркомъ Максвеллемъ мысль принимать за основную единицу для счета времени періодъ обращенія спутника, обращающагося по кругу близъ самой поверхности неподвижнаго шара, плотность котораго равна наибольшей плотности воды. Видоизмѣнимъ эту мысль тѣмъ, что примемъ независимою единицу времени, и мы будемъ имѣть въ этомъ основаніе для измѣренія плотности, съ тою подробностью, что плотность шара равна $\frac{3}{4}\pi$ квадрата этой угловой скорости спутника, выраженной въ радіанахъ ¹⁾ въ секунду; т. е. квадратъ скорости спутника, умноженный на 3 и дѣленный на 4π , измѣряетъ собой плотность шара. Можетъ быть, трудно принять эту идею, но, чѣмъ это труднѣе, тѣмъ болѣе стоитъ подумать надъ этимъ и тѣмъ болѣе поучительно это по отношенію къ свойствамъ матеріи. И вотъ оказывается,—объясняйте это, какъ хотите,—что плотность воды, плотность латуни, средняя плотность земли измѣряются въ абсолютной мѣрѣ квадратами нѣкоторыхъ угловыхъ скоростей. Я не знаю, извѣстно ли вообще, что это Фурье далъ уравненія измѣреній, которыя находятся въ томъ Отчетовъ Британской Ассоціаціи, и въ книгѣ Клерка Максвелля, и въ полезной книгѣ

¹⁾ Радіанъ есть единица, въ которой выражается угловая скорость. Это есть уголъ въ $\frac{180^\circ}{\pi}$, — приблизительно въ $57^\circ.3$ (или точнѣе въ $57^\circ.2958$). Такимъ образомъ спица, или радіусъ векторъ, поворачивающаяся на уголъ приблизительно въ $57^\circ.3$ въ секунду, движется съ единичной угловой скоростью; или же, если спица дѣлаетъ полный оборотъ въ одну секунду, то ея угловая скорость есть 2π .

(Прим автора).

Эверетта «Units and Physical Constants» ¹⁾. Измѣреніемъ для плотности въ абсолютной системѣ всемірнаго тяготѣнія служить квадратъ угловой скорости и потому это измѣреніе выражается чрезъ T^{-2} . Равнымъ образомъ затруднительно для пониманія и вмѣстѣ съ тѣмъ любопытно то, что скорость въ четвертой степени служить для мѣры силъ,—это мы и рассмотримъ сейчасъ ²⁾.

Мѣра силъ въ системѣ всемірнаго тяготѣнія, — какъ мы увидимъ—четвертыми степенями линейныхъ скоростей,—можетъ быть объяснена слѣдующимъ образомъ. Найдите скорость, съ которою нужно пустить частицу матеріи, чтобы она обращалась по кругу вокругъ равной ей частицѣ, неподвижно укрѣпленной на такомъ разстояніи отъ нея, чтобы она притягивалась ею съ силою, равною данной силѣ ³⁾. Четвертая степень этой скорости будетъ то число, которое измѣряетъ эту силу. Эта сила, взятая шестнадцать разъ, дастъ двойную скорость; взятая восемьдесятъ одинъ разъ сила дастъ въ три раза большую скорость, и такъ далѣе.

Однако, если бы я вздумалъ сказать, что вѣсь этого ку-

¹⁾ Существуетъ и въ русскомъ переводѣ: „Единицы и Физическія постоянныя“ J. S. Everett'a пер. П. Н. Вербицкій и И. О. Жеребятъевъ. Спб. 1888. (Прим. перев.).

²⁾ Обозначимъ чрезъ L , M , T , F и D единицы длины, массы, времени, силы и плотности. Въ $C.G.S.$ системѣ $F = MTL^{-2}$, а въ системѣ всемірнаго тяготѣнія $F = M^2L^{-2}$. Исключая M изъ этихъ двухъ уравненій, получимъ $F = L^4T^{-4}$, а исключая F , найдемъ $M = L^3T^{-2}$, откуда $ML^{-3} = D = T^{-2}$.

(Прим. перев.).

³⁾ Простыя механическія соображенія могутъ привести къ этому результату. Пусть тѣло M массы m притягивается точкой O той же массы по закону Ньютона, и пусть разстояніе $OM = r$ таково, что сила притяженія, $\frac{m^2}{r^2}$, равна данной силѣ F . Начальная скорость, съ которой нужно пустить тѣло M , чтобы оно описывало *окружность* вокругъ точки O , должна быть перпендикулярна къ начальному направленію OM ,—центробѣжное ускореніе постоянно, и слѣд. движеніе равномерно, а потому $F = \frac{mv^2}{r}$. Но $F = \frac{m^2}{r^2}$, а слѣд. $F = v^4$.

(Прим. перев.).

ска мѣла есть четвертая степень двадцати миль въ часъ, то нашли бы, что мнѣ мѣсто не здѣсь, а тамъ, гдѣ лѣчатъ люди, потерявшихъ свой разсудокъ. Я полагаю, что почти каждый изъ присутствующихъ счелъ бы просто идиотствомъ, еслибъ я вздумалъ сказать, что вѣсь этого куска мѣла есть четвертая степень семи или восьми ярдовъ въ часъ, — а между тѣмъ это было бы совершенно здравомысленно.

Теперь вообразите себѣ бесконечно малаго спутника, обращающагося вокругъ земли,—вы спрашиваете: «что такое бесконечно-малый спутникъ?» Чтобы быть «бесконечно-малымъ» для нашей настоящей цѣли, спутникъ долженъ быть очень малъ въ сравненіи съ землею,—такъ малъ, чтобы не вызывать замѣтнаго движенія своей реакціей на землю. Такъ, ядро въ 500 фунтовъ есть бесконечно-малый спутникъ; хотя оно, можетъ быть, не бесконечно мало съ нѣкоторыхъ другихъ точекъ зрѣнія. Понятно, не должно быть никакого сопротивленія воздуха. Теперь выпустите это ядро съ такою скоростью, чтобы оно имѣло мало искривленную траекторію, ни болѣе, ни менѣе искривленную, какъ и сама земля, и оно будетъ продолжать обращаться и обращаться вокругъ земли. Найдите эту скорость, съ которой вы должны пустить ядро, чтобы заставить его обращаться вокругъ земли, и, если нѣтъ сопротивленія воздуха, то вотъ и нашъ бесконечно-малый спутникъ. Эти нѣсколько педантическія слова оправдываются тѣмъ, что «бесконечно-малый спутникъ» есть восемь слоговъ, которые должны выразить три или четыре фразы; въ этомъ наше оправданіе.

Полуперіодъ обращенія бесконечно малаго спутника вокругъ земли непосредственно вблизи ея поверхности ¹⁾ равенъ полуперіоду колебанія простого математическаго маятника, длиною равнаго земному радіусу и имѣющаго свой тяжелый конецъ бесконечно близко къ земной поверхности ²⁾; и потому онъ,

¹⁾ Томсонъ и Тэтъ, Natural Philosophy, 2-е изданіе, т. I, ч. I, 223. (Прим. автора).

²⁾ Представимъ себѣ бесконечно малый спутникъ массы m , обращающійся вокругъ шара плотности ρ и радіуса r . Масса шара равна

если выразить его въ секундахъ, приблизительно равенъ квадратному корню изъ числа метровъ (6,370,000) въ земномъ радіусѣ,—потому что длина секунднаго маятника (или маятника, полуперіодъ колебанія котораго равенъ одной секундѣ) равна съ большимъ приближеніемъ одному метру. Такимъ образомъ мы находимъ 2,524 среднихъ солнечныхъ секунды для полуперіода нашего спутника, и потому его угловая скорость въ радіанахъ въ секунду есть $\frac{\pi}{2,524} = 0.001244$; отсюда средняя плотность земли, выраженная въ системѣ всемірнаго тяготѣнія, причемъ за единицу времени взята средняя солнечная секунда, есть $0.001244^2 \times \frac{3}{4\pi} = 3.70 \times 10^{-7}$, и, если мы примемъ [соотвѣтственно повторенію Бэйли опытовъ Кэвендиша]¹⁾ за среднюю плотность земли взятую 5.67 разъ наибольшую плот-

$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho$, а слѣд., сила притяженія между нимъ и спутникомъ будетъ, въ системѣ всемірнаго тяготѣнія, равна $\frac{4}{3}\pi r^3 \rho m$. Въ нашемъ случаѣ имѣетъ мѣсто извѣстное соотношеніе между центробѣжной силой и силой тяжести, т. е.

$$\frac{4}{3}\pi r \rho m = m \omega^2 r,$$

откуда $\rho = \frac{3}{4\pi} \omega^2$ и $\omega = \sqrt{\frac{4\pi\rho}{3}}$ а время обращенія спутника

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{r}{\frac{4}{3}\pi r \rho}}. \text{ Сравнивъ это съ формулой } t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

выражающей полуперіодъ колебанія математическаго маятника длиною l при ускореніи g , мы и получимъ вышеуказанный результатъ, такъ какъ ускорѣніе у поверхности нашего шара выражается именно величиной $\frac{4}{3}\pi r \rho$.

(Прим. перев.).

¹⁾ Корню критиковалъ способъ Бэйли приведенія его наблюденій, по отношенію къ допущенію, сдѣланному имъ относительно уменьшенія вслѣдствіе вязкости колебаній закручиваемаго стержня. Онъ выразилъ мнѣніе что результатъ Бэйли, если бы его вычислить по совершенно правильнымъ принципамъ, былъ бы въ полномъ согласіи съ его собственнымъ, который былъ 5.55.

(Прим. автора).

ность воды, то мы получимъ, считая по системѣ всемірнаго тяготѣнія, для наибольшей плотности воды число 6.53×10^{-8} . Для измѣренія массы мы должны теперь ввести единицу длины и, если мы примемъ за таковую сантиметръ, то мы найдемъ, что, такъ какъ масса кубическаго сантиметра воды при наибольшей плотности равна, съ большимъ приближеніемъ, тому, что называется граммомъ, то единица массы въ системѣ всемірнаго тяготѣнія есть $\frac{1}{6.53 \times 10^{-8}} = 15.3 \times 10^6$ грамма или 15.3 французской тонны); отсюда единица сила въ системѣ всемірнаго тяготѣнія есть 15.6×10^3 динъ,—или 15.6 разъ земной вѣсъ килограмма.

Слѣдовательно, 15.3 французской тонны (французская тонна на 1.4 процента меньше англійской тонны) есть единица массы въ системѣ всемірнаго тяготѣнія. Можетъ прійти время, когда система всемірнаго тяготѣнія будетъ системой счисленія, когда 15.3 тонны будутъ единицей массы и когда десятичные подраздѣленія 15.3 французской тонны могутъ стать нашей метрической системой, а граммы могутъ стать такимъ же достояніемъ прошедшаго, какъ теперь граны.

Въ высшей степени интересно видѣть, что мы можемъ основывать практически систему измѣреній на единицѣ длины и единицѣ времени. Въ этомъ нѣтъ ничего новаго, потому что это было извѣстно со временъ Ньютона, но это все еще представляетъ предметъ, полный свѣжаго интереса. Самая мысль о такой возможности полна поученій для науки,—поученій, изъ которыхъ многія пока едва разработаны, въ особенности по отношенію къ внутреннимъ свойствамъ матеріи. Граммъ, нужно вспомнить, основанъ на свойствахъ извѣстнаго тѣла, а именно, воды; но здѣсь, не обращаясь ни къ какому частному роду матеріи, а просто выбирая нѣкоторую опредѣленную длину, обозначенную на измѣрительномъ стержнѣ, и единицу времени (какимъ образомъ полученную, это мы сейчасъ бу-

¹⁾ Замѣтимъ, что здѣсь идетъ рѣчь о массѣ граммъ или тонна, а не о вѣсѣ граммъ. Французская тонна = 1000 килограммовъ.

(Прим. перев.).

демъ разсматривать), мы можемъ взять кусокъ вещества и сказать, въ любомъ мѣстѣ вселенной, какъ измѣряется его масса въ опредѣленныхъ абсолютныхъ единицахъ.

Обсудимъ теперь тѣ двѣ единицы, отъ которыхъ зависитъ эта система измѣреній—система всемірнаго тяготѣнія: единицу длины и единицу времени. Единица длины есть просто длина нѣкотораго опредѣленнаго куска латуни или другого твердаго вещества, изъ котораго сдѣланъ измѣрительный стержень,—или же длина между двумя значками на немъ; это можетъ быть дюймъ, или футъ, или ярдъ, или метръ, или сантиметръ, — принципъ тотъ же самый. Метръ, правда, былъ первоначально сдѣланъ какъ можно болѣе близкимъ къ десятимилліонной части длины нѣкотораго земного квадранта, опредѣленнаго какъ можно точнѣе изъ геодезическихъ измѣреній, выполненныхъ Машеномъ и Деламбромъ въ 1792 г. для того, чтобы положить основаніе метрической системѣ. Но это только дало оригиналъ мѣры метра и то, что понимаютъ въ настоящее время подъ метромъ, есть длина, равная этому оригиналу, или какая нибудь достовѣрная копія, которая была снята съ него какъ можно точнѣе; и одна сотая часть метра, опредѣленнаго такимъ образомъ, есть тотъ сантиметръ, который мы окончательно принимаемъ за единицу длины.

Такимъ образомъ наша единица длины не зависитъ отъ земли и вполне переносна, такъ что ученый путешественникъ, странствующій по всей вселенной, носить съ собой свой измѣрительный стержень и ему не нужно и помышлять о землѣ, пока дѣло идетъ объ его измѣреніяхъ пространства. Но что будетъ съ средней солнечной секундой, въ функціи которой онъ измѣряетъ свое время? Какъ быть съ ней, если онъ покинулъ землю навсегда,—или даже, если онъ, не покидая земли, продолжаетъ свою научную работу на землѣ нѣсколькихъ милліоновъ лѣтъ, по прошествіи которыхъ періодъ обращенія земли вокругъ ея оси и періодъ ея обращенія вокругъ солнца будутъ оба очень отличаться отъ того, что они представляютъ теперь. Если онъ возьметъ съ собой хорошіе часы, или хронометръ, хорошо вывѣренный передъ тѣмъ, какъ ему

покинуть землю, то этотъ хронометръ будетъ служить для его цѣлей, пока будетъ въ исправности. Все, что часы дѣлаютъ,—это только считаютъ колебанія нѣкоторой массы подъ вліяніемъ нѣкоторой пружины (колесика-маятника подъ вліяніемъ пружины-волоска). Если для какого нибудь вѣковаго опыта, производимаго имъ, онъ желаетъ сохранить непрерывный счетъ времени, то онъ долженъ слѣдить, чтобы его часы были все время въ ходу, и ни одно колебаніе маятника не должно быть потеряно въ счетѣ, производимомъ стрѣлками. Но, если онъ просто желаетъ сохранить свою единицу времени и быть вполне увѣреннымъ, что черезъ какое угодно число милліоновъ лѣтъ она будетъ въ предѣлахъ одной десятой процента отъ ея настоящаго значенія, то онъ долженъ былъ бы взять съ собой вибраторъ, болѣе приспособленный къ неизмѣнности и къ абсолютной точности, чѣмъ маятникъ-колесико съ его пружинкой-волоскомъ въ часахъ или хронометрѣ. Стальной камертонъ, періодъ колебанія котораго будетъ опредѣленъ для него передъ тѣмъ, какъ ему покинуть землю, профессоромъ Маклеодомъ или лордомъ Рэлэемъ, вполне подойдетъ для этой цѣли. Измѣряя этотъ періодъ въ среднихъ солнечныхъ секундахъ, когда ножки направлены вверхъ, или горизонтально, или вертикально внизъ, онъ будетъ въ состояніи исключить незначительное вліяніе силы земной тяготѣнія; и онъ будетъ имѣть съ собой эталонъ времени, который дастъ ему среднюю солнечную секунду, съ такою же точностью, съ какою его измѣрительный стержень даетъ ему сантиметръ,—въ какомъ бы то ни было мѣстѣ вселенной и въ какое бы то ни было время, теперь или черезъ милліоны лѣтъ, у него ни явится случай употребить свои инструменты.

Я надѣюсь, что вамъ не покажется, что я съ упорнымъ легкомысліемъ злоупотребляю вашимъ добродушіемъ, если я попрошу васъ нѣсколько побольше подумать объ этой экипировкѣ единицами нашего идеальнаго путешественника, въ его научной экскурсіи черезъ вселенную. Что касается до меня лично, то мнѣ кажется, что самый короткій и вѣрный путь дойти до философіи измѣренія,—до пониманія того, что мы разумѣемъ подъ измѣреніемъ, пониманія, которое существенно необходимо для

разумнаго примѣненія на практикѣ простого искусства измѣрять,—это порвать всѣ связи съ землею и подумать о томъ, что намъ тогда придется сдѣлать, чтобы произвести измѣренія, которыя должны быть вполне опредѣленнымъ образомъ сравнимы съ тѣми, которыя мы теперь дѣйствительно производимъ въ нашихъ земныхъ мастерскихъ и лабораторіяхъ. Положимъ, по этому, что нашъ путешественникъ потерялъ свои часы, и свой камертонъ, и свой измѣрительный стержень, но что онъ сохранилъ свои научныя книги, или во всѣхъ обстоятельствахъ сохраняетъ въ своемъ умѣ полное воспоминаніе и пониманіе ихъ содержанія: какъ ему отыскать свой сантиметръ и свою среднюю солнечную секунду?

Разсмотримъ сначала отысканіе сантиметра. Въ какое бы мѣсто онъ ни попалъ, пусть онъ сдѣлаетъ кусокъ стекла, вроде того, который я держу въ своей рукѣ, изъ матеріаловъ, которые онъ навѣрное найдетъ, въ какую бы обитаемую область вселенной ни забросилъ его случай; и пусть онъ алмазомъ, или кускомъ твердой стали, или кускомъ кремня, наръжетъ на немъ тысячу равноотстоящихъ параллельныхъ линий на пространствѣ, которое было бы равно, приблизительно, ширинѣ его большого пальца, и которое онъ можетъ принять за временную или предварительную единицу длины. Онъ можетъ помочь себѣ рѣзать на стеклѣ, взявъ винтъ, приготовленный изъ латуни или стали,—винтъ, который онъ можетъ легко сдѣлать, хотя бы у него для начала не было ни инструментовъ, ни даже кремневыхъ орудій. Съ небольшою затратой времени и настойчивостью онъ сдѣлаетъ потребные инструменты. Пусть онъ также сдѣлаетъ временный измѣрительный жезлъ и намѣтитъ на немъ равныя дѣленія, которыя могутъ быть какой угодно удобной длины и не обязаны имѣть какое нибудь отношеніе къ выше опредѣленной временной единицѣ. Пусть онъ сдѣлаетъ затѣмъ двѣ свѣчки, зажжетъ ихъ и помѣститъ, какъ тѣ, которыя вы видите теперь на столѣ, на какомъ нибудь подходящемъ разстояніи другъ отъ друга,—разстояніи, измѣренномъ на его измѣрительномъ жезлѣ. Онъ держитъ въ рукѣ, вплотную къ своему глазу, свой кусокъ раз-

линованнаго стекла, какъ я держу вотъ этотъ, и видитъ два ряда окрашенныхъ спектровъ, каждый съ одной изъ свѣчей въ его центрѣ. Онъ поворачиваетъ стекло до тѣхъ поръ, пока эти два ряда спектровъ не будутъ на одной и той же линіи, и такъ устанавливаетъ его плоскость, чтобы сдѣлать разстояніе отъ спектра до спектра наименьшимъ. Онъ двигается впередъ и назадъ, какъ я теперь дѣлаю, держа свой глазъ на равномъ разстояніи отъ обѣихъ свѣчей, до тѣхъ поръ, пока онъ не увидитъ, что каждая свѣча выходитъ изъ желтой середины спектра другой свѣчи, причемъ между обѣими свѣчами нѣтъ спектровъ. Когда это условіе выполнено, онъ измѣряетъ разстояніе отъ рѣшетки до свѣчей. Тогда, по теоріи диффракціи, онъ имѣетъ пропорцію: разстояніе отъ рѣшетки къ свѣчамъ относится такъ къ разстоянію между свѣчами, какъ разстояніе отъ центра до центра дѣленій на стеклѣ относится къ длинѣ волны желтаго свѣта. Последняя, онъ помнитъ, есть 5.892×10^{-5} сантиметра, и такимъ образомъ онъ находитъ значеніе въ сантиметрахъ своей предварительной единицы.

[Какъ легко можно произвести это опредѣленіе, разъ, понятно, сдѣлана рѣшетка, было иллюстрировано опытомъ, быстро продѣланномъ на этой лекціи безъ всякихъ другихъ приборовъ, кромѣ маленькаго кусочка стекла съ двумя стами пятьюдесятью тонкими параллельными линіями, наръзанными на немъ, двухъ свѣчей и измѣрительной тесмы съ дѣленіями неизвѣстной длины (служившей только для измѣренія отношенія между двумя разстояніями). Результатъ показалъ, что разстояніе отъ центра до центра послѣдовательныхъ полосъ рѣшетки въ 32 раза больше длины волны желтаго свѣта. Ширина того кусочка, на которомъ начерчены эти двѣсти пятьдесятъ линій рѣшетки, оказалась по этому измѣренію равной $250 \times 32 \times 5.892 \times 10^{-5} = 0.47136$ сантиметра. По показанію мастера, изготовившаго рѣшетку, это разстояніе равняется 0.5 сантиметра.]

Вы видите, такимъ образомъ, что въ этомъ наскоро произведенномъ опытѣ съ этимъ грубымъ приборомъ мы были въ состояніи измѣрить длину съ точностью въ нѣсколько процентовъ. Еслибы мы потратили на нѣсколько минутъ больше вре-

мени на этот опыт и воспользовались бы натровыми пламенами, помещенными за узкими щелями, вместо незащищенных свѣчей, раздувающихся въ воздухѣ, то это могло бы легко дать результатъ, точный до полъ-процента. Такимъ образомъ космическій путешественникъ можетъ легко отыскать мѣру своего сантиметра и своего метра.

Но какъ нашему ученому путешественнику отыскать свою среднюю солнечную секунду, если, положимъ, онъ потерялъ свой камертонъ? Онъ можетъ подумать о скорости свѣта и предпринять опытъ Фуко. Этотъ опытъ можно сдѣлать съ начала до конца, не имѣя для начала ничего, кромѣ рѣжущихъ инструментовъ и кусковъ металла. Пусть онъ добудетъ кусокъ латуни, сдѣлаетъ колесо и вырѣжетъ въ немъ двѣсти зубцовъ. Я не знаю, сколько зубцовъ употреблялъ Фуко, но нашъ путешественникъ можетъ произвести весь рядъ опытовъ и пустить колесо вращаться съ нѣкоторой равномерной скоростью (не съ извѣстной скоростью, потому что у него нѣтъ счета времени); и онъ скажетъ, какова будетъ эта скорость колеса, въ функціи скорости свѣта, которая, какъ извѣстно, равна, приблизительно, 300,000 километровъ въ секунду. Если онъ имѣетъ склонность къ электричеству, — мы обязаны предполагать это сегодня вечеромъ относительно нашего ученаго путешественника, — то онъ подумаетъ о «*v*» или объ омѣ. Онъ можетъ приготовить Сименсовскую единицу; это онъ можетъ сдѣлать, потому что у него есть сантиметръ и онъ вездѣ найдетъ ртуть и стекло. Затѣмъ онъ производитъ все, что сдѣлали лордъ Рэлэй и г-жа Сиджвикъ. Онъ получитъ, при помощи временнаго хронометра или вибратора, временный счетъ времени, и онъ пройдетъ черезъ весь рядъ операций для измѣренія сопротивленія единицы Сименса въ абсолютной мѣрѣ, при посредствѣ его временной единицы времени. Его измѣреніе дастъ ему нѣкоторую скорость, выраженную, скажемъ, въ километрахъ въ эту предварительную единицу времени, какъ значеніе Сименсовской единицы въ абсолютной мѣрѣ. Кромѣ того онъ знаетъ отъ лорда Рэлэя и г-жи Сиджвикъ, что единица Сименса въ абсолютной мѣрѣ есть 9,413 километра въ

среднюю солнечную секунду, — и такимъ образомъ онъ находитъ точное отношеніе его предварительной единицы времени къ средней солнечной секундѣ.

Тѣмъ не менѣе, хотя этотъ способъ можетъ быть даже выбранъ, какъ самый скорый и наиболѣе точный — соотвѣтственно знанію основныхъ данныхъ въ настоящее время — для отысканія средней солнечной секунды, способъ при помощи опредѣленія «*v*» слишкомъ интересенъ и слишкомъ поучителенъ, по отношенію къ исключенію свойствъ матеріи изъ нашихъ конечныхъ основъ измѣреній, чтобы остаться не разсмотрѣннымъ. Одинъ очень простой путь опредѣлить на опытѣ «*v*» можно вывести изъ очень важной мысли, высказанной въ вышеупомянутой статьѣ Клэрка и Брайта. Возьмите лейденскую банку или другой конденсаторъ умѣренной емкости (напр., въ электростатической мѣрѣ, около 1000 сантиметровъ), которая должна быть точно измѣрена. Устройте механизмъ, который заряжалъ бы его до точно извѣстнаго потенциала умѣренной величины (напр., въ электростатической мѣрѣ, около 10 C.G.S., т. е. около 3000 вольтъ), и разряжайте его черезъ катушку гальванометра черезъ частые и регулярные промежутки времени (напр., десять разъ въ какую нибудь подходящую единицу времени). Это дастъ прерывистый токъ извѣстной средней силы (въ нашемъ примѣрѣ, 10^5 электростатическихъ C.G.S. единицъ, или около $\frac{1}{300,000}$ электромагнитной C.G.S. единицы или $\frac{1}{30,000}$ ампера), который долженъ быть измѣренъ въ электромагнитныхъ единицахъ при помощи обыкновеннаго гальванометра. Частное, получаемое отъ раздѣленія электростатической мѣры тока на найденную путемъ опыта электромагнитную мѣру его же, есть «*v*», это есть величина, выраженная въ сантиметрахъ въ ту произвольную единицу времени, которую изслѣдователь употребилъ при отысканіи средней солнечной секунды въ своихъ электростатическихъ и электромагнитныхъ измѣреніяхъ. Единица массы, которую онъ выбралъ, также произвольно, исчезаетъ изъ окончательнаго отношенія.

Но есть другой чрезвычайно интересный путь, — путь, съ

которымъ, хотя я не считаю его самымъ практичнымъ, связанъ очень большой интересъ потому, что это есть путь, позволяющій сдѣлать все въ одинъ рядъ дѣйствій—это есть методъ электрическихъ колебаній ¹⁾. Я, конечно, очень хотѣлъ бы посмотреть, какъ лицу, потерявшему свои эталоны, удалось бы, послѣ отысканія своего сантиметра (что онъ, понятно, сдѣлалъ бы при помощи длины волны свѣта), отыскать свою единицу времени по слѣдующему способу. Возьмите конденсаторъ, — очень большую лейденскую банку; наэлектризуйте ее и соедините ее полюсы проводникомъ, устроеннымъ такъ, чтобы онъ имѣлъ какъ можно большую электромагнитную, такъ сказать, инерцію ²⁾, — электромагнитную самоиндукцію. Способъ этотъ данъ въ «Электричествѣ и магнетизмѣ» Клерка Максвелла (т. II, гл. XIX). Было бы слишкомъ долго объяснять подробности, но прочтите математическую часть у Клерка Максвелла, прочтите томъ Отчетовъ Британской Ассоціаціи объ электрическихъ эталонахъ и прочтите «Единицы и физическія постоянныя» Эверетта; изучите все это основательно отъ перваго слова до послѣдняго, и вы выучитесь съ гораздо меньшимъ трудомъ, чѣмъ слушая меня. Возьмите катушку сопротивленія, соотвѣтствующую по формѣ наибольшей электромагнит-

¹⁾ См. мои работы о „Кратковременныхъ электрическихъ токахъ“ [Transient Electric Currents], Glasgow Philosophical Society Proceedings, т. III, янв. 1853, и Philosophical Magazine, июнь 1853 ³⁾, составляющие теперь статью LXII моего „Собранія математическихъ и физическихъ работъ“, т. I, 1882. (Прим. автора).

²⁾ См. по этому предмету мою работу „О механическомъ значеніи распределеній электричества, магнетизма и гальванизма“ [On the Mechanical Value of Distributions of Electricity, Magnetism and Galvanism] прочтенную въ январѣ 1853 г. передъ Философскимъ Обществомъ въ Глазго и напечатанную въ его отчетахъ [Proceedings] подъ тѣмъ же числомъ; а также статью „Динамическія соотношенія магнетизма“ [Dynamical Relations of Magnetism] въ Nichol's „Cyclopaedia of the physical Sciences“, 2-е изданіе, 1860. Эти двѣ работы, съ добавленіями отъ іюля 1882 г., составляютъ теперь статью LXI моего „Собранія Математическихъ и физическихъ работъ“, т. I, 1882. (Прим. автора).

³⁾ Phil. Mag. (4), 5, 393—405; Math. Phys. Pap. 1, 535—553.

(Прим. перев.).

ной инерціи ¹⁾, и разрядите конденсаторъ черезъ нее, или вѣрнѣе, дайте конденсатору разрядиться черезъ такую катушку, — вы получите рядъ колебаній, слѣдующихъ совершенно тому же закону, какъ колебанія уровня воды въ двухъ водоемахъ, у которыхъ уровень свободной поверхности былъ сначала выше въ одномъ, чѣмъ въ другомъ, и которые были внезапно соединены U-образной трубкой. Представьте себѣ два такихъ бассейна съ водою, соединенныхъ U-образной трубкой съ краномъ и имѣющихъ воду въ одномъ бассейнѣ выше, чѣмъ въ другомъ. теперь сразу откройте кранъ, и уровень воды начнетъ понижаться въ одномъ бассейнѣ и повышаться въ другомъ. Инерція воды, которую, такимъ образомъ, заставили течь черезъ соединительную U-образную трубку, побудитъ ее течь по ней и послѣ того, какъ она придетъ къ своему среднему уровню въ этихъ двухъ водоемахъ, и побудитъ ее подняться до болѣе высокаго уровня въ томъ изъ водоемовъ, въ которомъ она была раньше ниже ²⁾, и опуститься до соотвѣтствующаго болѣе низкаго уровня въ другомъ. Такимъ образомъ уровень воды въ каждомъ бассейнѣ будетъ попеременно выше и ниже средняго свободного уровня; при этомъ размѣры движенія постепенно будутъ уменьшаться, вслѣдствіе вязкости воды, до тѣхъ поръ, пока, послѣ одной или двухъ дюжинъ колебаній, амплитуда каждаго изъ нихъ не сдѣлается такой небольшой, что ее уже нельзя различить. Совершенно то же самое происходитъ въ случаѣ разряда конденсатора черезъ катушку сопротивленія съ большой электромагнитной инерціей, такъ какъ сопротивленіе мѣдной проволоки можно уподобить вліянію вязкости, которое заставляеть затихать колебанія воды. Если, при своихъ изысканіяхъ по всей вселенной, нашъ путешественникъ могъ бы встрѣтиться съ металломъ, который проводитъ разъ въ миллионъ лучше, чѣмъ мѣдь, онъ произвелъ бы опытъ съ гораздо большей легкостью;

¹⁾ См. „Электричество и магнетизмъ“ Клерка Максвелла, § 706.

(Прим. автора).

²⁾ У Томсона по ошибкѣ сказано здѣсь „higher“ (выше), но по смыслу ясно, что здѣсь должно быть „lower“ (ниже). (Прим. перев.).

но онъ удобовыполнимъ и съ мѣдою. Достоверно извѣстно изъ наблюдений Феддерсена, Шиллера и другихъ, что можно наблюдать большое число электрическихъ колебаній и что можно опредѣлить съ значительной точностью періодъ или полуперіодъ одного колебанія.

Если нашъ ученый путешественникъ желаетъ опредѣлить разъ навсегда, посредствомъ этого великолѣпнаго опыта, свой счетъ времени, пусть онъ поступаетъ слѣдующимъ образомъ. Пусть онъ возьметъ катушку, всѣ данныя для которой онъ знаетъ въ совершенствѣ, такъ какъ онъ уже выполнилъ весь предварительный процессъ измѣренія ея электрическихъ величинъ; или же, если онъ не можетъ измѣрить послѣднія съ достаточной точностью (а нахождение изъ непосредственныхъ измѣреній свойствъ катушки по отношенію къ электрическимъ ея величинамъ представляетъ громадныя трудности), то пусть онъ сдѣлаетъ это частью непосредственнымъ измѣреніемъ ея длины и линейныхъ размѣровъ фигуры, на которой она намотана, а частью электромагнитными сравненіями ея съ другими катушками. Произведя тщательныя изслѣдованія, онъ можетъ найти электромагнитную инерцію катушки, выражая ее въ своихъ сантиметрахъ. Здѣсь, опять, встрѣчается примѣръ любопытнаго затрудненія и видимой нелѣпости, когда я говорю, что электромагнитная инерція катушки эквивалентна длинѣ и измѣряется нѣкоторымъ числомъ сантиметровъ. Пусть нашъ изслѣдователь сдѣлаетъ конденсаторъ и пусть онъ, послѣдовательно переходя отъ малаго къ большому, узнаетъ его емкость въ электростатической мѣрѣ. Пусть онъ начнетъ съ двухъ пластинокъ, или цилиндровъ, или шара, помѣщеннаго внутри другого концентрическаго шара, и продолжаетъ итти дальше, по способу «умноженія», до тѣхъ поръ, пока онъ не получитъ достаточно емкій конденсаторъ, электростатическую емкость котораго, въ электростатической мѣрѣ, онъ знаетъ. Это опять есть линія. Пусть онъ затѣмъ возьметъ прямоугольникъ, составленный изъ этихъ двухъ линій, и построитъ равновеликій ему квадратъ,—пусть онъ возьметъ, геометрически или арифметически, квадратный корень изъ произведенія этихъ двухъ линій, — и пусть онъ

наблюдаетъ періодъ электрическихъ колебаній, о которыхъ я говорилъ. Пусть онъ вообразитъ себѣ стрѣлку часовъ, которая дѣлала бы одинъ оборотъ въ наблюдаемый періодъ. У него хорошіе магнитные глаза, и онъ видитъ электромагнитныя колебанія или у него есть приспособленія, при помощи которыхъ онъ можетъ ихъ изслѣдовать: это уже было осуществлено на дѣлѣ. Онъ приводитъ въ движеніе небольшой приборчикъ изъ колесъ со стрѣлкой, дѣлающей одинъ оборотъ въ нашъ періодъ колебанія. Теперь пусть онъ на минуту представитъ себѣ, что длина этой стрѣлки равна квадратному корню изъ произведенія этихъ двухъ линій,—нѣсколько милліоновъ сантиметровъ, или нѣсколько тысячъ километровъ, если катушка и конденсаторъ имѣютъ размѣры, соотвѣтствующие дѣйствительному опыту, какой мы, земные обитатели, могли бы сдѣлать. Скорость конца этой стрѣлки есть « v »¹⁾. Вотъ гдѣ у него эта удивительная величина « v ». Онъ имѣетъ стрѣлку, дѣлающую оборотъ въ нѣкоторое время, и онъ знаетъ, что, если бы эта стрѣлка была вычисленной длины, то скорость ея конца была бы « v ». Этотъ способъ интересенъ и поучителенъ и, хотя я не увѣренъ въ томъ, что онъ *очень* практиченъ, тѣмъ не менѣе, я думаю, что онъ достаточно практиченъ, чтобы стоило о немъ подумать. Я думаю, что онъ, современемъ, будетъ однимъ изъ способовъ опредѣленія этого чудеснаго количества « v ».

Нужно надѣяться, что въ недалекомъ будущемъ « v » будетъ извѣстно въ сантиметрахъ въ среднюю солнечную секунду, съ

¹⁾ Все это разсужденіе основано на формулѣ, данной Томсономъ для періода колебанія, T , силы тока колебательнаго разряда конденсатора емкости C черезъ проводникъ, самоиндукція котораго равна L , — на формулѣ $T = \frac{2\pi\sqrt{CL}}{v}$ (если C выражено въ электростатическихъ единицахъ, а L — въ электромагнитныхъ). Если конецъ стрѣлки, длина которой $\sqrt{CL}$, имѣетъ скорость v , то угловая скорость $\omega = \frac{v}{\sqrt{CL}}$ и періодъ обращенія, $\frac{2\pi}{\omega}$, дѣйствительно, будетъ $T = \frac{2\pi\sqrt{CL}}{v}$.

(Прим. перев.).

точностью $\frac{1}{10}$ процента. Въ настоящее время извѣстно только, что оно, *вѣроятно*, не отличается на 1 процентъ отъ 3×10^{10} сантиметровъ въ среднюю солнечную секунду ¹⁾). Когда оно будетъ извѣстно съ достаточной точностью, экспериментаторъ, снабженный мѣрой сантиметра, можетъ, гдѣ бы то ни было во вселенной, сравнить показанія хронометра, который онъ употребляетъ въ своихъ опытахъ, со средней солнечной секундой при помощи только тѣхъ электростатическихъ и электромагнитныхъ операцій, которыя описаны выше, и не обращаясь ни къ солнцу, ни къ другому естественному хронометру ²⁾).

Я боюсь, что я уже слишкомъ долго испытываю ваше терпѣніе, но я только теперь дошелъ до начала своего предмета. Теперь мы должны начать разсмотрѣніе электрическихъ единицъ измѣренія. Мнѣ нѣтъ надобности давать опредѣленія этихъ количествъ, одного за другимъ, электростатически и электромагнитно; вы найдете все это въ Эвереттѣ, и въ томъ собраніи Отчетовъ перваго Комитета Британской Ассоціаціи относительно электрическихъ измѣреній. Не мнѣ вамъ говорить объ омѣ, вольтѣ, микрофарадѣ и такъ далѣе; но есть два или три пункта, которые я хотѣлъ бы отмѣтить, — и одинъ изъ нихъ, это — ограниченность такъ называемой практической системы. Абсолютная система развивается отъ начала до конца совершенно согласнымъ образомъ, выполняя на всемъ своемъ протяженіи начальныя условія, — одно изъ которыхъ, въ электромагнитной системѣ, заключается въ томъ, что электродвижу-

¹⁾ Въ первомъ изданіи было „на 3 процента отъ 2.9×10^{10} см.“, — см. прим. 6, на стр. 60. (Прим. перев.).

²⁾ Всѣ эти способы предполагаютъ неизмѣнность свойствъ той, такъ мало еще изслѣдованной, среды, которая передаетъ явленія оптическія и электрическія. Въ частности, приготовленіе сантиметра предполагаетъ не только то, что свойства молекулы натрія сохранились неизмѣнными и что періодъ ея колебанія не измѣнился, но даже то, что скорость распространенія колебаній въ пустотѣ, необходимая для перехода къ длинѣ волны, — та же въ томъ мѣстѣ вселенной, гдѣ находится нашъ странствующій изслѣдователь, какъ и на поверхности земли. (Прим. перев.).

щая сила, производимая движеніемъ со скоростью единица, поперекъ линій силъ поля съ напряженностью единица; единицы длины проводника, есть единица. Этого вы должны держаться, если система должна быть полной и согласной, — и размѣры всѣхъ вашихъ инструментовъ и приборовъ должны быть выражаемы всею однообразно, — въ функціи единицы длины, принятой въ этомъ абсолютномъ опредѣленіи. Омъ есть 1,000,000,000 сантиметровъ или 10,000 километровъ въ секунду. Если мы хотимъ сдѣлать изъ ома абсолютную электромагнитную единицу съ секундой, какъ единицей времени, то мы должны взять четверть земного меридіана за единицу длины. Если мы согласно примемъ это вездѣ, то намъ нѣтъ надобности когда либо оставлять эту частную систему и нѣтъ никакой надобности въ C.G.S. системѣ. Мы имѣли бы Q.G.S. ¹⁾ систему, просто на просто! Но было бы, очевидно, неудобно измѣрять размѣры инструментовъ, діаметры колесъ и калибры проволокъ въ подраздѣленіяхъ четверти земного меридіана. Вообразите ужасъ ремесленника, когда онъ услышитъ челоуѣка науки, обращающагося къ нему со словами «дайте мнѣ проволоку въ $\frac{1}{100,000}$ четверти земного меридіана длиною и въ $\frac{1}{10,000,000,000}$ — діаметромъ». Въ чемъ же теперь отличіе такъ называемой практической системы отъ абсолютной и почему не быть ей столь же логической и полной, какъ абсолютная система? Мы бы никогда не оставили абсолютной системы, если бы она давала во всѣхъ случаяхъ удобныя числа, — и она даетъ намъ удобныя числа для измѣренія тока, единица котораго въ десять разъ больше «ампера», единицы практической системы. Между тѣмъ, единица сопротивленія въ C.G.S. системѣ слишкомъ мала, — точно такъ же, какъ и единица электродвижущей силы. Чтобы получить удобныя числа, мы даемъ имена извѣстнымъ кратнымъ этихъ единицъ, — вотъ и все; и мы пользуемся этими кратными до тѣхъ поръ только, пока удобно, — не далѣе. Вотъ мой взглядъ на практическую систему — поль-

¹⁾ Q. = quadrant, четверть земного меридіана.

(Прим. перев.).

зоваться ею для удобства и до тѣхъ поръ, пока она удобна, въ тотъ моментъ, когда она перестанетъ быть удобной, вы бросите ее за бортъ и просто на просто возьмете C.G.S. систему. Съѣздъ въ Парижѣ остановился на практической системѣ, принявъ единицы, которыя такъ хорошо знакомы теперь, омъ, вольтъ Британской Ассоціаціи и амперъ, который предложилъ я самъ. Былъ также присоединенъ кулонъ и всѣмъ доставило большое удовлетвореніе ввести имя Кулона,—одного изъ отцовъ науки объ электричествѣ. Затѣмъ былъ прибавленъ сэрромъ В. Сименсомъ уаттъ и былъ принятъ въ общее употребленіе и оказался чрезвычайно удобнымъ. Но, если вы пойдете дальше съ практической системой и возьмете что либо, что заключаетъ въ себѣ магнитный полюсъ или магнитное поле, то вы совершенно теряетесь въ затрудненіяхъ, происходящихъ отъ принятія четверти земного меридіана за единицу длины, — и отклоненіе отъ C.G.S. системы перестаетъ быть удобнымъ. Вернитесь тогда, просто на просто, къ C.G.S. системѣ.

Я говорилъ о сопротивленіи ома, что оно измѣряется нѣкоторой скоростью. Я хотѣлъ бы объяснить это въ немногихъ словахъ. Вообразите бѣличье колесо, ось котораго помѣщена вертикально. Помѣстите пару щетокъ у верхнихъ и нижнихъ концовъ поперечинъ; помѣстите щетки въ плоскости магнитнаго сѣвера и юга, проходящей черезъ ось и пустите бѣличье колесо вертѣться съ какой вамъ угодно скоростью. Возьмите гальванометръ въ родѣ тангенсъ-гальванометра, но съ одной только дугой проволоки, длиною равной радіусу,—т. е. дугой, стягивающей уголъ, приблизительно, равный $57^{\circ}3$,—и имѣющей концы на одномъ и томъ же уровнѣ, все равно, выше или ниже уровня стрѣлки, и электроды, перпендикулярные къ плоскости дуги и соединенные со щетками¹⁾. Бѣличье колесо должно быть помѣщено такъ далеко отъ гальванометра, чтобы

¹⁾ Авторъ забылъ упомянуть про длину радіуса дуги. Его величина имѣетъ существенное значеніе. Въ самомъ дѣлѣ, при прохожденіи тока силою i по дугѣ (s) круга, радіусъ котораго r (въ сантиметрахъ), находящейся въ плоскости магнитнаго меридіана, дѣйствіе, испытываемое магнитнымъ полюсомъ m , расположеннымъ въ плоскости дуги и очень близко къ ея

не вліять на него замѣтнымъ образомъ своей электромагнитной силой. Возьмите теперь гальванометръ и вращайте бѣличье колесо; пусть длина каждой поперечины бѣличьяго колеса будетъ одинъ сантиметръ,—но это было бы скорѣе колесомъ для блохъ, чѣмъ для бѣлокъ,—пусть, скажемъ, каждая поперечина будетъ въ 100 сантиметровъ; вращайте бѣличье колесо достаточно быстро,—такъ, чтобы вызвать отклоненіе нашего гальванометра на 45° . Тогда скорость поперечинъ равна сопротивленію цѣпи, выраженному въ метрахъ въ секунду. Двойное сопротивленіе требуетъ двойной скорости; половинное сопротивленіе требуетъ половинной скорости, чтобы дать предписанное отклоненіе въ 45° . Итакъ, вотъ рациональное основаніе того, что 10,000 километровъ въ секунду или 1,000,000,000 сантиметровъ въ секунду, есть мѣра сопротивленія. Между тѣмъ какъ въ электромагнитной мѣрѣ мы измѣряемъ сопротивленіе скоростью, въ электростатической мѣрѣ мы измѣряемъ скоростью проводимость. Я далъ очень простое объясненіе и этому въ положеніи, на которое ссылается сэръ Вильямъ Сименсъ

центру, направлено по нормали къ этой плоскости и выражается чрезъ

$$\frac{mis}{r^2}.$$

Отсюда при отклоненіи магнита на уголъ α имѣемъ:

$$\frac{mis}{r^2} \cos \alpha = mH \sin \alpha,$$

гдѣ H —горизонтальная сила земного магнетизма.

Такимъ образомъ при $s = r$ и $\alpha = 45^{\circ}$ получаемъ:

$$i = rH.$$

Съ другой стороны, называя длину поперечины колеса чрезъ l , линейную скорость ея (въ сантиметрахъ) чрезъ v и сопротивленіе (въ абсолютныхъ единицахъ) всей цѣпи чрезъ R имѣемъ

$$i = \frac{Hlv}{R}.$$

Итакъ, находимъ

$$\frac{Hlv}{R} = rH.$$

Отсюда получимъ $R = v \frac{l}{r}$, а слѣдовательно при $l = r$ имѣемъ

$$R = v$$

(Прим. ред.).

въ своей председательской рѣчи на сѣздѣ Британской Ассоціаціи въ Сауссамптонѣ (Southampton) въ 1882 г. Скорость, съ которой должна стягиваться къ своему центру поверхность шара, соединеннаго съ землей мокрой нитью, для того, чтобы потенциалъ этого шара оставался постояннымъ, измѣряетъ проводящую способность этой мокрой нити. Двойная проводящая способность потребуетъ двойной скорости стягиванія, т. е. шаръ долженъ стягиваться вдвое быстрѣе, чтобы не потерять своего потенциала. Съ очень длинной полусухой нитью этотъ шаръ можетъ стягиваться медленно. Положимъ, у насъ есть шаръ, изолированный въ воздухѣ этой комнаты для электрическихъ опытовъ и соединенный съ землею шелковой нитью. Если у васъ есть электрометръ, показывающій потенциалъ, то вы увидите, что потенциалъ постепенно опускается. Вы могли бы подумать, что электричество уносится пылью въ воздухъ, но, въ дѣйствительности, единственная, на практикѣ, потеря происходитъ черезъ эту полусухую шелковую нить. Когда вы замѣчаете, что потенциалъ опускается, вообразите, что вы видите, какъ медленно стягивается шаръ,—и при томъ такъ, чтобы онъ сохранялъ постояннымъ свой потенциалъ, хотя тѣмъ временемъ его электрическій зарядъ постепенно теряется; скорость, съ которою должна при этомъ стягиваться поверхность шара къ центру, чтобы сохранять потенциалъ постояннымъ, измѣряетъ проводящую способность шелковой нити въ электростатической мѣрѣ. Это показываетъ намъ, почему проводящую способность известной нити или проволоки измѣряетъ въ электростатической мѣрѣ нѣкоторая скорость. Но, какъ мы видѣли, въ электромагнитной мѣрѣ, сопротивленіе той же нити или проволоки измѣряется другой скоростью. Тайнственное количество «*v*» есть квадратный корень изъ произведенія этихъ двухъ скоростей. Или же, это есть та скорость, которою измѣряется въ электромагнитной мѣрѣ сопротивление, а въ электростатической мѣрѣ—проводимость, одного и того же проводника,—который долженъ имѣть сопротивление около 30 омовъ, потому что опытъ показалъ, что «*v*» не очень отличается отъ 300,000 километровъ въ секунду.

Я говорилъ вамъ о томъ, какъ много мы обязаны сэру Чарльзу

Брайту и г. Латимеру Клэрку за самую идею о названіяхъ. Какъ много мы обязаны обладанію подобными названіями, лучше всего видно изъ того какъ много мы теряемъ,—и къ какимъ неудобствамъ это насъ приводитъ,—въ тѣхъ случаяхъ, когда мы не имѣемъ названій. Намъ недостаетъ названія для величины, обратной сопротивленію. Мы имѣемъ названіе «проводимость», но намъ недостаетъ названія для единицы проводимости. Я сдѣлалъ одинъ ящикъ катушекъ сопротивленія тридцать лѣтъ назадъ и другой пятнадцать лѣтъ назадъ, для измѣренія проводимостей, и они оба зачали изъ-за отсутствія названія. Мои собственные ученики будутъ охотнѣе продолжать пользоваться ящикомъ сопротивленій въ омахъ, чѣмъ ящикомъ проводимостей, потому что при пользованіи послѣднимъ является большое затрудненіе въ томъ, чтобы говорить: «это сопротивленіе есть величина, обратная суммѣ величинъ, обратныхъ этимъ сопротивленіямъ». Вы хотите измѣрить проводимость, но выраженіе этой мысли слишкомъ запутано; а однако для нѣкоторыхъ случаевъ система проводимостей неизмѣримо выше по точности и по удобству системы послѣдовательнаго соединенія сопротивленій. Для названія величины, обратной ому, при измѣреніи сопротивленія,—для единицы проводимости, которая соотвѣтствовала бы ому,—предлагаютъ взять фонографъ и вращать его въ другую сторону, и посмотрѣть, что онъ сдѣлаетъ изъ слова «омъ». Я въ восторгѣ отъ этой мысли и хотѣлъ бы, чтобы кто нибудь взялъ на себя ответственность принять ее; тогда у насъ сразу появились бы въ общемъ употребленіи ящики катушекъ въ «мо». По отношенію къ электрическому свѣту, что такое мы желаемъ измѣрить гальванометромъ? У насъ есть гальванометръ для измѣренія потенциаловъ и у насъ есть гальванометръ для измѣренія тока ¹⁾. Всякій знаетъ, что мы желаемъ измѣрить гальванометромъ потенциаловъ. Прислуга во всякомъ домѣ, освѣщаемомъ электричествомъ, знаетъ о потенциалахъ и, если смотря на гальванометръ, она видитъ, что онъ опустился до

¹⁾ Вольтметръ и амперметръ.

(Прим. перев.).

восьмидесяти вольтъ, то она понимаетъ, что что-то неладно, и прямо пойдетъ въ комнату, гдѣ машина, и устроитъ, чтобы получилось восемьдесятъ четыре вольта,—если предполагать, на примѣръ, что надлежащій потенциалъ есть восемьдесятъ четыре вольта (какъ это имѣетъ мѣсто въ моемъ собственномъ домѣ, временно, пока я не буду въ состояніи поставить двухсотъ-вольтовые лампы). Въ гальванометрѣ для тока имѣются дѣленія, указывающія,—это возможно,—число амперовъ въ токѣ. Но, въ концѣ концовъ, что же намъ нужно знать кромѣ потенциала? Это—сумму величинъ, обратныхъ сопротивленіямъ въ цѣпи. Въ системѣ сложныхъ дугъ каждая новая зажженная лампа увеличиваетъ общую проводимость цѣпи. Какъ бы было удобно, если бы въ цѣпи сто-вольтовыхъ лампъ Эдисона или Свана, изъ которыхъ въ каждой вы имѣете токъ въ 0.7 ампера и, потому, сопротивление въ 143 ома, прибавляя лампу, т. е. прибавляя нѣкоторую проводимость,—мы могли сказать, что мы прибавляемъ одинъ *мо* или часть *мо*, смотря по тому, что будетъ въ рассматриваемомъ случаѣ. Я не говорю, что *мо* есть именно то слово, которое нужно употреблять, но я хочу, чтобы оно могло быть принято и чтобы такимъ образомъ оно вошло въ общее употребленіе у насъ скорѣе. У насъ будетъ слово для вещи, когда у насъ будетъ самая вещь, или, вѣрнѣе, я долженъ былъ бы сказать, у насъ будетъ вещь, когда у насъ будетъ слово. Прибавленіе къ отчету за 1862 г. перваго Комитета Британской Ассоціаціи относительно электрическихъ измѣреній содержитъ описаніе «измѣрителя сопротивленій (Resistance Measurer) ¹⁾», изобрѣтеннаго сэромъ Вилльямомъ Сименсомъ, и «видоизмѣненія Сименсовскаго измѣрителя сопроти-

¹⁾ Стрѣлка помѣщается между двумя катушками одинаковыхъ размѣровъ, на равномъ разстояніи отъ нихъ; когда по катушкамъ идетъ одинъ и тотъ же токъ, но по противоположнымъ направленіямъ, то стрѣлка стоитъ на нулѣ. Если ввести сопротивление въ цѣпь одной изъ катушекъ, то стрѣлка отклоняется. Ее приводятъ къ нулю, передвигая вторую катушку; приборъ легко градуировать въ омахъ. Таково устройство микрометра Мэнна, представляющаго упрощеніе прибора Сименса.

(Прим. перев.).

вленій» профессора Флиминга Дженкина ¹⁾). Этотъ приборъ даетъ прямо сопротивленіе проводника, при посредствѣ нѣкотораго механическаго приспособленія, приводящаго магнитную стрѣлку для cadaго наблюденія въ нулевое положеніе. Въ оригинальномъ приборѣ Сименса это приспособленіе состоитъ въ передвиженіи поступательнымъ движеніемъ двухъ катушекъ—и проводимость отчитывается на шкалѣ съ равными дѣленіями, устроенной при помощи опредѣленной изъ опыта кривой такъ, чтобы давать прямо отчетъ искомаго сопротивленія. Въ видоизмѣненіи Дженкина механическое устройство значительно упрощено благодаря принятію иной электромагнитной комбинаціи и искомое сопротивление дается тангенсомъ угла, на который нужно повернуть катушки, чтобы привести стрѣлку къ нулю. Легко сдѣлать подобный же приборъ, который давалъ бы проводимость при посредствѣ простаго отчета безъ всякой установки или «пригонки» для cadaго наблюденія. Я сдѣлалъ такой приборъ въ 1858 году, представляющій просто гальванометръ, въ которомъ вмѣсто указателя-магнита указателями служатъ катушки сопротивленія ²⁾). Такой приборъ даетъ сразу проводимость, вамъ нужно названіе для единицы проводимости,—положимъ, вы примете *мо*,—назовите тогда этотъ приборъ мометромъ. Правило для сопротивленій, соединенныхъ послѣдовательно, было бы такое: сумма величинъ, обратныхъ числу *мо*, равна числу омовъ; а для проводимостей, соединенныхъ параллельно,—сумма величинъ, обратныхъ числу омовъ, равна числу *мо*. Число *мо*, или миллимо, будетъ въ этомъ случаѣ измѣрять число лампъ въ цѣпи. Такимъ образомъ, ламповый гальванометръ или лампо-счетчикъ могъ бы имѣть шкалу, раздѣленную на сантимо или на миллимо, или же онъ могъ бы быть градуированъ такъ, чтобы число, прочтенное на его шкалѣ въ какое угодно время, было просто числомъ лампъ,

¹⁾ Rep. Brit. Ass. for 1862 стр. и

(Прим. перев.).

²⁾ Этотъ приборъ изображенъ на рис. 6 моего патента подъ № 329, за 1858 годъ, на «улучшенія въ испытаніи и приготовленіи электрическихъ телеграфовъ» (Improvements in Testing and Working Electric Telegraphs).

(Прим. автора).

езажженных въ это время ¹⁾. Этотъ приборъ будетъ также имѣть то большое преимущество, что онъ будетъ оставаться спокойнымъ, не смотря на колебанія машины. Приборъ для опредѣленія потенциаловъ въ цѣпи электрическаго освѣщенія въ лучшемъ случаѣ всетаки нѣсколько измѣнчивъ, потому что потенциалъ порядочно мѣняется—можетъ быть, въ предѣлахъ одного или двухъ процентовъ; но сопротивление въ лампахъ мѣняется чрезвычайно мало. Мометръ будетъ въ этихъ обстоятельствахъ абсолютно спокойнымъ приборомъ; вы не увидите, что онъ дрожитъ,—даже, если бы машина шла неправильно. Гальванометръ потенциаловъ покажетъ вамъ, на какое безпокойство вы должны жаловаться или какое вамъ нужно исправить.

Перейдемъ наконецъ къ послѣднему предмету, являющемуся желательнымъ при пользованіи этой великой системой единицъ. Едва-ли можетъ быть что либо много удовлетворительнѣе измѣреній довольно большихъ сопротивленій, въ томъ видѣ, въ какомъ мы въ настоящее время ихъ обыкновенно производимъ; но, если намъ понадобится лучшій способъ измѣренія малыхъ сопротивленій, то намъ очень много поможетъ указанное мною употребленіе ящичковъ проводимостей въ мо. Что намъ очень нужно въ настоящее время въ области практическихъ электрическихъ измѣреній, это — хорошій эталонъ электродвижущей силы. Это было главнымъ предметомъ работъ недавней комиссіи Британской Ассоціаціи, но цѣль не была еще достигнута съ достаточною для практическихъ цѣлей удовлетворительностью. Элементы-эталонъ до извѣстной степени служатъ для данной цѣли, но намъ нужно нѣчто лучшее, нѣчто, соответствующее электродинамометру и что давало бы хорошій спокойный идиостатическій ²⁾

¹⁾ [Замѣтка отъ 8 декабря, 1887. Модель магнитно-статическаго тангенсъ-гальванометра, который я недавно построилъ для пракческаго употребленія, служить для той же цѣли. Она болѣе простаго устройства и болѣе удобной формы, чѣмъ мометръ, о которомъ идетъ рѣчь въ текстѣ.—В. Т.].

(Прим. автора).

²⁾ Авторъ называетъ „идиостатическими“ тѣ электрометры, т. е. приборы, предназначенные для измѣренія потенциаловъ, въ которыхъ заряденіе производится только лишь тѣломъ съ *опредѣляемымъ* потенциаломъ. Электрометры, въ которыхъ нѣкоторыя части заряжаются какимъ либо

измѣритель потенциаловъ, при помощи котораго можно было бы легко и точно опредѣлять постоянную любого электрометра или обыкновеннаго гальванометра. Вотъ предметъ для изысканій; есть много способовъ получить это, и я надѣюсь, раньше, чѣмъ пройдетъ еще годъ, увидѣть осуществленіе этого многими способами—и, навѣрное, хоть однимъ.

Что касается науки объ электричествѣ, то въ настоящій моментъ большой недочетъ на пути измѣренія представляетъ собою отсутствіе точнаго измѣренія «*v*»,—отношенія между электростатической и электромагнитной единицами; и я надѣюсь, что научные изслѣдователи возьмутся за этотъ предметъ и придадутъ ему такую же точность, какую придалъ лордъ Рэлэй измѣренію ома.

Остается въ высшей степени интересный пунктъ—это работа Джуля, отчетъ о которой данъ комитетомъ Британской Ассоціаціи:—смотри томъ Отчетовъ объ электрическихъ эталонахъ (Reports on Electrical Standards, Spon, 1871), стр. 138. Я, только приготовляясь къ этой лекціи, попалъ на это и сопоставилъ окончательнымъ образомъ цифры. Джуль, со скромностью, отличительной чертой этого человека, и съ удивительною точностью, отличительной чертой его трудовъ, произвелъ по просьбѣ Британской Ассоціаціи изслѣдованіе нагрѣвающего дѣйствія тока, измѣрявшагося опредѣленнымъ образомъ, причемъ за мѣру сопротивленія принимался омъ Британской Ассоціаціи, который предполагали тогда равнымъ 10^9 C.G.S. единицъ сопротивленія; и Джуль самъ считалъ, что производившіяся имъ электрическія измѣренія были точнѣе, чѣмъ могли быть его старыя измѣренія механическаго эквивалента тепловой единицы по способу тренія. Полученный результатъ, если считать омъ Британской Ассоціаціи абсолютно вѣрнымъ, далъ для механическаго эквивалента 782.2 фунто-футовъ вмѣсто 772 ¹⁾, полу-

постороннимъ источникомъ электричества, авторъ называетъ „гетеростатическими“ (heterostatic).

(Прим. ред.).

¹⁾ = 429.1 и 423.5 килограммометровъ.

(Прим. перев.).

ченныхъ раньше, и Джуль самъ выразилъ желаніе сдѣлать новое опредѣленіе его по способу тренія. Но поставимъ себя теперь въ положеніе, въ которомъ находились въ 1867 году, въ эпоху этого отчета, при этихъ соперничающихъ опредѣленіяхъ ома: одномъ, полученномъ по способу Британской Ассоціаціи—вращающихся катушекъ,—другомъ, полученномъ по электротермическому способу Джуля, причемъ за механическій эквивалентъ тепловой единицы взято было число, данное его методомъ тренія. Если предположить, что этотъ электротермическій способъ правиленъ, то отсюда мы можемъ вывести не то, что этотъ результатъ даетъ механическій эквивалентъ, а то, что единица Британской Ассоціаціи не есть 10^9 , какъ это предполагалось, а $10^9 \times 0.98697$. Такимъ образомъ, этотъ опытъ былъ, въ дѣйствительности, опредѣленіемъ Джуля сопротивленія ома Британской Ассоціаціи въ абсолютной мѣрѣ. Опредѣленіе лорда Рэлэя даетъ $10^9 \times 0.98677$ ¹⁾, разница на 2 единицы на четвертомъ мѣстѣ,—около $\frac{1}{100}$ процента. Точность работы Джуля совершенно магическая: это не есть игра случая. Я думаю, что, находясь среди Джуля, лорда Рэлэя, г-жи Сиджвикъ и другихъ, мы не можемъ теперь много сомнѣваться въ томъ, каково абсолютное значеніе единицы Сименса или единицы Британской Ассоціаціи. Я совѣтую всякому взять за единицу омъ Рэлэя вмѣсто единицы Британской Ассоціаціи. Я началъ поступать такимъ образомъ и я ставлю вездѣ значекъ R. O. Вы можете выражать все въ единицахъ Британской Ассоціаціи, но дѣлайте пожалуйста приведеніе къ Рэлэевскимъ омамъ при помощи переводнаго множителя 0.98677. Вольты должны быть уменьшены въ томъ же отношеніи. Прежде на основаніи опредѣленія, выведеннаго мною въ 1851 году изъ опытовъ Джуля, считали абсолютную электродвижущую силу элемента-эталона Даніеля за 1.07 вольта,—считавши ее въ теченіе десяти лѣтъ за 1.078, изъ-за единицы Британской Ассоціаціи, мы теперь снова исправляемъ

¹⁾ Изъ сводки всѣхъ произведенныхъ до настоящаго времени опредѣленій, сдѣланной Дорномъ (см. прим. 1 на стр. 64), получается число $10^9 \times 0.98670 (\pm 0.00038)$. (Прим. перев.).

ее и находимъ, что она равна 1.07. Это относится къ вольту. Но намъ нужны болѣе точные приборы и способы, относящіеся къ другимъ отдѣламъ электрическихъ измѣреній, въ особенности, къ измѣренію электродвижущей силы и емкости. какъ электростатической, такъ и электромагнитной, а вмѣстѣ съ тѣмъ къ измѣренію числа сравненія «*v*». Вотъ что намъ нужно подвинуть впередъ и усовершенствовать для того, чтобы придать достаточно научный характеръ этой великой системѣ абсолютныхъ измѣреній, происхожденіе которой я попытался начертать и объяснить вамъ.