

# Пондеромоторные силы светового поля

Н.П. Мышкин

(Сообщение первое)<sup>1</sup>

В статье под заглавием “Движение тела, находящегося в потоке лучистой энергии”, которая нашла себе место в третьем выпуске настоящего журнала за 1906-й год<sup>2</sup>, я показал, что пространство, в котором существует какое-нибудь распределение лучистой энергии, необходимо рассматривать, как поле некоторых пондеромоторных сил. Благодаря той роли, какую в жизни природы вообще выполняет лучистая энергия, такое свойство светового поля является весьма богатым следствиями. В виду этого я наметил обширный ряд новых опытов и наблюдений, и настоящее первое сообщение имеет целью представить в сжатом виде те результаты, которые мною получены из части их.

В своих новых опытах я поставил на первую очередь решение вопроса, можно ли рассматривать пондеромоторные силы светового поля, как следствие конвекции газа. Дело в том, что хотя в опубликованном мною опытным материале я уже дал много доказательств того, что конвекцию газа никоим образом нельзя рассматривать как основную причину наблюдаемых мною вращений, однако большинство предположений, какие были высказаны по этому поводу разными лицами, все-таки сводилось к тому, что эти движения в моих опытах будто бы возникали вследствие конвекции газа.

Собственно говоря, невероятность объяснения явления конвекцией газа вытекает уже из теоретических соображений. В самом деле, если бы токи газа были истинными виновниками тех сил, какие испытывал в моих прежних опытах подвижный слюдяной кружок служившего мне для опытов прибора, то они могли бы так действовать на него, или производя на него давление, или испытывая трение об его поверхность. Как в том, так и в другом случае легко вычислить, какую скорость должны бы были иметь эти токи газа, чтобы повернуть кружок на те углы, которые в действительности наблюдались мною при том или ином освещении прибора. Вычислим, например, эту скорость в предположении, что поворот кружка произошел на 21 деление шкалы. В моих прежних опытах такой поворот кружка производила горелка Ауэра, находившаяся от прибора на расстоянии семи метров.

Если допустить случай конвекции газа, самый благоприятный для механического действия на кружок, а именно допустить, что параллельно поверхности его движутся два параллельных и противоположных по направлению течения газа, причем поверхность раздела между ними проходит вдоль одного из диаметров кружка, то момент пары, вращающей его, можно вычислить по формуле

$$C_\phi = \frac{4}{3} \eta \frac{dv}{dz} R^3 \quad (1)$$

Эта формула получается после интегрирования выражения

$$C_\phi = 4\eta \frac{dv}{dz} \int_0^R y \sqrt{R^2 - y^2} dy,$$

в котором  $C_\phi$  есть направляющая сила подвеса, а вся правая часть этого равенства - момент пары, зависящей от трения движущегося газа о поверхность кружка. Если в эту формулу подставить вместо  $C$  и  $R$  те значения, которые характеризовали размеры слюдяного кружка и направляющую силу подвеса, а вместо  $\eta$  то значение, которое для воздуха было найдено Максвеллом, именно:

$$C = 347,6 \text{ CGS}; B = 3,62 \text{ см}; \eta = 198 \cdot 10^{-6} \text{ CGS},$$

то при сделанном выше предположении относительно величины угла поворота  $\phi$  для производной  $dv/dz$ , выражающей в данном случае непосредственно скорость тока воздуха на расстоянии одного сантиметра от поверхности кружка по направлению нормали к ней, получим число 80,7 см.

Подобным же образом найдем, что момент давлений на края кружка, какие производили бы те же течения воздуха, можно было бы вычислить по формуле

$$C_\phi = 0,86kv^2\varepsilon R^2 \quad (2)$$

которую получим после интегрирования выражения

$$C_\phi = 4kv^2\varepsilon R^2 \int_0^{\pi/2} \frac{\cos^2 \alpha \sin \alpha}{1 + \cos^2 \alpha} d\alpha = (4 - \pi)kv^2\varepsilon R^2.$$

<sup>1</sup> Опубликовано в Журнале Русского Физико-Химического общества, 1909, т.41 вып.4 с.161-190.

<sup>2</sup>Ж. Р. Ф. О. 38, pp. 149—185, 1906. См. репринт в ЖФНН №1(1), 2013, с.89-104

Правая часть этого равенства составляет применительно к Ланглеевому закону сопротивления воздуха момент давления газа, движущегося под углом  $\alpha$  к нормали поверхности. Если бы в эту формулу подставить вместо  $k$  найденное Ланглеем число  $8319 \cdot 10^{-7}$  CGS и вместо  $\varepsilon$  толщину кружка, которая у меня была равна  $45 \cdot 10^{-4}$  см., то определенная по формуле скорость течения  $v$  оказалась бы равной 154,8 см.

Если, наконец, предположить, что те же течения направлены под углом  $\alpha$  к поверхности кружка, то момент давления пришлось бы вычислять по формуле

$$C_{\phi} = \frac{4}{3} kv^2 R^3 \frac{\cos^2 \alpha \sin \alpha}{1 + \cos^2 \alpha} \quad (3)$$

Выражение (3) получает максимальное значение при  $\alpha = 41^{\circ}28'$ . Если допустить, что токи газа направлены к поверхности кружка под этим именно углом, то кружок повернулся бы на 21 деление шкалы (т. е. на угол в  $10'$ ), если бы движение газа происходило со скоростью 9,0 см.

Из этих расчетов видно, что если бы наблюдавшиеся мною силы на самом деле вызывались токами воздуха, то последние во всяком случае должны были бы иметь скорость, не заметить которой было бы невозможно. Вместе с тем эти теоретические расчеты показывают, насколько большим необходимо допускать нагревание газа, если оставаться на той точке зрения, что наблюдавшиеся мною пондеромоторные силы в световом поле составляли следствие конвекции газа. Между тем решительно невозможно согласовать это требование с прямыми указаниями опыта. Невероятно, например, чтобы обыкновенная осветительная горелка Ауэра на расстоянии семи метров от нее могла производить в пространстве, затененном деревянным или бумажным экраном, такое нагревание газа, чтобы в нем образовались течения со скоростью хотя бы только 2–3 см в секунду. Мне кажется поэтому, что говорить серьезно о конвекции газа, как единственной причине описанного мною ряда явлений, можно только по недоразумению.

Несмотря однако на изложенные теоретические соображения, я нашел полезным произвести в этом направлении ряд новых опытов и наблюдений, тем более что в задуманном мною способе их осуществления они могли служить для решения некоторых других вопросов.

## I. ПРИБОРЫ И УСТАНОВКА ИХ

Я воспользовался для этих опытов тем прибором, который служил мне прежде, и который я подробно описал в указанной выше моей статье. Я изменил в этом приборе только систему подвеса, заменив бифиляр унифиляром. Для последнего я употребил платиновую проволоку толщиной 0,03 мм. Для уничтожения остаточных натяжений, какие могли сохраниться в ней после вытягивания, назначенный для подвеса кусок ее я прокалил несколько раз, пропуская по нему ток требуемой для этого силы. На таком куске платиновой нити был подвешен тот же самый слюдяной кружок с зеркальцем, который служил мне в прежних опытах.

С заменю бифиляра унифиляром направляющая сила подвеса сделалась, конечно, иная. По определениям Д.Д. Сачука, сделанным по моей просьбе, направляющая сила унифиляра найдена равной 166,4 CGS. Прибор и отсчетная труба к нему были размещены на тех же полках, на которых они помещались в моих прежних опытах. Расстояние между ними снова сделано таким, чтобы 21 деление шкалы соответствовало повороту зеркальца вместе с кружком на угол равный  $10'$ . Таким образом в моих новых опытах чувствительность подвеса оказалась в 2,09 раза больше той чувствительности, которую имел бифиляр в моих прежних опытах.

Чтобы устранить во время опытов действие лучей на зеркальце и нить подвеса, которое могло оказывать некоторое влияние на движение кружка, всю трубку с подвесом и охранную латунную муфту для зеркальца я накрыл картонным глухим цилиндром, который имел против зеркальца прибора небольшой тубулус, плотно закрывающийся крышкой. Полная светонепроницаемость этого цилиндра была достигнута с одной стороны тем, что стенкам его была сообщена толщина в 5 мм, с другой стороны, тем, что как снаружи, так внутри он был выклеен плотной черной бумагой. Во всех нижеописываемых опытах я держал тубулус цилиндра всегда закрытым крышкой и открывал его лишь на то короткое время, которое требовалось, чтобы сделать отсчет по прибору.

Энергию лучей, идущих к прибору, я измерял посредством плоскостного болометра Люммера. Этот аппарат был установлен мною рядом с прибором, на отдельном вращающемся столике. Сопротивления его ветвей были найдены мною равными:

$$r_1 = 35 \Omega; r_2 = 399 \Omega; r_3 = 35 \Omega; r_4 = 400 \Omega.$$

Поэтому когда в цепь с добавочным сопротивлением в 100 Ом вводилась электродвижущая сила  $\varepsilon$  равная 1,32 вольта, а для измерения силы тока служил гальванометр с сопротивлением в 645 Ом, то силе тока в  $2,92 \cdot 10^{-9}$  А отвечало нагревание пары ветвей болометра на  $63 \cdot 10^{-4}$  градуса Ц. В моей установке ток такой силы производил отклонение шпули гальванометра, которым я пользовался для измерений, на одно деление шкалы.

## II. ОПЫТЫ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ИЗМЕРЕНИЯМИ ПО БОЛОМЕТРУ

Первая серия опытов, которую я произвел с описанными приборами, состояла в следующем. В ночное время, когда уже нельзя было опасаться влияния на прибор со стороны рассеянного дневного света, производилось освещение комнаты одной, двумя, тремя или четырьмя горелками Ауэра, специально назначенными для этой цели. Спустя 20–25 минут после начала освещения кружок обыкновенно уже устанавливался в новом положении равновесия, закрутив нить подвеса на некоторый угол. Продолжив после того еще минут

на 10—15 освещение прибора и убедившись в неизменности происшедшего отклонения, я прекращал освещение до тех пор, пока вызванное им кручение нити не исчезало и кружок не возвращался в свое начальное положение равновесия. Вследствие суточного хода вращений кружка отсчет давал теперь обыкновенно несколько иное деление шкалы, чем в самом начале опыта. Поэтому для получения более точных величин отклонений, какие получал кружок при том или ином освещении комнаты, опыт повторялся в описанном порядке несколько раз, и из всех полученных отклонений бралось среднее арифметическое.

Одновременно с отсчетами по прибору производились измерения при помощи болометра. Первое измерение производилось тогда, когда оконце болометра направлялось прямо на световой источник. Затем столик с болометром поворачивался от этого положения вправо и влево на разные углы, и снова производились измерения. Таким путем достигалось обследование всего поля вблизи прибора с подвижным кружком, и вполне выяснялся характер распределения в нем лучистой энергии.

Когда описанный ряд опытов был произведен, в условия опыта введено было присутствие экрана между источником света и прибором, чтобы таким образом последний во время опыта находился под действием только рассеянного света. Для таких опытов я употреблял экраны из картона и соснового дерева толщиной в 5 мм каждый и поверхностью 60x80 см.

Измерения дали следующий результат. Когда комната освещалась только одной горелкой, находившейся от прибора на расстоянии немного меньше 7 метров, то отклонения кружка в среднем были равны 45 делениям шкалы в отсутствие экрана и 38 делениям при затенении экраном. Болометр, направленный своим открытым оконцем на источник света, производил отклонение в гальванометре на 0,4 деления шкалы, когда не было экрана, и на 0,3 деления в присутствии экрана. Никаких других излучений, которые шли бы к прибору из других мест, и которые по своей интенсивности превышали бы действие светового источника, не оказалось.

Совершенно такой же результата был получен и из остальных опытов этой серии. Так, когда освещение комнаты производилось горелками люстры, причем непосредственное действие лучей на прибор было устранено поставленным между ним и люстрой картонным экраном, то были получены следующие отклонения:

	при одной горелке	при двух горелках	при трех горелках
среднее отклонение кружка	54	74	88
отклонение гальванометра	0,5	0,9	1,1

Отсюда видно, насколько маловероятным оказывается допущение, будто кружок в подобных опытах получает отклонения вследствие конвекции воздуха,

возбуждаемой в приборе достигшей до него лучистой энергией. В самом деле, приведенные цифры показывают, что даже очень сильное освещение комнаты производило через открытое оконце болометра нагревание зачерненной поверхности пары решеток прибора всего только на  $7 \cdot 10^{-3}$  градуса Цельсиевой шкалы. Между тем, чтобы достигнуть до подвижного кружка, лучи должны были предварительно пройти через стеклянные пластинки, составляющие оконца этого прибора. Способность же стекла поглощать лучи большой длины волны известна уже давно. Кроме того, необходимо иметь в виду, что слюдяной кружок в моем приборе не покрыт ни сажей, ни каким-либо другим веществом, которое бы увеличивало его поглощательную способность. Вследствие этого никоим образом нельзя допустить даже и того, чтобы внутри прибора хоть какое-нибудь место его могло нагреться на  $7 \cdot 10^{-3}$  градуса выше температуры окружающей среды. Возникновение внутри прибора токов воздуха заметной силы является поэтому невозможным, а потому и предположение, будто конвекция газа является причиной отклонений кружка, как невероятное, должно быть совершенно оставлено.

Тем не менее я повторил описанную серию опытов еще раз, но только прикрыв оконца прибора абсорбционными стеклянными сосудами, наполненными концентрированным раствором квасцов. Эти сосуды имели такие размеры, что закрывали собой не только сами оконца, но и все боковые стенки, в которых они находятся. К последним сосуды были приставлены плотно, а сверху они были закрыты деревянной крышкой. Таким образом лучи, прежде чем проникнуть внутрь прибора, должны были пройти сначала через слой раствора толщиной в 65 миллиметров и три стеклянные пластинки, образующие оконца прибора и стенки абсорбционного сосуда.

Из этих новых опытов снова было получено, что освещение комнаты обязательно производит отклонения кружка, но только меньшие, чем при отсутствии сосудов с раствором квасцов. Так, например, освещение комнаты тремя горелками люстры производило в этом случае отклонение кружка на 52 деления шкалы, тогда как после удаления абсорбционных сосудов кружок отклонялся на 112 делений. Считаю необходимым отметить здесь, что сосуд с раствором квасцов, поставленный при тех же условиях освещения перед оконцем болометра, совершенно лишал его способности дать хоть какое-нибудь отклонение в гальванометре. Следовательно, энергия потока лучистой энергии позади абсорбционного сосуда оказывалась далеко за пределами чувствительности болометра. Таким образом, чувствительность к потоку лучистой энергии прибора, основанного на пондеромоторном действии излучения, оказывается гораздо выше чувствительности болометра. Это обстоятельство оправдывает поэтому то название, которое я дал два года тому назад приборам подобного рода. Я назвал их индикаторами радиации. Этим именем я буду называть в дальнейшем свой прибор,

с которым производились опыты, а всю подвижную часть его, испытывающую повороты под действием лучистой энергии, — девиатором.

### III. Опыты с индикатором радиации, НАГЛУХО НАКРЫТЫМ СВЕТОНЕПРОНИЦАЕМЫМ ЧЕХЛОМ

Некоторые отрывочные наблюдения, сделанные мною еще в прежних опытах, заставляли думать, что пондеромоторные действия излучений могут быть обнаруживаемы индикатором радиации даже и тогда, когда оконца его прикрыты тонкими кусками картона. Когда производилась вышеописанная серия опытов, я также не мог не обратить внимания на то, что влияние затенения прибора экранами оказывалось далеко не таким сильным, как бы следовало ожидать. Из этих опытов вытекало, что и картонный, и деревянный экраны как будто бы пропускают через себя тот сорт лучей, к которому с особенной отзывчивостью относится девиатор прибора. Было поэтому весьма важно и интересно выяснить специальными опытами, существует ли на самом деле такая особенность явления, или не существует. Вполне понятно, что решение этого вопроса в положительном смысле должно было осветить до некоторой степени сущность процесса, при помощи которого слюдяной кружок индикатора радиации получает свои отклонения, оказавшись в потоке лучистой энергии.

Само собою разумеется, что эта серия опытов должна была быть поставлена так, чтобы полученные из них результаты были вполне свободны от каких бы то ни было сомнений, или подозрений. С этой целью я закрыл оконца прибора подушечками из ваты, завернутой в несколько слоев мягкой черной бумаги, и кроме того надел на весь прибор плотно облекший его чехол из картона, склеенного из трех отдельных слоев, покрытых на обеих своих сторонах плотной черной материей. Этим путем была окончательно устранена почва для предположений, будто отклонения кружка, если бы они произошли при этих условиях, происходят вследствие конвекции газа в приборе.

Когда указанным способом прибор был защищен от доступа в него лучей, то слюдяной кружок все-таки не прекращал обнаруживать свою чувствительность к производимому освещению прибора. Так, когда в комнате горела наиболее удаленная от него горелка Ауэра, то кружок отклонялся на 12 делений шкалы; а когда комнату освещали тремя горелками люстры, то отклонения доходили до 35 делений. Одновременно с этим было обнаружено, что и рассеянный дневной свет также продолжает производить отклонения, потому что кружок и в этом случае не переставал совершать свои суточные колебания.

Но этого мало. Когда поверх чехла я заключал прибор в домик из дубовых досок толщиной в один сантиметр, то чувствительность его к освещению от того не только не пропадала, но при таких условиях совершенно неожиданно он обнаружил еще новое, весьма

замечательное свойство. Оказалось именно, что слюдяной кружок в приборе испытывает на себе действие некоторых сил, стремящихся вращать его, не только тогда, когда он находится под воздействием какого-либо источника света, но и тогда, когда приближают к нему какой-нибудь предмет, хотя бы этот предмет и имел совершенно одинаковую температуру с прибором. Насколько велико может быть отклонение вследствие указываемой причины, можно судить, например, по тому, что простое прикрывание одного из оконцев поверх чехла еще дубовой дощечкой уже вызывало отклонение на 48 делений шкалы.

Производя в этом направлении опыты, я убедился далее, что величина отклонения зависит от размеров поверхности, толщины и плотности пластинки, прикрывающей оконце индикатора, накрытого его светонепроницаемым чехлом, и особенно от температуры ее. Что же касается знака отклонений, то он оказался зависящим с одной стороны, от того, какое из трех оконцев прибора прикрывалось пластинкой, с другой стороны, от того, сколько оконцев прибора прикрывалось пластинками. Если условиться называть оконце индикатора, обращенное к отсчетной трубе, передним, оконце на противоположной стороне—задним, а оконце, обращенное внутрь комнаты, боковым, то прикрывание оконцев переднего и бокового производило отклонения против часовой стрелки, если смотреть на верхнюю поверхность кружка, а прикрывание заднего оконца—отклонения по часовой стрелке. К сказанному следует прибавить, что отклонения в индикаторе вследствие прикрывания его оконцев происходят столь быстро, что в течение 5—7 минут после начала опыта отклонение уже совершенно устанавливается и после того неизменно сохраняется во все время, пока остаются неизменными самые условия опыта. Если опыт производится в ночное время, когда влияние суточных колебаний вообще оказывается весьма малым, то иногда в течение многих часов происшедшее отклонение не изменяется даже в пределах 1—2 делений шкалы.

Чтобы дать здесь наглядный пример разницы в отклонениях, которые получались при прикрывании оконцев индикатора теми или иными пластинками, я приведу здесь следующие числа. Мною наблюдалось, что когда заднее оконце прикрывалось пластинками с поверхностью 22x24 см:

Пластинка	Откл. по час. стрелке, дел.
стеклянная, толщиной в 8 мм	139
латунная, толщиной в 1 мм	151
алюминиевая, толщиной в 1 мм	132
дубовая, толщиной в 10 мм	110
картонн. разн. цв., т. в 2—3 мм	от 87—104

Что же касается влияния температуры пластинки на величину отклонений, то ниже будут приведены подлинные журналы наблюдений, из которых будет видно, насколько велико это влияние. Здесь же я укажу для примера на такой факт, что выдержанная на солнце в течение 10 минут дубовая пластинка производила

отклонение на 50—60 делений шкалы даже тогда, когда между нею и прибором устанавливалась еще другая, дубовая же, пластинка толщиной в 10 мм.

#### IV. Следствия из предыдущих опытов

Описанные в предыдущей главе опыты приводят к заключениям:

а) что не может быть никакой речи о том, будто отклонения подвижной системы в индикаторе радиации происходят вследствие конвекции газа;

б) что пондеромоторные действия излучений обладают свойством распространяться за пределы геометрической тени, отбрасываемой экранами;

в) что в световом поле пондеромоторные силы возникают внутри замкнутых со всех сторон пространств, куда обычный сорт лучей проникнуть не может;

г) что величина и направление этих сил в каком-нибудь месте поля, хотя бы оно было взято внутри совершенно замкнутого твердой непрозрачной оболочкой пространства, зависит от способа расположения вблизи его тех или иных тел, причем самое вещество, размеры и даже цвет последних вносят в них свои особенные черты;

е) и что, следовательно, всякое изменение в составе и способе распределения лучистой энергии в световом поле может быть обнаружено и изучено посредством измерения величины и направления пондеромоторных сил этого поля.

Последний вывод особенно важен. Составляя прямое следствие из того факта, что отклонение кружка в индикаторе радиации может быть вызвано только поднесением к нему какого-нибудь тела, хотя бы это тело и имело с ним абсолютно одинаковую температуру, он заставляет искать объяснения пондеромоторных действий излучений не в конвекции газа или чем-либо подобном, а в том, что в световом поле среда получает особое состояние, которое, начавшись в месте возбуждения потока лучистой энергии, распространяется в ней по всему объему, нигде не образуя мест, где бы оно претерпевало разрыв непрерывности. Иначе сказать, физическое состояние среды в световом поле мы должны себе представлять похожим, или, может быть, совершенно одинаковым с состоянием ее в полях электрическом или магнитном. При этом допущении делаются понятными все факты, как описанные мною прежде, так и изложенные на предыдущих страницах настоящей статьи.

Возможно однако же иное объяснение этим фактам. Можно именно предположить, что в состав лучеиспускания источников света входит такой род лучей, одним из свойств которого служит способность производить пондеромоторное действие на тело, встречаемое им на своем пути, и проникать через значительные толщи непрозрачных твердых тел. Но тогда возникает вопрос, какие же это лучи? Для решения этого вопроса я нашел полезным произвести ряд специальных опытов и наметил ряд подобных же других опытов, обеспечи-

вающих наибольшую точность результатов благодаря более совершенной экспериментальной обстановке.

#### V. Действие на индикатор радиации лучей Герца, Рентгена и Беккереля и лучей, испускаемых фосфоресцирующим телом

Если бы пондеромоторные действия в световом поле действительно возбуждались каким-нибудь особым родом лучей, то по свойству прохождения через толстые слои непрозрачных твердых тел они должны были бы быть похожими на лучи Герца, Рентгена и Беккереля. Поэтому представлялось интересным произвести опыты с освещением индикатора радиации этими лучами и изучить, какое действие оказывают они на подвижную систему этого прибора.

Когда опыт производился с лучами Герца и Беккереля, все операции по производству его не представляли особенных трудностей, потому что электрическое действие вибратора на слюдяной кружок легко устранялось установкой прибора на большое расстояние от индикатора, радиевый же препарат, которым я пользовался для этих опытов, вообще ничем не затруднял экспериментатора. Но дело обстояло иначе при употреблении трубки Рентгена: механическое действие этой трубки, вследствие происходящей в поле ее ионизации воздуха и движения ионов, ставит экспериментатору такие препятствия, что достоверность результата всегда может быть подвержена сомнению. В виду этого я отказался от употребления трубок для получения X-лучей и вместо их изучил действие на индикатор гамма-лучей, испускаемых тем же радиевым препаратом, который служил мне для получения других родов Беккерелевых лучей. С этой целью перед передним оконцем индикатора был поставлен сильный электромагнит, между полюсами которого я помещал радиевый препарат, зажатый в щипцах маленького штатива. Активность этого препарата была равна 100. Опыт с этим препаратом велся следующим образом. Прежде всего производился учет действия на слюдяной кружок индикатора со стороны электромагнита после возбуждения между полюсами его магнитного поля. Затем особо учитывалось влияние установки перед оконцем индикатора штатива с препаратом до возбуждения и после возбуждения магнитного поля электромагнитом. И только после всех этих предварительных измерений производился опыт с самим препаратом сначала в отсутствии магнитного поля, а потом при возбуждении его.

Все произведенные мною с описанными приборами опыты дали отрицательный результат: никакого действия на индикатор, одинакового или только похожего на действие обыкновенных лучей, не найдено ни для лучей Герца, ни для всех вообще, взятых в совокупности, лучей радия, ни, в частности, для гамма-лучей. Правда, обнаружилось, что радиевый препарат производит некоторое отклонение. Но, во-первых, такое действие имеет характер толчка, происходящего как бы от сильного потрясения среды; во-вторых, это

действие препарата оказывается кратковременным, потому что отклонившаяся, и притом всегда только на очень небольшое число делений шкалы, система индикатора быстро возвращается в свое прежнее положение равновесия.

Таким образом разыскиваемый род лучей, если бы он существовал на самом деле, не мог бы быть ни лучами Герца, ни лучами Беккереля. К тому же выводу приводит отсутствие и ионизации газа, и действия на фотографическую пластинку внутри индикатора, заключенного в его светонепроницаемый чехол, когда он испытывает на себе даже сильнейшее пондеромоторное действие излучения. Вследствие всего этого было бы необходимо признать эти лучи лучами *sui generis*.

Стараясь далее решить, принадлежит ли пондеромоторное действие на индикатор всем лучам спектра, или же этим свойством обладает только часть их, и какая именно, я приступил к опытам с освещением индикатора различными лучами спектра. К сожалению, встреченное мною здесь препятствие заставило меня отложить эти опыты на будущее время. Вместо них я произвел опыты с фосфоресцирующим телом, исходя из того соображения, что, с одной стороны, состав и яркость фосфоресценции легко могут быть модифицируемы самым способом возбуждения свечения, с другой стороны, излучения такого рода оказываются “холодными”, почему тепловое действие их на индикатор устраняется. В качестве фосфоресцирующего тела мне служил в этих опытах небольшой бюст из прекрасно светящейся фосфоресцирующей массы. Опыты с этим бюстом были произведены следующим образом.

Прежде всего этот бюст был выдержан в течение шести суток в абсолютной темноте, так что не давал никакого свечения. После того в ночное время, при абсолютном отсутствии в комнате какого бы то ни было освещения, бюст был поставлен на расстоянии 20 см перед передним оконцем наглухо закрытого чехлом индикатора, прикрытым кроме того деревянной дощечкой толщиной в один сантиметр и поверх ее еще латунной пластинкой толщиной в 1 миллиметр, и определено его действие на индикатор. Затем бюст был выдержан в течение целого дня на рассеянном дневном свету и вновь определено его действие на индикатор. В таком же порядке шли опыты, когда фосфоресценцию возбуждали, выдержав бюст в лучах ауэровской горелки в продолжение часа, или в течение 15—20 минут в лучах 16-ти амперной вольтовой дуги или яркого полуденного солнца.

Из этих опытов были получены следующие отклонения в индикаторе:

после выдержания бюста	делений шкалы
в темноте	9
на дневном свету	33
в лучах ауэровской горелки	62
в лучах вольтовой дуги	162
в луч. солнца	свыше 250

В последнем случае отклонение ушло за пределы шкалы и потому не могло быть точно определено. В

повторном же опыте, такого рода отклонение оказалось равным 450 делениям шкалы. Но необходимо иметь в виду, что как в том, так и в другом случае бюст был слегка нагрет солнцем и потому такие огромные отклонения составляют результат не только холодных излучений фосфоресценции, но и разности температур бюста и индикатора. Когда же фосфоресценция возбуждалась лучами вольтовой дуги, пропущенными через раствор квасцов, то отклонения в индикаторе были такими:

при ярком фиолетовом свечении	147 делений шкалы
при слабо заметном фиолетовом оттенке в свечении	131 делений шкалы
при ярком белом свечении с голубоватым оттенком	108 делений шкалы
при ярком белом свечении без всякого оттенка	93 делений шкалы
при свечении белом, по яркости близком к свечению возбуждаемому ауэровской горелкой	65 делений шкалы

и т. д.

Таким образом, опыты с фосфоресцирующим телом наглядно показывают, что пондеромоторные действия свойственны излучениям не только инфракрасного конца спектра, но и видимой части его. Следовательно, такое свойство лучей не зависит от их длины волны, по крайней мере в пределах того интервала волн, которые в моих опытах испускались моим фосфоресцирующим бюстом.

Итак, с одной стороны, отзывчивость индикатора на соседство с ним тел совершенно одинаковой температуры, с другой стороны, констатируемая приведенными выше опытами общность пондеромоторного действия для лучей разной длины волны, по моему мнению, наглядно показывают, что пондеромоторные силы в световом поле необходимо приписывать не действиям каких-либо лучей *sui generis*, а тем особым состояниям напряженности, какие испытывает среда, когда возникает в ней поток лучистой энергии, или когда тем или иным способом производится в ней изменение состава или распределения этой энергии. Следовательно, между физическим состоянием среды в световом поле и состоянием ее в полях электрическом и магнитном этим устанавливается весьма близкая аналогия.

Но если это действительно верно, то мне казалось, что, стоя на такой точке зрения, следует ожидать некоторых особенностей в пондеромоторном действии лучей на освещаемое тело, когда последнее помещено в электрическом или магнитном поле. В части, касающейся влияния магнитного поля на характер действия пондеромоторных сил светового поля, эти ожидания на самом деле блестяще оправдались. И это обстоятельство дает мне основание надеяться, что рационально поставленные опыты обнаружат некоторые особенности этого явления и в электрическом поле. Подобного рода опыты относятся к числу тех, которые намечены мною к производству в недалеком будущем.

## VI. ПОНДЕРОМОТОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ ОСВЕЩЕНИЯ НА МАГНИТ И НЕМАГНИТНОЕ ТЕЛО, ПОМЕЩЕННОЕ В СИЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Описываемые в этой главе опыты были произведены в магнитометеорологической Обсерватории Новороссийского Университета, куда я перенес их, имея в виду специальную цель исследовать: а) какое действие испытывают на себе при освещении магнитные приборы, употребляемые в Обсерваториях для магнитных наблюдений; б) не происходит ли каких-либо вариаций в положении немагнитного тела, помещенного в те же условия, в каких находится магнит в магнитных приборах и с) если положение немагнитного тела на самом деле подвержено каким-либо вариациям, то какое влияние на них оказывает искусственное магнитное поле достаточно большого напряжения. Имея в виду такую цель, я испросил у проф. А.В. Клоссовского разрешение на работы в подземном магнитном павильоне Обсерватории, который в течение августа и сентября текущего 1908 года был случайно свободен вследствие временного прекращения наблюдений по вариометрам, помещавшимся в нем. Профессор А.В. Клоссовский предоставил вместе с тем в мое распоряжение все приборы и все необходимое для работ в павильоне, а старший наблюдатель Обсерватории М.А. Аганин оказал мне помощь по приведению павильона в требуемый условиями работы вид и производству некоторых наблюдений. Считаю для себя приятным долгом еще раз выразить здесь этим лицам мою глубокую благодарность за то содействие, которое я всегда встречал со стороны их за время своей месячной работы в Обсерватории.

В качестве индикаторов радиации мне служили в этих опытах два вариометра-деклинатора типа, обычно употребляемого для наблюдений в магнитных Обсерваториях. В одном из этих вариометров седло для магнита было подвешено на пучке коконовых нитей, в другом — на длинной, узкой и тонкой бронзовой ленте. Так как направляющая сила, обусловленная кручением этой ленты, была весьма невелика, то этим прибором я воспользовался для опытов с немагнитным телом. Вариометр же с магнитом мне служил для наблюдений и учета величины тех вариаций, какие успевали произойти в положении магнита за время тех или иных опытов. Этот вариометр был установлен на северном столбе павильона, а вариометр с немагнитным телом — на восточном, вследствие чего был обеспечен свободный доступ к нему со всех сторон.

Для достижения совершенно одинаковых условий освещения прибора в разных опытах были нанесены на восточном столбе направления магнитного меридиана и главных румбов в числе шестнадцати. Прибор был установлен на столбе так, что точка пересечения линий, отмечавших эти направления, совмещалась с продолжением нити подвеса. Кроме того, на том же столбе был вычерчен ряд концентрических кругов для удобства определений расстояния, на котором устанавливался

ливался во время опытов источник света. Последний обыкновенно помещался на весьма устойчивом подъемном столе и вместе с ним переносился туда, где ему следовало быть по условиям опыта.

Как известно, в вариометрах-деклинаторах магнит помещается своими концами в горизонтально расположенной трубке, в которую вставлены демпферы из красной меди. На концы этой трубки я надел катушки и вследствие этого возбуждение магнитного поля в пространстве, где находилось исследуемое немагнитное тело, сделалось весьма удобным. Необходимый для этой цели ток давала мне батарея из 6—12 элементов Мейдингера. В некоторых опытах для усиления поля я удалял медные демпферы и заменял их сердечниками из мягкого железа, а также производил наиболее выгодное соединение между собою как отдельных секций в катушках, которых было в каждой из них по четыре, так и самих катушек. Перемена направления поля производилась коммутатором.

С описанными приборами и приспособлениями мною прежде всего было определено действие освещения на магнит и немагнитное тело, когда источник света устанавливался на разных расстояниях от прибора и менялось направление, по которому производилось освещение его. Позже в условия опыта было введено возбуждение катушками искусственного магнитного поля и изменение напряжения его. В качестве источника света во всех опытах мне служила керосиновая лампа Гретца в 15", а в качестве немагнитных тел я употреблял прутики из латуни и пальмового дерева, тождественные по своей форме и размерам с магнитом вариометра. В самом конце работы в Одессе я организовал опыты еще с прутиком из мягкого железа, но за недостатком времени мне не удалось закончить их и потому повторение их я произвожу теперь.

Вот какие результаты удалось получить из всей серии опытов. Во-первых, с несомненностью констатировано, что достаточно даже только внести в павильон горящую лампу, чтобы уже произвести заметные отклонения вариометров. При этом неизменно наблюдалось, что своим северным концом немагнитные прутики отклонялись к западу, а магнит вариометра, установленного на северном столбе, делал своим северным концом поворот к востоку. Величина отклонений была такая:

латунный прутик отклонялся на	186" W
пальмовый прутик отклонялся на	264" W
магнит отклонялся на	24" — 80" E

Благодаря столь большим отклонениям сравнительно с величиною отклонения магнита немагнитные тела обнаружили вместе с тем и свою чувствительность к расстоянию от них источника света. Так, когда лампа устанавливалась на полу павильона в ближайших к прибору углах его, то латунный прутик отклонялся на 156", а при освещении из дальних углов — на 126". Замечательно, что немагнитное тело испытывало отклонения даже и тогда, когда прибор затенялся картонным экраном или еще того лучше — столбом с

отсчетными трубами, у подножия которого, с западной стороны его, ставилась лампа.

Во-вторых, было найдено, что величина отклонения весьма быстро возрастает вместе с увеличением яркости светового источника или уменьшением расстояний его от прибора. Так, напр., отклонения пальмового прутика доходили до  $29'54''$ , когда лампа устанавливалась от освещаемого конца его на расстоянии 35—40 сантиметров.

Что касается, в третьих, величины отклонений и направления их при освещении прибора хотя и с неизменного расстояния, но в разных направлениях, то об этом дает понятие Таблица I, составляющая извлечение из подлинных журналов наблюдений.

Освещение производится с расстояния 45,7 см от нити подвеса.

В пояснение приведенной таблицы, необходимо добавить, что все указанные в ней отсчеты по шкале даны в исправленном виде на величину тех вариаций, какие происходили в положении немагнитного прутика или магнита за время опыта вследствие влияния побочных причин. Учесть же то действие на прибор, какое производил свет, отраженный от стены при освещении с восточной стороны, я не имел возможности. Быть может, этим и объясняется некоторая разница в отклонениях, наблюдавшихся при освещении прибора в разных направлениях с восточной и западной стороны. Но таблица показывает, что помимо такой причины существовала еще какая-то другая, которая делала отклонения неодинаковыми и тогда, когда освещение прибора производилось с северной и южной сторон. Несмотря на это, в отношении того направления, в котором происходило отклонение магнита или немагнитного тела, таблица приводит к бесспорному выводу. Из нее видно, что независимо от того, освещался ли северный или южный конец немагнитного прутика, пондеромоторными силами светового поля он всегда отклонялся своим северным концом к западу, а магнит отклонялся в этом направлении только при освещении с северного конца, при освещении же с южного конца отклонение происходило к востоку.

В виду несомненного важного значения такого результата я повторил эти опыты несколько раз, при разных расстояниях и силе света лампы, а также при положениях пламени ее то выше прутика, то ниже его, но результат был всегда один и тот же: немагнитный прутик всегда отклонялся к западу, освещался ли он со стороны своего южного или северного конца, а магнит при освещении с южной стороны отклонялся к востоку, при освещении же с северной стороны — к западу. В доказательство этого я приведу здесь еще следующее извлечение из журнала опытов - Таблица II.

Стремясь далее выяснить, составляет ли такое свойство магнита следствие того состояния среды, в котором она находится вблизи магнита, или оно зависит также и от тех изменений молекулярной структуры, какую получает сталь вследствие своего намагничивания, я произвел опыты двоякого рода. Сущность

Таблица II

Освещение производится со стороны	Пламя выше магнита			Пламя ниже магнита		
	Отсчет при горячей лампе	Отсчет при горячей лампе	Отклонение	Отсчет при горячей лампе	Отсчет при горячей лампе	Отклонение
северного полюса	449.0	447.7	$1'18''W$	450.2	448.6	$1'36''W$
южного полюса	463.7	465.4	$1'42''E$	465.4	466.8	$1'24''E$

опытов первой группы состояла в изучении пондеромоторных действий освещения на деревянный прутик, когда вокруг его возбуждалось магнитное поле и менялось в довольно широких пределах напряжение последнего. Сущность же опытов второй группы<sup>1</sup> состояла в изучении характера отклонений в том случае, когда немагнитное тело помещалось между полюсами сильного магнитного магазина, составленного из сильно намагниченных стальных полос длиной около 20 сантиметров, сложенных так, чтобы между ними был воздушный промежуток толщиной в 3—4 миллиметра, и освещению подвергалось не подвижное немагнитное тело, а главным образом магнитный магазин. В качестве немагнитного тела в этой последней серии опытов мне служила прямоугольная продолговатая рамочка, образованная оборотами очень длинной и очень тонкой проволочки из красной меди, с несвязанными концами ее. Такая рамочка была подвешена на тоненькой бронзовой ленте, которая употребляется нередко для подвешивания подвижных шпульт в гальванометрах системы Депре-Д'Арсонваля, и заключена в охранный футляр из латуни с оконцами, прикрытыми пластинками из зеркального стекла. Полюсы магнитного магазина помещались вне этого футляра и часть опытов была произведена, когда стальные полосы магазина были расположены горизонтально, а другая часть произведена при вертикальном положении этих полос.

Опыты показали, что деревянный прутик, если он был выдержан довольно долгое время в магнитном поле большого напряжения, реагирует на освещение так же, как магнит. Так, когда ось его лежала в плоскости магнитного меридиана, то освещение с южной стороны вызывало отклонение северного конца его к востоку, а при освещении по обратному направлению тот же конец отклонялся к западу, как это видно, например, по следующему журналу наблюдения:

- начальное положение равновесия прутика соответствует 334.0 делению шкалы
- при освещении с южной стороны отсчет равен 330.4; отклонение равно  $3'36'' E$ ,

<sup>1</sup>Описываемые здесь опыты были начаты мною весной 1908 г. в физической лаборатории Ново-Александровского Института и здесь же продолжают до сих пор.

Таблица I

Направление освещения	Пальмовый прутик		Латунный прутик		Магнит		Откло- нение
	Отсчет	Откло- нение	Отсчет	Откло- нение	Отсчет при горящей лампе	Отсчет при него- рящей лампе	
c W	384.9	6'24" W	388.2	2'36" W	460.4	460.7	0'48" E
c NW	379.9	1'24" W	385.7	0'6" W	458.0	457.1	0'54" W
c N	395.2	17'42" W	399.7	14'6" W	446.6	444.3	2'18" W
c NE	400.4	21'54" W	400.3	14'42" W	437.8	436.7	1'6" W
c E	378.7	0'12" W	388.6	3'0" W	444.8	444.9	0'6" E
c SE	379.0	0'0" W	388.1	2'30" W	456.2	456.8	0'36" E
c S	397.6	19'6" W	394.8	9'12" W	460.6	461.9	1'18" E
c SW	392.5	14'0" W	393.5	7'54" W	459.9	460.4	0'30" E
Освещение рассеянным светом после удаления лампы	378.5		385.6				

- при освещении по обратному направлению отсчет равен 338.8; отклонение равно 4'48" W.

При этом не было замечено, чтобы направление магнитного поля оказывало какое-нибудь влияние на направление отклонений. Не замечено было влияния также и со стороны напряжения поля. Но влияние последнего на величину отклонений проявлялось в явственной форме: отклонения делались больше, когда возрастало напряжение поля.

Так как проверочные повторные опыты с деревянным стерженьком мне не дали исключений, то я предпринял после того в том же направлении еще опыты со стерженьком из мягкого железа, стремясь выяснить его отношение к освещению сначала в отсутствии магнитного поля, а потом тогда, когда он пронизывался пучком магнитных линий. К сожалению, задуманный мною ряд опытов и измерений не мог быть доведен в Одессе до конца, так как наступившая в самый главный момент их магнитная буря произвела столь сильную путаницу в отклонениях, что какой-либо вывод из них сделался невозможными. Лишь в другом отношении оказались интересными эти опыты. Измерения, какие пришлось сделать во время магнитной бури, показали, что, несмотря на очень большое напряжение магнитного поля, которое возбуждали вокруг железного стерженька катушки, обегавшиеся током, под влиянием бури стерженек испытывал совершенно такую же вариацию, как магнит в другом вариометре: в одно и то же время оба прибора дали максимум западной деклинации, в одно и то же время дали и минимум ее. Этого факта нельзя не сопоставить с тем, что будет говориться в следующей главе.

Ввиду того, что опыты с железным стерженьком оказались не законченными, в последнее время я вновь подвергнул изучению этот вопрос, тем более что знание отношения немагнитного тела к освещению, когда оно пронизывается пучком магнитных линий, представляется интересным также в других отношениях. Это дало мне вместе с тем удобный случай немного расширить круг исследования, включив в него, как отдельный

фактор, поляризацию лучей, употребляемых для освещения, и сделав объектом для исследования не только деревянный стерженек, но и стерженьки из латуни, алюминия и железа.

Насколько удалось выяснить явление до сих пор, оно оказывается по-видимому гораздо сложнее, чем о том было можно думать на основании одесских опытов. Но обусловлена ли эта сложность новизною метода, каким я пользуюсь теперь для возбуждения искусственного магнитного поля и освещения исследуемых предметов, или она зависит от того, что в качестве источника света мною употребляется вольтова дуга, или еще от каких-нибудь других причин, — сказать трудно. Одно лишь несомненно, что на ход явления независимо от условий опыта оказывает влияние какой-то внешний фактор, который иногда маскирует явление и вносит в него черты, совершенно изменяющие характер его. В чем заключается сущность воздействия этого рода на явление, — выяснить пока не удалось. Но дело происходит так, как будто бы поле земли полярно еще в другом направлении, кроме направления магнитной силы, и эта полярность подвержена иногда значительным по величине и быстрым изменениям. Когда влияние указываемого фактора устранено или становится незначительным, то отношение немагнитного тела к освещению, а также железа или стали, делается весьма простым и может быть сформулировано следующим образом: немагнитный стержень, а также стержень железный или стальной, пока они не намагничены, при освещении повертываются так, что наблюдателю, смотрящему на них сверху, движение кажется происходящим против часовой стрелки; если же освещаются магнит или тело, хотя и немагнитное, но пронизанное довольно плотным пучком магнитных линий, то освещение с той стороны, куда обращена часть поверхности тела, через которую в него входят магнитные линии, заставляет их совершать поворот по часовой стрелке, а освещение с той стороны, куда магнитные линии идут по выходу из тела, производит поворот против часовой стрелки. При этом оказывается, что поляризация лучей, употребляемых для освещения, на ход явления не оказывает никако-

го влияния, но напряжение магнитного поля влияет весьма сильно в смысле увеличения отклонений, когда возрастает величина самого напряжения.

Таким образом на основании всего вышесказанного приходится заключить, что некоторый внутренний процесс, происходящий в теле при его намагничивании, играет немаловажную роль в определении того направления, какое получает явление в присутствии магнитного поля. К совершенно такому же выводу привели меня опыты и второй из указанных выше двух групп. Эти опыты показали, что прямоугольная рамочка из медных нитей всегда получала вращение по часовой стрелке, с какой бы стороны, сколько бы времени и какой яркости светом она бы ни освещалась, если только магнитные полосы магазина были расположены вертикально. Но когда эти полосы располагались горизонтально и освещались ярким светом вольтовой дуги, то под влиянием такого освещения во вращении рамочки наступала быстро инверсия: по часовой стрелке рамочка успевала повернуться не более, как на  $7'36''$ , как уже начинала испытывать стремление вращаться по обратному направлению, которое спустя 5—7 минут после остановки движения в первом направлении заставляло ее повертываться в сторону против стрелки часов на угол в  $33' - 40'$ . После прекращения освещения вращение рамочки обыкновенно продолжается еще некоторое время и только потом начинается весьма медленный обратный ход ее к начальному положению равновесия. Этот возврат в моих опытах требовал для себя приблизительно около двух часов времени. Но здесь снова необходимо отметить, что явление может оказаться под сильным воздействием внешнего фактора. Поэтому всегда необходимо иметь в виду это стороннее влияние, которое нередко совершенно видоизменяет характер явления и потому может повести к неверным выводам. Единственное средство устранить это влияние из измерений — это учет его величины. Поэтому необходимо употреблять в исследованиях подобного рода два прибора совершенно одинаковой формы и размеров, из которых один должен выполнять назначение быть указателем устойчивости внешних, не зависящих от условий опыта, воздействий и определителем величины их за время производства того или иного опыта с помощью его двойника. Только этим путем мне удалось разобраться в той путанице, какую давали мне опыты, пока внешнее влияние на ход явления не подвергалось параллельному изучению и учету. Но с тех пор, как я стал употреблять при опытах парные приборы, ни разу не пришлось встречаться с затруднениями при выяснении закономерностей в явлении, происходившем при тех или иных условиях эксперимента. До какой степени это затруднение может быть большим, если не принимать указанной предосторожности, об этом можно составить суждение на основании тех фактических данных, которым я посвящаю строки следующей главы.

## VII. ДЕВИАЦИЯ НЕМАГНИТНОГО ТЕЛА, НАХОДЯЩЕГОСЯ В СИЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

В опубликованной мною в 1906 г. вышеупомянутой статье заключаются между прочим подробные наблюдения по индикатору радиации за время с 1 июля 1900 г. по 1 января 1903 г. Из этих наблюдений явствовало, что кружок индикатора никогда не остается в покое, а совершает правильные колебания с суточным и годовым периодами и кроме того время от времени испытывает колебания непериодического характера. Из всех колебаний наиболеею правильностью отличаются колебания суточные. Следя за изменениями в составе и яркости дневного света, кружок все более и более поворачивается в сторону против часовой стрелки, достигает максимума отклонения около 1—2 часов дня, затем начинает возвращаться обратно, сначала довольно быстро, но потом все медленнее и медленнее, изменяясь глубокою ночью в пределах  $30'' - 60''$  и достигая минимума перед восходом солнца. Такой характер имеют суточные колебания независимо от времен года.

Что касается колебаний непериодического характера, то ни время их наступления, ни ход их не подчиняются никаким правильностям. Явление наступает внезапно, протекает очень бурно и длится обыкновенно недолго. В большинстве случаев такого рода “буря” продолжается несколько часов, хотя бывают и такие случаи, что явление длится свыше суток.

Если сопоставить с этими колебаниями подвижной системы индикатора те колебания, какие совершает магнитная стрелка в течение суток, или те колебания, которые характеризуют поведение ее во время магнитных бурь, то нельзя не заметить между ними много общего. Так, например, в своих суточных колебаниях магнитная стрелка также стремится повернуться своим северным концом к западу и получает наибольшее отклонение в этом направлении около 1—2 часов дня, а с этого времени начинается движение ее в обратном направлении, которое идет сначала быстро, но потом замедляется и в ночные часы суток изменяется в пределах небольшого числа секунд. Только момент утреннего минимума у магнитной стрелки иной, так как в фазе восточной вариации стрелка останавливается обыкновенно около 8 часов утра.

Сравнивая далее моменты наступления бурь по индикатору и их течение с моментами и течением магнитных бурь, как они наблюдались в Павловской Обсерватории, я нашел и здесь весьма много общего, так что это наводило меня на мысль, что некоторая часть магнитных вариаций должна рассматриваться не как следствие действительного варьирования величины и направления магнитной силы земли, а как результаты действия той причины, которая и в индикаторе радиации заставляет колебаться его подвижную систему. Сделав в этом направлении ряд наблюдений во время работ в Одесской Обсерватории, я пришел к выводу, что такая точка зрения, по-видимому, вполне

правильна. Вариометр с латунным или деревянным стерженьком отчетливо показывал вариации, но особенности суточного хода их были иные, чем у магнитной стрелки. Так, максимум западной вариации наблюдался обыкновенно около 7—8 часов вечера, а максимум отклонения к востоку — около 3—4 час. утра. В те дни, в которые я производил наблюдения над такими вариациями, амплитуда их достигала 2'48".

Считаю однако же необходимым оговориться здесь, что наблюдений, произведенных мною в этом направлении, пока еще недостаточно, чтобы можно было делать из них какой-либо вывод. С целью собрать необходимый материал я организовал теперь в Новой Александрии продолжительный ряд наблюдений, подобных одесским, воспользовавшись для этого одним из глубоких подвалов Института, находящимся на глубине свыше 14 метров под землей и имеющим почти совершенно неизменяющуюся температуру в течение всего года.

Отмеченное выше сходство между вариациями магнитной стрелки и девиацией немагнитного тела заставляло меня задумываться над тем, нельзя ли каким-либо способом достигнуть того, чтобы девиация немагнитного тела сделалась еще более похожей на магнитные вариации. Ища ответа на этот вопрос, я решил прежде всего проследить влияние на это явление со стороны магнита. Я исходил здесь из того соображения, что немагнитное тело и магнит оказываются в неодинаковых физических условиях, когда совершают свои колебания, потому что тело магнита бывает пронизано довольно плотным пучком магнитных линий, а в немагнитном теле число последних незначительно. Мне казалось поэтому интересным выяснить, видоизменится ли характер колебаний немагнитного тела, если пронизать его пучком магнитных линий приблизительно такой же плотности, как в стальном магните вариометров.

С этой целью мною был предпринят ряд наблюдений, которые за последнее время ведутся без всякого перерыва в продолжение уже 8-ми месяцев. Материал, полученный отсюда, показывает, что магнитное поле действительно сообщает индикатору весьма любопытные и своеобразные свойства. Во-первых, в отношении суточного хода девиации оказывается, что он делается при этих условиях почти совершенно тождественным с суточными изменениями деклинации, так как, сохраняя максимум своего отклонения к западу около 1—2 часа дня, немагнитное тело теперь продолжает еще отклоняться к востоку после восхода солнца и останавливается в этом движении около 8—9 часов утра. Во вторых, магнитное поле сделало неперіодические колебания индикатора периодическими с явственно выраженным периодом в 23—25 дней. В третьих, магнитное поле сообщило индикатору столь большую чувствительность к совершающимся в атмосфере переменам состояния ее, что обыкновенно за 1—2 дня, а иногда и более, резким ходом девиации индикатор предупреждает об изменениях погоды и главным образом об изменениях температуры и влажности атмосферного

воздуха. Наконец, в четвертых, магнитное поле, сообщив индикатору способность отзываться девиацией своей подвижной системы на внешние условия, сделало и самые размеры девиации весьма большими, почему явление, аналогичное магнитным бурям, стало теперь выступать еще яснее.

Ввиду совершенно особенного интереса, какой имеют производящиеся мною теперь наблюдения по индикатору с магнитным полем и те результаты, какие из них уже получены, я намерен сделать их предметом моего второго сообщения. Но чтобы и здесь дать наглядный пример того, какое огромное влияние на девиацию немагнитного тела производит помещение его в сильное магнитное поле, я укажу на следующие наблюдения. С самого начала мая текущего (1908) года индикатор с магнитным полем обнаружил непрерывно возрастающую девиацию в западном направлении, сопровождавшуюся дневными колебаниями с весьма большой амплитудой. Так,

9 мая (ст. ст.) колебание произошло с амплитудой 26'36"

10 мая (ст. ст.) — с амплитудой 35'28"

11 мая (ст. ст.) — с амплитудой 1°2'19"

15 мая (ст. ст.) — с амплитудой 1°38'30"

О ходе явления в последний из указываемых дней можно составить представление по следующему журналу наблюдений, в котором одному делению отсчетной шкалы соответствует поворот подвижной системы индикатора на угол в 2'32".

Время отсчета	Отсчет	Время отсчета	Отсчет	Время отсчета	Отсчет
7:00	52.1	12:00	79.7	15:30	73.7
10:00	54.0	12:30	80.4	16:00	71.6
10:40	59.5	13:00	83.0	16:30	69.6
11:00	64.9	13:30	84.4	17:00	68.7
11:15	70.0	13:40	83.2	17:35	67.7
11:30	73.0	14:00	81.0	18:00	67.5
11:45	72.8	14:50	76.3	21:00	67.3

Указанным колебаниям отвечал период жаркой и сухой погоды, которая в середине мая наступила на западе России. Как на примере девиации обратного направления, которая шла впереди сильного понижения температуры, я укажу здесь на наблюдения за время с 15 сентября по 20 октября ст. стилия. К концу этого периода девиация достигла необыкновенно большой величины, а именно 3°15'50", если вычислять ее по средним суточным величинам. Действительная же величина девиации была гораздо больше, она была лишь немного меньше 4°. Какого рода холода были во всей Европе в начале октября, — это еще памятно всем.

Наконец, укажу еще третий пример. За время со 2-го по 4 число декабря месяца ст. стилия прошедшего (1907) года мною наблюдалась девиация в 2°55'18". Всем известно, период каких жестоких морозов был повсеместно в Европе и особенно в России около середины этого месяца и в конце его.

Таким образом несомненно, что магнитное поле глубоко видоизменяет характер как суточных, так и всяких других колебаний, какие совершает немагнитное тело. После того, что говорилось в предыдущей главе об отношении немагнитного тела к освещению, когда оно находится в сильном магнитном поле, а также о влиянии освещения на самый магнитный магазин и свойство его вызывать при этом девиацию немагнитного тела, находящегося между его полюсами, это и не удивительно. Прозрачность атмосферы есть переменный фактор, от которого находится в зависимости состав дневного света. Дневное освещение магнитного магазина в индикаторе радиации оказывается поэтому неодинаковым в разные дни, а потому и девиация, показываемая им, должна быть также неодинакова. Быть может, также подвержен некоторым изменениям состав и самых излучений солнца, в пользу чего говорит между прочим периодичность в девиации с периодом весьма близким ко времени обращения солнца вокруг его оси. Кроме того ряд некоторых специальных опытов, произведенных мною с солнечным светом, прямо указывает, что описанное здесь явление находится в теснейшей связи со свойствами солнечного света. Вследствие всего этого явление может быть рассматриваемо, как новое доказательство того, что поток лучистой энергии возбуждает в среде такие силы, которые способны сообщить весомой материи весьма заметные движения.

#### VIII. ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ, НЕОБХОДИМЫЕ ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ С ПОМОЩЬЮ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Все изложенное в настоящем сообщении, — полагаю, — должно рассеять туман предубеждения, будто в световом поле не может быть иных пондеромоторных сил, кроме светового давления, и, убедив физиков в том, что такие силы существуют, а также выяснив некоторые своеобразные стороны действия этих сил, побудить их к детальному изучению столь интересного явления. Нельзя позабывать, что роль, которую выполняет в жизни природы лучистая энергия, необъятно велика, и каждая черта, каждый отдельный штрих ее связан с бесконечною цепью явлений. Наша земля, плавающая в бесконечном океане лучистой энергии, вследствие этого постоянно и с роковою необходимостью должна быть носительницей этих проявлений энергии и нас ничуть не должно изумлять, что некоторый ряд явлений, который нам приходится наблюдать на земле, является лишь отдаленным отголоском того, что на самом деле происходит на солнце. Таковы, например, магнитные бури и некоторые магнитные вариации. Связь этих явлений с пятнами на солнце и периодическим изменением их числа уже давно составляет в науке прочно установленный факт. И теперь, когда известно, что световое поле есть вместе с тем и поле некоторых пондеромоторных сил, становится вполне понятно, каким образом может устанавливаться подобного рода связь. Кроме этого становится понятным и многое другое, что

констатировано точными магнитными наблюдениями. Я вновь повторяю, что наблюдения по индикатору радиации, как с магнитным полем, так и без него должны обязательно входить в круг деятельности метеорологических и магнитных Обсерваторий, так как они обещают принести большую пользу науке. Быть может, этим же наблюдениям суждено установить наконец и те научные принципы, которыми следует руководиться при решении такого важного в практической жизни вопроса, как прогноз погоды. После того, что дали и дают мне наблюдения по индикатору радиации с магнитным полем, подобного рода надежда не является необоснованной, и я позволяю себе выразить уверенность, что таково же будет мнение непредубежденного читателя, когда он познакомится с ними. Все необходимые для того доказательства я постараюсь представить в следующем за сим втором сообщении.

В заключение считаю полезным коснуться здесь еще следующего предмета. В опубликованной мною в 1906 г. работе я писал между прочим: “составляющая несомненный факт отзывчивость листка чувствительного электрометра на условия освещения прибора обязывает экспериментатора не только не пренебрегать влиянием этого фактора на результаты измерений, но во избежание этого влияния даже прибегать к особому роду экспериментирования”. В этих строках я подразумевал некоторые появившиеся тогда исследования из области явлений радиоактивности. Сообщенные здесь факты, как нельзя лучше, подтверждают справедливость этих слов. Всякий измерительный инструмент вроде чувствительных электрометра или гальванометра в сущности есть индикатор радиации, и потому он не может не испытывать на себе пондеромоторного действия лучистой энергии. Если бы даже подвижная система таких инструментов была защищена каким-либо способом от непосредственного действия на них лучей, то и тогда пондеромоторное действие светового поля все-таки должно было бы проявляться. Поэтому вполне очевидно, что операции с этими приборами в присутствии источников света требуют особой осторожности и осмотрительности, чтобы избежать введения в измерения систематической погрешности, зависящей от влияния на прибор условий его освещения.

С другой стороны, невозможно защитить прибор от пондеромоторных действий дневного света и это обстоятельство налагает на экспериментатора обязанность быть не менее осмотрительным при операциях с чувствительными инструментами также и в дневное время. Так, напр., в период описанных выше опытов с болометром действие дневного света на шпунлю чувствительного гальванометра иногда было настолько велико, что лишало меня возможности получить из опыта цифры, надежность которых не возбуждала бы подозрений.

Сказанное здесь относительно чувствительных инструментов, само собой понятно, целиком распространяется и на другие физические установки, где оценка величины того или иного фактора производится

посредством весьма малой направляющей силы унифилярного или бифилярного подвеса. При этом очевидно, что чем чувствительнее будет подвес, тем и отзывчивость его на освещение будет больше.

Чтобы убедиться в том, какое значение может иметь указываемый здесь фактор, полезно вспомнить о тех огромных колебаниях, которые в течение дня могут совершать даже очень тяжелые шпули гальванометров, чему были представлены примеры в предыдущей главе. Представим себе теперь, что при наличии такой отклоняющей силы гальванометр служит для каких-либо точных измерений весьма малых величин. Очевидно, что если бы не знать того, что в световом поле при некоторых условиях развиваются пондеромоторные силы весьма заметной величины, то можно было бы целиком приписать наблюдаемые отклонения действию токов, которые обтекают обмотку шпули гальванометра. Точно так же, если бы под влиянием света бисквит электрометра начал совершать какие-либо колебания, то можно было бы начать искать причину их в какой-нибудь электризации частей прибора. Словом, пренебрежение пондеромоторным действием излучений может послужить источником коренных ошибок в заключениях и привести к неправильным выводам.

21 Декабря 1908 г.