
ДВАДЦАТЬ ШЕСТАЯ СЕРИЯ¹

Раздел 32. Способность проводить магнетизм. Глава I. Магнитная проводимость. Глава II. Полярность проводимости. Глава III. Магнеткристаллическая проводимость.

Раздел 33. Атмосферный магнетизм. Глава I. Общие принципы.

Поступило 9 октября.² Доложено 28 ноября 1850 г.

РАЗДЕЛ 32

Способность проводить магнетизм

ГЛАВА I

Магнитная проводимость

2797. В предыдущих сериях настоящих исследований (2757 и след.) были изложены достопримечательные результаты, касающиеся сильного стремления некоторых газообразных веществ двигаться по направлению к центральной линии магнитной силы или же отходить от нее в соответствии с их отношением к другим одновременно присутствующим веществам; при этом, однако, не наблюдалось никакого сгущения или расширения этих тел (2756), чего можно было бы ожидать в результате действия столь большой силы притяжения или отталкивания, каковая, казалось бы, необходима для того, чтобы породить указанную склонность и стремление занимать определенное место. Все это привело меня после известного

¹ Philosophical Transactions, 1851, стр. 29.

² Запово просмотрено автором и возвращено им 12 ноября 1850 г.

размышления к мысли, что если тела обладают в различной степени *способностью проводить* магнетизм, то этим различием и можно объяснить все упомянутые выше явления; и далее, что если как следует рассмотреть эту мысль, она может содействовать выяснению природы магнитной силы. Я позволю себе поэтому пока смело думать и говорить на эту тему, имея намерение и других вовлечь в обсуждение этого вопроса, хотя, поступая так, я рискую впасть в ошибку из-за несовершенства опытов и заключений. Но я выдвигаю это положение пока еще только как гипотезу и пользуюсь термином *способность проводить*, чтобы как-нибудь назвать присущую, быть может, телам способность осуществлять передачу магнитной силы; при этом я не строю никаких предположений о том, каким именно образом осуществляется процесс передачи. В таком ограниченном смысле указанный термин может оказаться весьма полезным, так как он позволит нам на некоторое время охватить с некоторой связью, лишенной противоречий и общей точки зрения большой класс явлений. Он может служить для наших представлений некоторой вехой, не вовлекая нас непременно в какую-либо ошибку, ибо, каковы бы ни были основания и условие проводимости, связанные с нею явления должны находиться в полном взаимном согласии.

2798. Когда магнитное поле занято средой, обладающей известной способностью проводить, и затем в этом поле помещено некоторое количество другой среды или вещества, обладающего этой способностью в большей мере, то последнее устремляется к месту наибольшей силы, вытесняя первую. Так во всяком случае обстоит дело с теми телами, которые являются определенно магнитными, как железо, никель, кобальт и их соединения (2357, 2363, 2367 и т. д.), и этот результат аналогичен явлениям, вызываемым электрической индукцией. Если в поле внести некоторое количество вещества с еще большей проводящей способностью, то оно приблизится к аксиальной линии и вытеснит тело, которое перед этим туда пришло. Таким образом будет казаться, что благодаря рав-

ностному действию такого вида (2367, 2414) тело, обладающее известной степенью проводящей способности, в среде с меньшей способностью кажется нам притягивающимся, а в среде с большей способностью — отталкивающимся.

2799. Определяя таким образом место, какое займет данное вещество, указывая, например, что кислород расположится на аксиальной линии, находясь в азоте, или что азот расположится на некотором расстоянии от этой линии, находясь в кислороде, я согласовываю представление о проводимости и с тем фактом, что когда магнитное поле бывает занято единым газом, то в нем не возникает никаких потоков (2754), так как в этом случае каждая частица может проводить столь же хорошо, как и любая другая, и потому сохраняет свое место; полагаю также, что она согласуется и с неизменяемостью объема (2750).

2800. Что касается последнего вопроса, то нам следует принять в соображение, что сила, побуждающая такое тело, как кислород, двигаться по направлению к середине поля, не является центральной силой, подобной тяготению или взаимному притяжению ряда частиц; это — аксиальная сила, которая, будучи весьма неодинаковой по своему характеру, по направлению оси и по направлению радиусов, может и должна проявлять свое действие совершенно иначе, чем чисто центральная сила. Что подобные различия существуют, это явствует из действия прозрачных тел на луч света, когда эти тела находятся в магнитном поле, а также из обычного действия магнитных тел. Этим, вероятно, объясняется то обстоятельство, что когда кислород увлекается в середину поля в результате своей проводящей способности, то его частицы все же не прижимаются друг к другу (2721), если бы даже сила при других обстоятельствах была способна вызвать это действие (2766).

2801. Таким образом, когда две отдельные массы кислорода или азота находятся в магнитном поле, то одна из них перемещается внутрь, а другая наружу без какого-либо сжатия

или расширения их относительно объемов, и результат является разностным, ибо эти два тела находятся в известном отношении друг к другу и в известной зависимости друг от друга в результате того, что они одновременно связаны с линиями магнитной силы, которые проходят через оба эти тела или же через эти тела и через среду, в которую они вместе погружены.

2802. По поводу передачи магнитной силы я уже сказал (2787), что пустое пространство, или вакуум, допускает эту передачу независимо от того, чтобы ему была присвоена какая-либо функция, тождественная по своей природе проводящей способности материи; эта передача происходит скорее способом, подобным тому, каким через пустое пространство проходят линии силы тяготения или линии статической электрической силы. В таком случае те тела, которые, подобно кислороду, в большей или меньшей степени облегчают передачу этой силы, совместно образуют класс магнитных или парамагнитных веществ (2790), а те тела, которые, подобно маслородному газу или фосфору, в большей или меньшей степени затрудняют эту передачу, могут быть объединены в класс диамагнитных веществ. Быть может, будет неправильно выражать оба эти качества термином *проводимость*; но при нынешнем состоянии этого вопроса и со сделанной выше оговоркой (2797) этот термин, думаю, можно с удобством применять, не создавая этим какой-либо путаницы.

2803. Если таково правильное общее представление о природе парамагнитных и диамагнитных веществ и о различиях между ними, то внутренние процессы, с помощью которых они выполняют свои функции, едва ли являются тождественными, хотя они и могут быть схожими. Так, возможно, что у них имеются круговые токи, текущие в противоположных направлениях; напротив, едва ли можно допустить, чтобы их отличие объяснялось только различием силы токов, а последние протекали в одном и том же направлении. Если последняя точка зрения правильна, то, правда, результаты, получающиеся

в том случае, когда два тела находятся в магнитном поле, можно рассматривать как разностные (2770, 2768), даже в том случае, когда одно из них является общей средой, но наличие в веществе проводящей способности *заставляет* тело, даже, когда оно одно находится в (пустом) пространстве подчиняться магнитной силе. В результате, когда парамагнитное вещество находится в магнитном поле неодинаковой силы, оно стремится перейти из более слабых мест действия в более сильные, т. е. оно *притягивается*. Когда в таких же условиях находится диамагнитное тело, то оно стремится перейти из более сильных мест действия в более слабые, т. е. оно *отталкивается* (2756).

2804. Когда рассматривают силы, присущие веществу, то количество вещества можно брать либо по весу, либо по объему. В рассматриваемом здесь случае, когда явления находятся в непосредственной связи с пустым пространством (2787, 2802), представляется правильным принять за основу объем и при сравнении одного вещества с другим пользоваться для получения точных результатов равными объемами. При разностной системе наблюдения (2772, 2780) нельзя пользоваться никаким другим методом.

2805. Можно с полным основанием ожидать, помимо изменения положения, других экспериментальных доказательств существования этой проводящей способности, различием которой я пытаюсь объяснить особые свойства парамагнитных и диамагнитных тел. Подобные доказательства существуют; но так как некоторые соображения, связанные с полярностью, не дают мне возможности слишком свободно ссылаться в качестве пояснительных примеров на железо, кобальт или никель (2832) и так как в остальных телах, которые являются парамагнитными, равно как в телах, которые являются диамагнитными, эти явления оказываются очень слабыми, то их легче будет понять в дальнейшем после некоторого общего рассмотрения этого вопроса (2843).

2806. Я попытаюсь теперь рассмотреть, какое влияние оказывают парамагнитные и диамагнитные тела, если их рассматривать как проводники (2797), на силовые линии в магнитном поле. Таким полем можно считать любую часть пространства, через которую проходят линии магнитной силы, и нет, вероятно, пространства, в котором бы их не было. Свойства поля могут изменяться от места к месту по интенсивности силы как вдоль линий, так и поперек последних; но для настоящего исследования будет лучше предположить поле равной повсюду силы, и я раньше описал, каким образом его можно создать в известном ограниченном объеме (2465). В таком поле сила не изменяется ни вдоль, ни поперек линий, но различие направления остается здесь столь же большим и важным, как всегда, что было уже отмечено и выражено терминами «аксиальное» и «экваториальное», в соответствии с тем, как оно направлено относительно магнитной силы: параллельно ей или поперек ее.

2807. Если в такое магнитное поле, которое, как мы предположим, до этого было свободно от вещества, ввести парамагнитный проводник, например шар кислорода, то это вызовет сгущение силовых линий на нем и через него, так что занимаемое им пространство станет пропускать больше магнитной силы, чем раньше (рис. 197). Если же, с другой стороны, в подобном поле поместить шар из диамагнитного вещества, то он вызовет расхождение или раскрытие линий в экваториальном направлении (рис. 198) и через занимаемое им пространство будет проходить меньше магнитной силы, чем если бы его не было.

2808. Таким образом мы находим, что упомянутые два тела влияют, во-первых, на направление силовых линий не только внутри занимаемого ими объема, но и в прилегающем к нему пространстве, через которое следуют линии, прошедшие через тело, и это изменение хода линий происходит в указанных двух случаях в противоположном направлении.

2809. Во-вторых, они влияют на величину силы в каждой отдельной части пространства внутри тела и вблизи от него.

В самом деле, в каждом сечении поперек линии такого магнитного поля сила должна иметь определенную величину, и каждое сечение должно быть в этом отношении тождественно с каждым другим сечением; а потому, если произвести сгущение (силовых линий) внутри кислородного шара (рис. 197), это невозможно сделать без того, чтобы одновременно не произвести сгущение в участках пространства, расположенных аксиально вне шара, каковы *aa* и соответствующее уменьшение в экваториально расположенных участках *bb*. С другой сто-

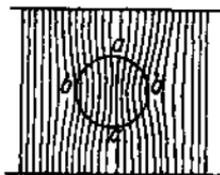


Рис. 197.

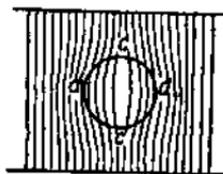


Рис. 198.

роны, диамагнитное тело (рис. 198) вызывает уменьшение магнитной силы в тех частях пространства, которые расположены по отношению к нему аксиально, каковы *cc* и сгущение в близких к нему экваториальных участках, каковы *dd*. Если представить себе, что магнитное поле ограничено в своем протяжении железными стенками, образующими поверхности противостоящих полюсов (2465), то присутствие парамагнитных и диамагнитных тел повлияет даже на распределение магнетизма в самом железе, и, конечно, это влияние будет весьма сильным, если из тел парамагнитного класса выбрать такие тела, как железо, никель или кобальт.

2810. О влиянии этого возмущения сил на место и на положение как парамагнитного, так и диамагнитного тела, помещенного в магнитном поле, можно легко заключить путем рассуждения, и его нетрудно выявить на опыте. Железный шарик, помещенный в поле равной магнитной силы, ограниченном железными полюсами, пребывает в положении неустой-

чивого равновесия, когда находится на равном расстоянии от обоих полюсов, и в это время происходит большое сгущение силы в нем, а также на противолежащих ему поверхностях и в промежуточных аксиальных участках пространства. Когда шарик находится по ту или другую сторону от среднего расстояния, то он летит к ближайшей поверхности железа, и тогда он может придать наибольшую величину магнитной силы проходящим через него аксиальным линиям или сосредоточить ее на последних.

2811. Если железо представляет собою сфероид, то наибольший его диаметр располагается аксиально — все равно, как расположено железо: находится ли оно в положении неустойчивого равновесия, или же оно приходится ближе к железным стенкам поля, или в соприкосновении с ними. Так как в данном случае обстоятельства более благоприятны, чем это было раньше, для сгущения силы по аксиальной линии, проходящей через тело, то этот опыт можно произвести с гораздо более слабым парамагнитным телом, чем железо, и я не сомневаюсь в том, что его можно легко произвести, если взять сосуд, содержащий в себе кислород или окись азота (2782, 2792). В таком виде, хотя он и не наилучший, мы можем воспользоваться этим опытом, чтобы с наибольшей чувствительностью испытывать магнитные свойства тел.

2812. Относительно малая величина силы в диамагнитных телах несколько затрудняет воспроизведение явлений, обратных тем, какие получаются с железом. Поэтому, для улучшения условий опыта я воспользовался насыщенным раствором протосульфата железа, помещенным в магнитном поле. Таким способом я усилил проходящие через него силовые линии, не нарушая их равномерности в использованных частях поля, т. е. не вводя какой-либо погрешности в принципиальную сторону опыта, и затем в качестве диамагнитного тела взял висмут. Цилиндр этого вещества, подвешенный вертикально, определенно устремился к среднему расстоянию и нашел свое положение устойчивого равновесия в том самом месте, где пара-

магнитное тело находилось в неустойчивом равновесии. Когда цилиндр был подвешен горизонтально, то он располагался в экваториальном направлении. Это явление оказалось точно так же очень ясным и отчетливым.

2813. Эти относительные и взаимнопротивоположные положения парамагнитных и диамагнитных тел в поле равной магнитной силы находятся в хорошем согласии с известными их взаимоотношениями и с изложенным выше в принципе родом действия (2807), равно как с тем родом действия, которое они оказывают на магнитную силу, влиянию которой их подвергают. Эти положения можно запомнить, если сообразить, что, если на месте действия находится жидкий шар из парамагнитного проводника и затем возбуждена магнитная сила, то шар изменит свою форму и растянется по аксиальному направлению, превратившись в удлинненный сфероид; а если в этом месте находится такой же шар из диамагнитного вещества, то он растянется в экваториальном направлении и превратится в сплюснутый сфероид.

2814. Когда две массы парамагнитного вещества находятся в таком поле равной магнитной силы, взаимодействие этих масс можно предвидеть, исходя из принципов (2807, 2830) или соответствующих фактов, которые являются общеизвестными. Два железных шара, удерживаемые в одной и той же экваториальной плоскости, очень сильно друг друга отталкивают. Но когда им предоставляют возможность выйти из этой плоскости, то они сначала теряют свою силу взаимного отталкивания, а затем друг друга притягивают, причем они делают это с наибольшей силой, когда расположены в аксиальном направлении.

2815. У диамагнитных тел гораздо труднее выявить их взаимодействие, так как это свойство выражено у них сравнительно слабо. Поэтому я прибегнул к описанному ранее средству и взял насыщенный раствор протосульфата железа в качестве среды, заполняющей поле равной магнитной силы, а в качестве диамагнитных тел — два цилиндра из фосфора

длиною около дюйма при диаметре в полдюйма. Один из них был подвешен на конце коромысла, которое в свою очередь было подвешено на коконовой нити, так что он мог двигаться чрезвычайно свободно, и установка была такова, что когда фосфорный цилиндр находился посередине магнитного поля, то он имел возможность двигаться экваториально, т. е. поперек магнитных силовых линий. Однако он под влиянием магнитной силы не проявлял стремления двигаться указанным образом. Другой цилиндр был прикреплен к ручке из медной проволоки и его можно было установить по любую сторону от первого цилиндра. Он был установлен вплотную возле первого цилиндра, а затем оба цилиндра удерживались неподвижно, пока не прекратилось всякое возмущение, которое могло вызваться движением жидкости или воздуха. После этого придерживающее тело удалялось, а оба фосфорных цилиндра продолжали оставаться на своих местах. Наконец, была введена в действие магнитная сила, и тотчас же подвижной цилиндр медленно отделился от неподвижного и отошел от него на некоторое расстояние. Когда я отводил его обратно при продолжающемся действии магнита, он при освобождении отходил; но если я возвращал его в положение тесного соседства в то время, когда магнитная сила отсутствовала, то он сохранял это положение. Указанное действие имело место или в одном, или в другом направлении в соответствии с тем, по какую сторону от подающего находился неподвижный цилиндр, но в обоих случаях движение происходило поперек магнитных силовых линий и, конечно, было механически и умышленно ограничено этим направлением самым способом подвеса. Когда два висмутовых шарика были помещены друг за другом по направлению магнитной оси таким образом, что один из них имел возможность двигаться, но только по направлению этой оси, то его положение не испытывало на себе заметного влияния со стороны другого шарика. Стремление свободного шарика двигаться к середине поля (2812) брало верх над всяким другим стремлением, какое фактически могло иметь место.

2816. Таким образом, два диамагнитных тела, находясь в магнитном поле, определенно действуют друг на друга, но результат этого действия не противоположен по своему направлению результату взаимодействия парамагнитных тел, так как в обоих случаях он сводится к тому, что тела отходят друг от друга.

2817. Сравнение взаимодействия пара- и диамагнитных тел было дополнено тем, что в качестве среды в поле равной магнитной силы я взял воду и в ней на крутильных весах подвесил кусок фосфора. Когда магнитная сила была включена, то фосфор, как и раньше, отталкивался по экваториальному направлению другим куском фосфора, но притягивался трубкой, наполненной насыщенным раствором протосульфата железа. Таким образом парамагнитные и диамагнитные тела в среде со средними свойствами взаимно притягиваются в экваториальном направлении, но каждое из них отталкивает тело того же вида (2831).

Г Л А В А И

Полярность проводимости

2818. Рассмотрев таким образом вкратце те действия, которые может вызвать возмущение силовых линий вследствие присутствия парамагнитных и диамагнитных тел (2807 и т. д.), я попрошу уделить внимание тому, что можно рассматривать как их полярность; этим термином я хочу обозначить не какое-либо внутреннее состояние вещества или его частиц, но свойство массы как целого; я имею в виду состояние, в какое вещество приходит благодаря возмущению им самим магнитных силовых линий; я учитываю при этом как его свойства по отношению к другим телам, испытывающим на себе такое же влияние, так и различия, существующие в отдельных участках его собственной массы. Свойство, сюда относящееся, можно было бы назвать полярностью проводимости. Тела в пустом пространстве, находясь под действием магнетизма, обладают

ею в простейшем ее виде; но тела, погруженные в другие среды, также обладают ею, но в более сложном виде; может тогда измениться и величина ее: она может перейти в противоположную, либо в очень высокой степени увеличиться или уменьшиться.

2819. Возьмем простейший случай парамагнитной полярности, т. е. тот случай, который представлен на рис. 197 (2807); он состоит в схождении магнитных силовых линий в двух противолежащих участках тела, расположенных один и другой по направлению магнитной оси. Различие в свойствах двух полюсов на этих участках очень велико; это — известное качественное различие в двух противоположных направлениях магнитных силовых линий. Существует ли полярное притяжение или отталкивание у парамагнитных тел, когда они дают только случай проводимости (как например кислород), это еще неизвестно (2827), но, вероятно, оно существует. А если так, то оно, без сомнения, однородно с притяжением и отталкиванием *магнитов*, обладающих соответствующими полюсами.

2820. Когда мы рассматриваем полярность проводимости диамагнитного тела, то дело представляется в совершенно ином виде. Полярность этого тела — не такая, как полярность парамагнитного вещества; она не является и просто противоположной полярности такого вещества (по названию или по направлению силовых линий), как это раньше принимали я, Вебер и другие (2640); это — совершенно особое состояние. Его полярность заключается в расхождении силовых линий в двух противолежащих участках, расположенных друг по отношению к другу по направлению магнитной оси, или в схождении силовых линий вне этих участков. Таким образом, хотя эти полюсы и находятся между собою в *тех же* общих и обратных отношениях, которые соответствуют различиям полюсов парамагнитных тел, тем не менее они разительно отличаются от полярности этих последних тел; этот контраст заключается в схождении силовых линий у одних и расхождении — у других.

2821. Пусть рис. 199 представляет ограниченное магнитное поле с парамагнитным телом P и диамагнитным телом D в нем, и пусть N и S представляют собою две соединенных с магнитом железных стенки (2465), образующих границы поля; тогда мы будем иметь возможность составить себе ясное представление о направлении магнитных силовых линий в поле. Так вот, эти два тела P и D нельзя характеризовать, если только допустить одно, что полярности, которыми они обладают, имеют противоположные направления. Полярность (1) тела P су-

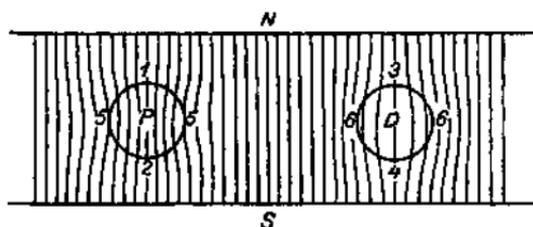


Рис. 199.

щественно отличается от полярности (3) тела D ; но если принять, что полярность, которой обладает D , противоположна полярности P , то в этом случае полярность (1) тела P должна была бы быть подобной полярности (4) тела D , между тем как в действительности она отличается от нее больше, чем от полярности (3) тела D и даже от своей собственной полярности (2).

2822. Таким образом, имеется два существенных различия в природе полярностей, связанных с проводимостью: различие в направлении силовых линий, кончающихся у поверхностей полюсов, если сравнивать их с обращенным в противоположную сторону магнитом, и различие в схождении и расхождении, если производить сравнение с магнитом, не повернутым в противоположную сторону. Поэтому состояние полярности, в котором находится диамагнитное тело, не таково, чтобы его можно было представить, переставив местами оба конца парамагнитного тела, сохраняя при этом его общее магнитное состояние.

2823. Диамагнитные тела в средах более диамагнитных, чем они сами, должны иметь полярное состояние парамагнитных тел (2819); совершенно так же парамагнитные проводники в средах более парамагнитных, чем они сами, должны иметь полярность диамагнитных тел.

2824. Помимо указанных различий для тел, характерно их экваториальное состояние, которое должно быть способно вызывать в этих двух классах проводников соответствующие действия. Вся экваториальная часть тела P (рис. 199) подобна в отношении полярности телу P или силовым линиям в окружающем пространстве, и такое же соответствие имеется между экваториальными участками тела D и им самим, а также окружающим пространством. Но эти участки тел P или D отличаются друг от друга по интенсивности силы, и оба они — от общей интенсивности окружающего пространства. Я полагаю, что подобные экваториальные состояния должны существовать как следствие определенного характера каждого данного сечения магнитного поля (2809).

2825. Хотя и имеются экспериментальные доказательства этих полярностей, но они не очень показательны, т. е. вид, который им можно придать, не будет очень нагляден. Причиной этого является крайняя незначительность участвующих здесь сил по сравнению с теми большими силами, которые обнаруживаются при взаимодействии магнитов. Именно по этой причине потерпели неудачу многократные попытки показать полярность в висмуте, или же другие явления ошибочно принимались за такие, которые с основанием можно отнести к такой причине. Наилучшее и, следовательно, наиболее чувствительное испытание на полярность, каким мы располагаем, заключается в том, чтобы подвергнуть полярное тело линии направления очень мощных магнитных сил, которые вокруг него возбуждаются; вот почему для данной цели всегда предлагается наблюдать, каким образом вещество располагается между полюсами сильного магнита. Было бы тщетно — и в самой крайней степени — ожидать какого-либо

взаимодействия между полюсами двух слабых парамагнитных или диамагнитных проводников во многих случаях, когда действие этих же полюсов прекрасно обнаруживается в их отношении к почти бесконечно более сильным полюсам мощного подковообразного магнита или электромагнита.

2826. Я взял трубку *a* (рис. 200), наполненную насыщенным раствором сульфата кобальта, и подвесил ее между полюсами большого электромагнита; она легко и хорошо устанавливалась в определенном направлении. После этого другую трубку *b*,

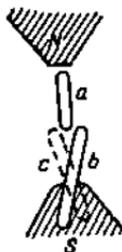


Рис. 200.

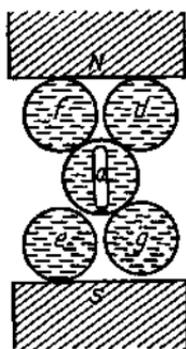


Рис. 201.

наполненную насыщенным раствором сульфата железа, я приложил к полюсу S магнита и поднес, как показано на рис. 26, к трубке с кобальтом; однако при этом нельзя было заметить никакого влияния на положение трубки *a*. Для того, чтобы усилить вдвое возможное действие, я перевел трубку *b* в положение *c*; однако никакого следа взаимодействия между полюсами *a* и *b* не обнаружилось (2819).

2827. Для того, чтобы усилить действие, я подвесил трубку с магнитным раствором в воде, как в хорошей диамагнитной среде, между плоскими полюсами (рис. 201). Она хорошо устанавливалась в определенном направлении. В *d* и *e* я поместил две склянки с насыщенным раствором сульфата железа, но они не изменили положения *a*. Когда я перемещал склянки

в положения f и g , то это не вызывало никакого заметного изменения положения a . Я произвел такой же опыт с воздушной трубкой в воде [при этом она устанавливается аксиально (2406)], но с тем же отрицательным результатом. Я не хочу утверждать, что в приведенных выше случаях не было произведено абсолютно никакого действия (2819), но думаю, что если какое-нибудь действие было, то оно должно было быть неощутимо мало; это показывает, насколько непригодны эти методы по сравнению с теми, какие дает стремление тела установиться в определенном направлении, когда это тело находится под влиянием сильных магнитов. Если с помощью этих методов нельзя установить полярности в столь сильно парамагнитных телах, как насыщенный раствор железа, никеля или кобальта, то едва ли приходится ожидать, чтобы с помощью подобных действий ее можно было обнаружить в гораздо более слабых диамагнитных веществах.

2828. Когда сферический парамагнитный проводник приведен на середину поля равной магнитной силы, то он находится там в положении неустойчивого равновесия, из которого, если его хоть сколько-нибудь сместить, он продолжает двигаться дальше, пока не дойдет до железной пограничной стенки поля (2465, 2810); это является следствием его особых полярных свойств. Если бы шар имел возможность изменить свою форму, то он вытянулся бы по направлению магнитной оси; а если бы он представлял собою твердое тело продолговатой формы, то он стремился бы занять аксиальное направление: то и другое было бы следствием его полярных свойств (2811).

2829. Точно так же в случае диамагнитных тел их особые полярные свойства обнаруживаются в соответствующих фактах, а именно в том, что сферическая масса, находясь посередине магнитного поля (2812), занимает там место устойчивого равновесия, что жидкая масса стремится расширяться в экваториальном направлении и превращается в сплюснутый сфероид (2813) и что продолговатая масса стремится занять

экваториальное направление (2812). В том случае, когда опыты производятся с остроконечными полюсами, действия оказываются гораздо более сильными, но они совершенно те же по своему характеру и зависят от тех же причин и полярных свойств.

2830. Существует другой ряд явлений, которые или являются результатом только что упомянутой аксиальной полярности, или могут быть рассматриваемы как следствия состояния экваториальных участков проводников (2824). Если два железных

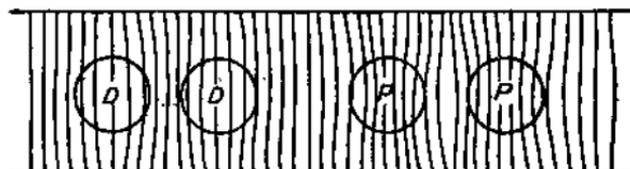


Рис. 202.

шара в поле равной силы удерживать в плоскости, нормальной к силовой линии, т. е. таким образом, чтобы их экваториальные участки были обращены друг к другу, то они отойдут друг от друга со значительной силой (2814), и представляется вероятным, что два бесконечно более слабых тела из парамагнитного класса отошли бы друг от друга таким же образом. Было установлено, что два куска фосфора, являющегося диамагнитным веществом, при тех же обстоятельствах тоже отходят друг от друга (2815).

2831. В данном случае движения оказываются тождественными по роду, хотя и можно было ожидать, что они будут противоположны друг другу. Тем не менее они вполне согласуются. Диамагнитные тела должны расходиться, так как на магнитных силовых линиях между ними поле сильнее, чем на линиях вне их, что можно легко видеть на двух шарах *DD* (рис. 202). Поэтому данное движение находится в полном соответствии с расхождением линий или с экваториальным положением, которое занимают как отдельные куски, так

и вся масса подобных веществ (2829), ввиду их стремления переходить из мест более сильного действия в места более слабого действия. С другой стороны, в случае двух железных шаров *PP* в промежутке между ними находятся более слабые линии силы, чем в стороне от них; и так как им присуще стремление переходить из мест более слабого действия в места более сильного действия, то они точно так же отходят друг от друга, дабы выполнить необходимое условие равновесия сил. Наконец; парамагнитное и диамагнитное тела друг друга притягивают (2817), и они должны это делать, так как диамагнитное тело находит место более слабого действия в направлении к парамагнитному телу, а парамагнитное тело находит место более сильного действия вблизи диамагнитного тела (см. *DP* на рис. 202).

2832. Для пояснения действия парамагнитных проводников я зачастую говорил о железе и рассматривал приобретаемую им полярность как тождественную с полярностью этих проводников; но теперь я должен выявить различие, которое, по-моему, существует между полярностью магнита и той полярностью, которая, как я выразился, вызывается только проводимостью. В случае железа это различие имеет важное значение. Постоянный магнит имеет в самом себе полярность, которой обладают и его частицы, и эта полярность существенно связана с силой, которая присуща самому магниту. Она, равно как вызывающая ее сила, по своей природе такова, что мы не можем себе представить, чтобы пустое пространство, лишенное вещества, обладало той или другой, какую бы форму ни имело это пространство или как бы ни были сильны проходящие через него магнитные силовые линии. Полярность проводника не имеет обязательно тот же характер; она не вызывается определенным расположением причины или источника магнитного действия, который в свою очередь диктует и предопределяет особое направление силовых линий (2807); она — простое следствие сгущения или разрежения этих силовых линий, в зависимости от того, что рассматриваемое вещество оказы-

вается более или менее приспособленным к тому, чтобы передавать дальше их влияние. Это, очевидно, две совершенно различные вещи: порождать такие линии силы или *определять их направление*, с одной стороны, и только содействовать их прохождению или же его замедлять, не оказывая никакого влияния на их направление — с другой стороны. Говоря фигурально, это различие можно сравнить с различием между гальванической батареей и проводами или веществами, соединяющими ее концы. Поток силы проходит через то и другое, но порождает ток и определяет его направление батарея; провод же представляет собою только более хороший или более плохой проводник, но при изменении его формы или качества он может рассеивать, сгущать или изменять поток силы.

2833. Если допустить это различие, то нам следует обсудить, становится ли железо, находясь под влиянием линий магнитной силы, магнитом и получает тогда свою собственную полярность, или же оно является только парамагнитным проводником с наибольшей возможной проводимостью. В первом случае оно должно обладать действительно полярностью магнита, во втором случае — только той полярностью, которую я приписываю кислороду и другим проводящим телам. По моему мнению, железо является магнитом. Его можно как *источник* магнитных силовых линий довести до наивысшей степени энергии в электромагните, и хотя, если оно очень мягко, оно обычно теряет почти всю эту силу при прекращении электрического тока, однако не так обстоит дело, когда масса металла образует сплошной круг или кольцо, ибо в этом случае оно способно сохранять эту силу в течение часов и даже недель и является, очевидно, в течение указанного времени первоисточником силы, не зависящим от какого бы то ни было гальванического тока. Поэтому я и думаю, что под влиянием линий магнитной силы железо становится магнитом. И хотя при этом оно приобретает полярность, направленную совершенно так же, как у простого парамагнитного проводника, находящегося под действием тех же силовых линий, однако в данном случае

имеется большое различие: так как каждая внутренняя частица железа становится до некоторой степени системой, вызывающей магнетизм, то полярность частичек связывается и объединяется в полярное целое, которое, будучи бесконечно более интенсивным, может быть также весьма отличным по расположению своей силы в различных участках от того эквивалента полярности, которым обладает простой проводник.

2834. Мне кажется также весьма вероятным, что, когда железо, никель и кобальт нагревают до соответствующих температур, при которых они теряют удивительную по ее степени силу (2347) и сохраняют лишь столь малую долю ее, что для выявления ее требуются самые чувствительные средства испытания (2343), то они переходят тогда в состояние парамагнитных проводников, теряют всякую способность получить то состояние внутренней полярности, которое они могли иметь как магниты, и обладают тогда лишь той полярностью, которая присуща им как массам парамагнитного вещества (2819). Представляется также вероятным, что во многих соединениях эти металлы могут принимать лишь состояние простой проводимости. Так, например, в то время, как в виде протоксида железо может образовать магнит, в перекиси оно является только проводником, и с этой точки зрения несколько не странно, что кислород, который как газ является парамагнитным телом (2782), низводит равное весовое количество железа до своего собственного состояния и даже значительно ниже последнего. В различных своих солях и растворах эти металлы в сочетании с соединяющимся с ними веществом могут действовать только как проводники.

2835. Может быть, мне следовало бы называть полярностью состояние сгущения или разрежения магнитных силовых линий в телах, действующих как проводники, поскольку действительная магнитная полярность по существу и целиком связана с направлением силовых линий, а не только со сгущением или расхождением этих линий. Я поступил так лишь с той целью, чтобы иметь возможность легче сослаться на

факты и точки зрения, связывавшиеся до сих пор с предполагаемой полярностью в телах, которые — все равно, парамагнитные они или диамагнитные — я рассматривал просто как проводники; я надеюсь, что это не приведет к превратному толкованию моих мыслей. Я уже раньше просил предоставить мне право с некоторой свободой пользоваться различными выражениями (силовые линии, проводящая способность и т. п.) (2149, 2797), что на время даст мне возможность не быть связанным предвзятыми мнениями. Именно поэтому указанные выражения являются чрезвычайно полезными, если только на время достаточно ограничить их смысл и не допускать никакой вредной небрежности или неточности в изложении фактов.

ГЛАВА III

*Магнекристаллическая проводимость*¹

2836. Прекрасные исследования Плюккера о магнеоптических явлениях не могли еще быть забыты, и я надеюсь, что в связи с ними вспомнят и о моих опытах с магнекристаллическими явлениями (2454 и т. д.). Я полагаю, что описанные нами обоими явления вызываются одной и той же причиной и одинаковы по своему происхождению, а поскольку они обнаруживаются чистыми прозрачными телами, то Плюккер, как и думаю, привел их в надлежащую связь с положительной и отрицательной оптическими осями таких тел.² В этих случаях кристаллическое тело с большой силой устанавливается или занимает особое положение, когда его помещают в поле магнитной силы (2464, 2479, 2550), безотносительно к его парамагнитным или диамагнитным свойствам (2562); при этом оно не принимает какого-либо состояния, которое оно могло бы унести с собой при своем удалении из поля (2504).

¹ Я должен указать здесь на важную работу по данному вопросу гг. Тиндэлла и Кноблауха в *Philosophical Magazine*, 1850, XXXVII, стр. 1. — *М. Ф.*, 6 января 1851 г.

² *Philosophical Magazine*, 1849, XXXIV, стр. 450.

2837. Если к этим магнекристаллическим телам применить представление о проводимости, то это как будто удовлетворит всему тому, что требует объяснения в связанных с ними особых явлениях. В таком случае магнекристаллическое тело будет телом, которое в кристаллическом состоянии может пропускать через себя магнитную силу, т. е. давать ей возможность проявиться в одном направлении легче, чем в другом, и это направление будет магнекристаллической осью. Поэтому в магнитном поле магнекристаллическая ось будет приводиться в положение, совпадающее с магнитной осью, приводиться силой, соответствующей указанной разности; совершенно так же, как когда взяты два различных тела, то одно из них, обладающее большей проводящей способностью, вытесняет более слабое тело.

2838. Таким образом, было бы объяснено влияние положения (2586), а также большая способность проводить магнетизм в одном направлении, чем в другом (2588, 2591); при этом отпало бы и то, что мне представлялось аномальным в допущении, что силовая линия может находиться в безразличном отношении к любой части плоскости (2600). Что теплота уничтожает рассматриваемую проводящую способность (2570), это представлялось вполне согласным с тем, что нам известно о влиянии теплоты на магнитные свойства железа, кислорода и т. д., а также на проводящую способность в отношении электричества у таких тел, как платина, сернистое серебро и т. д. Наконец, данное допущение кажется вполне совместимым с состоянием, которое тело, по-видимому, принимает в то время, когда оно находится под влиянием магнитной силы (2609 и др.).

2839. Но если подобная точка зрения правильна, то не менее как будто следует, что диамагнитное тело вроде висмута должно быть менее диамагнитным, когда его магнекристаллическая ось параллельна (насколько только это возможно) магнитной оси, чем когда она к ней перпендикулярна. В этих двух положениях это тело как будто эквивалентно двум веществам, с двумя различными проводимостями по отношению к маг-

нетизму, а потому, если его подвергнуть испытанию на разностных весах, оно должно будет дать разностные явления, соответствующие по своему роду тем явлениям, которые дают кислород и азот (2774), или фосфор и висмут, или два других различающихся друг от друга тела. Хотя я раньше сообщал о некоторых опытах, которые как будто имеют отношение к данному вопросу (2551, 2552, 2553), однако при нынешнем состоянии нашего знания они являются неудовлетворительными, так как разность, если она вообще существует, должна быть мала (2552), а если при опыте только один полюс, и притом остроконечный, то она легко скрывается. Другие ранее описанные опыты (2554—2561) не могли бы обнаружить небольшую разность диамагнитной силы (хотя они и были вполне приспособлены для поставленной тогда цели), так как они были проведены с плоскими полюсами и в поле почти постоянной магнитной силы.

2840. Дифференциальные крутильные весы (2773) дали мне возможность вернуться к данному вопросу с лучшими видами на успех. Была отобрана группа однородных кристаллов висмута (2457); она была подвешена на одной стороне двухконусного сердечника (2738), а на другой стороне его был подвешен цилиндр из флинтгласа. Этот флинтглас должен был служить образцом для сравнения; поэтому в течение опыта я не изменял ни его места на весах, ни его состояния. Висмутовую группу, с горизонтально расположенной магнекристаллической осью, я укрепил в таком положении, что она могла вращаться в горизонтальной плоскости и чтобы при этом ее ось можно было расположить то параллельно магнитной оси (или силовым линиям), то перпендикулярно к ней, однако без всякого изменения расстояния ее центра тяжести от стоящего против нее стеклянного цилиндра. Таким образом, занимая или одно или другое положение, она могла подвергаться сравнению с цилиндром.

2841. Сначала магнекристаллическая ось была установлена параллельно сердечнику или магнитной оси; была во-

буждена магнитная сила, и когда диамагнитные тела заняли свое положение покоя или устойчивого равновесия, я наблюдал и отмечал положение коромысла весов, для чего пользовался лучом света, отраженного от зеркала, прикрепленного к коромыслу. После этого висмут был повернут на 90° , т. е. настолько, что его магнекристаллическая ось стала перпендикулярной к оси двухконусного сердечника. Когда затем был возбужден магнит, то оказалось, что висмут находится теперь на большем расстоянии от сердечника, чем раньше. Когда я его повернул еще на 90° , так что он оказался в положении, диаметрально противоположном первому (2461), то его местоположение снова оказалось несколько более близким к магниту. В четвертом положении, диаметрально противоположном второму, висмут оказался снова на большем расстоянии. Таким образом, было доказано, что кристаллический висмут диамагнитен в рвальной степени в зависимости от определенных направлений его магнекристаллической оси, причем он более диамагнитен, когда эта ось перпендикулярна к линиям магнитной силы или стоит поперек, чем когда она им параллельна. Таким образом, ожидание, основанное на теоретических соображениях (2839), подтвердилось.

2842. Я попробовал получить те же явления с кубиком из известкового шпата (2597), ибо ясно, что если его оптическую ось, которая находится в горизонтальной плоскости, расположить сначала параллельно магнитной оси, а затем перпендикулярно к ней, то это тело должно оказаться более диамагнитным в первом положении, чем во втором, поскольку последнее является тем положением, которое тело занимает под влиянием своего магнекристаллического или магнеоптического состояния. Однако я не мог получить отчетливых результатов — частью потому, что у известкового шпата диамагнетизм во всех отношениях гораздо слабее, чем у висмута, частью вследствие того, что моя крутильные весы в настоящее время несовершенны; частью, наконец, из-за раамеров и формы известкового шпата. Шар или цилиндр, у которых оптическая ось была бы направ-

лена перпендикулярно к оси цилиндра, представляли бы собою более подходящие формы для испытываемых веществ.

2843. В заключение настоящей части работы, касающейся магнитной проводящей способности, я укажу теперь на некоторые из тех случаев, которые, как я полагаю, экспериментально устанавливают ее *наличие* в двух разделах магнитных тел (2805). Место и положение железа в поле равной силы (2810, 2811) являются без сомнения результатом присущей этому телу необыкновенной способности пропускать магнитную силу через занимаемый им объем, как ни рассматривать железные частицы: как полярные или неполярные (2832). Поэтому я рассматриваю противоположные, в смысле места и положения, явления у диамагнитного тела (2812, 2813), как доказательство того, что это тело обладает меньшей способностью пропускать магнитную силу, чем занимаемый им (пустой) объем, и на этом основании заключаю, что оно проводит диамагнитно (2802).

2844. Отдаление друг от друга парамагнитных тел в экваториальном направлении является доказательством того, что благодаря лучшей своей проводимости они возмущают положение силовых линий в окружающей их среде (2831). Отдаление друг от друга двух диамагнитных тел при тех же обстоятельствах является точно также доказательством того, что вследствие различия проводимости эти тела тоже возмущают распределение силы (2831). Экваториальное взаимное притяжение парамагнитного и диамагнитного тел, когда эти тела находятся в среде, которая по своей проводимости находится между указанными двумя телами (2831), является доказательством не только наличия проводимости в обоих этих телах, но и доказательством противоположного их состояния как по отношению друг к другу, так и по отношению к среде.

2845. То обстоятельство, что кристалл висмута либо приближается к магнитной оси, либо удаляется от нее (2841), в зависимости от того, как направлена его магнекристаллическая ось: параллельно аксиальной линии или же перпендикулярно

к ней, точно также указывает на различие проводимости и, следовательно, на существование этой способности у диамагнитного тела. Можно было бы привести много других фактов, указывающих на существование той способности, которую я рассматриваю как проводящую способность (2797) и которую, вероятно, никто не станет отрицать. Я полагаю, что приведенных выше фактов достаточно для того, чтобы пояснить мою мысль.

2846. Едва ли мне нужно говорить, что магнитная проводимость не означает электропроводности или чего-либо ей подобного. Наилучшие проводники электричества, как серебро, золото и медь, уступают пустому пространству в своей способности благоприятствовать прохождению магнитной силы: настолько им нехватает того, что я назвал магнитной проводимостью. Имеется разительная аналогия между этой проводимостью магнитной силы и тем, что раньше применительно к статическому электричеству я назвал удельной индуктивной способностью (1252 и след.), и я надеюсь, что эта аналогия приведет нас к дальнейшему выяснению того, каким образом силовые линии в телах подвергаются воздействию и частью ими пропускаются.

РАЗДЕЛ 33

Атмосферный магнетизм^{1*}

ГЛАВА I

Общие принципы

2847. Мы должны ясно представлять себе, что две девятых по весу атмосферы являются весьма магнитным телом, магнитные свойства которого подвергаются очень большим измене-

¹ В Philosophical Transactions за 1827 г., стр. 308, имеется очень важная статья профессора Кристи (Christie): «О теории суточной вариации»

* Я должен обратить внимание читателей моей работы на предложение г. де ла Ривом теорию *причины* суточных вариаций, основанную

нием при изменениях его физических условий — температуры и сгущения и разрежения (2780), и что это тело и на деле подвергается указанным физическим изменениям, годовым и суточным, в высокой мере, в связи со своим отношением к Солнцу; поэтому я вполне уверен в том, что оно должно играть большую роль в распределении магнитных сил на поверхности Земли (2796) и что за его счет следует, вероятно, отнести большую часть годовых, суточных и неправильных вариаций короткого периода, которые, как это установлено, испытывает

магнитной стрелки». Под влиянием открытий Зеебеком термомагнетизма в опытах Кэмминга (Cushning) он возымел мысль исследовать, в какой мере к явлениям природы можно применить идею термомагнитной полярности, и приходит к следующему заключению (стр. 327): если допустить, что в *Земле и атмосфере* при некоторых обстоятельствах может иметь место подобное действие, то эти опыты показывают, что *каждый участок Земли, ограниченный параллельными плоскостями и окружающей атмосферой, должен одинаково поляризоваться, если одна сторона окажется более нагретой, чем другая*. Таким образом, если рассматривать только экваториальные области Земли, мы должны иметь *два магнитных полюса на северной стороне и два подобным образом расположенных полюса на южной стороне; при этом разноименные полюса лежат друг против друга на противоположных сторонах от экватора*.

на идее термоэлектрических токов в атмосфере и Земле; изложение ее можно найти в мемуаре, озаглавленном «О суточной вариации магнитной стрелки», *Annales de Chimie*, 1849, XXV, стр. 310.

Недавно один мой друг обратил мое внимание на наблюдение г. Беккереля, которое имеет отношение к настоящему вопросу и которое гласит: «Если мы сообразим, что Земля окружена массой воздуха, эквивалентной по своему весу слою ртути в 30 дюймов, то мы можем поставить пред собою вопрос, не участвует ли в некоторых явлениях, связанных с земным магнетизмом, такого рода масса магнитного газа, находящегося в постоянном движении и подвергающегося правильным и неправильным изменениям давления и температуры. В самом деле, если произвести расчет, какова магнитная сила этой жидкой массы, то мы найдем, что она эквивалентна огромной железной пластине толщиной несколько больше $\frac{1}{20}$ части миллиметра в диаметре (?), покрывающей всю поверхность земного шара». Это место находится на стр. 341, 342 т. XXVIII *Annales de Chimie*, 1850, в прекрасном мемуаре, в котором автор хорошо развил равнопоступные действия различных сред, которые в общем виде я изложил

рассматриваемая сила. Я не могу претендовать на то, чтобы обсудить этот большой вопрос с большой компетенцией, так как вижу, что располагаю лишь очень немногими из тех специальных знаний, которые были собраны благодаря трудам больших и известных исследователей Гумбольдта (Humboldt), Ганстена (Hansteen), Араго (Arago), Гаусса (Gauss), Сэбайна (Sabine) и многих других, столь усердно писавших по вопросам земного магнетизма на поверхности всей Земли. Но на мою долю вышло ввести в обиход некоторые фундаментальные физические факты, и я, естественно, много размышлял над общими принципами, которые требуют установления их связи с магнитными явлениями в атмосфере, а потому да будет мне позволено изложить по мере моих сил эти принципы, дабы и другие получили возможность овладеть этим вопросом. Если эти принципы правильны, то они скоро найдут свое специальное применение к магнитным явлениям, протекающим в различных местах Земного шара.

2848. Земля представляется нам в виде сфероидального тела, которое состоит как из парамагнитных, так и из диамагнитных лет тому назад в Экспериментальных Исследованиях (2357, 2361, 2406, 2414, 2423 и т. д.). Этим путем он заново открыл магнитный характер кислорода и измерил его силу, не будучи, очевидно, знаком с сообщением, которое я сделал об этом веществе в отношении его к азоту и другим газам три года тому назад в письме, опубликованном в Philosophical Magazine за 1847 г., XXXI, стр. 401, а также в Poggenдорф's Annalen и в других местах. Отсюда — приведенные выше замечания. Я не могу этому удивляться, так как лично я только недавно узнал о работе г. Беккереля. В своем письме 1847 г. я говорю о кислороде, что он является магнитным в обыкновенном воздухе (стр. 410), в углекислоте (стр. 414), в светильном газе (стр. 415), в водороде (стр. 415) и что сила его тогда равна его весу. Я говорю, что воздух обязан своим местом содержащемуся в нем кислороду и азоту (стр. 416) и что я пытался отделить друг от друга эти составные части, заставляя кислород притягиваться, а азот отталкиваться. В конце работы я затрудняюсь решить, где следует поместить истинный нуль между магнитными и диамагнитными телами, и указываю на то, что атмосфера подвергается магнитному влиянию Земли. Именно эти старые опыты и привели меня к настоящим исследованиям. — М. Ф., 28 ноября 1850 г.

нитных тел, расположенных весьма неравномерно, если иметь в виду крупные подразделения ее на сушу и океан; они расположены столь же неравномерно и перемешаны в меньших ее участках. Тем не менее Земля в целом представляет собою магнит и, насколько мы знаем об этом в настоящий момент, она является первоисточником этой силы. И хотя мы не можем в настоящее время представить себе, чтобы все частицы Земли участвовали в качестве источника в ее магнетизме, поскольку многие из них являются диамагнитными, а многие — непроводниками электрического тока, тем не менее трудно утверждать, что какая-нибудь крупная часть Земли не участвует в создании этой силы. Позднее окажется, быть может, необходимым рассматривать некоторые части Земли просто как проводники, т. е. такие участки, через которые силовые линии, берущие свое начало где-то в других местах, только проходят, но в настоящее время можно всю Землю в целом рассматривать, в соответствии с теорией Гаусса, как мощный составной магнит.

2849. Магнитная сила этой большой системы распределена до известной степени правильно. Мы имеем возможность судить об этом лишь по тому, как это обнаруживается в одном слое или одной поверхности, которая, несмотря на то что она очень неправильна по форме, представляется нам всегда одной и той же, так как мы редко, если это вообще когда-нибудь случается, выходим из нее, а если и выходим, — например на воздушном шаре, — то лишь на неощутимо малое расстояние. Это — поверхность суши и моря нашей планеты. Силовые магнитные линии, которые проходят в *этой поверхности* или через нее, мы выявляем, с точки зрения их направления и интенсивности, по их действию на небольшие стандартные магниты; но на средний их путь или на временные отклонения *вверху или внизу*, т. е. вверху в воздухе или внизу в Земле, лишь неясно указывают изменения силы на поверхности земли, и данные об этих изменениях столь ограничены, что по ним мы не можем судить, где лежит их причина: наверху или внизу.

2850. Силовые линии исходят из Земли в северной и южной частях с различным по величине наклоном; на севере и на юге последний находится в некотором соответствии; они наклоняются одни по направлению к другим и сходятся друг с другом над экваториальными участками Земли. Общее их распределение может быть представлено с помощью системы линий, исходящих из шара, внутри которого имеется один или два коротких магнита, установленных определенным образом по отношению к его оси. На основании аналогии между подобными шарами и Землей можно, по-видимому, полагать, что магнитные силовые линии, исходящие из Земли, возвращаются в последнюю; но в своем кружном пути они могут уйти в пространство на расстояние многих земных диаметров, на десятки тысяч миль. Гг. Гей-Люссак (Gay-Lussac) и Био (Biot) при своем подъеме на воздушном шаре наблюдали некоторое ослабление интенсивности магнитной силы на высоте около четырех миль над поверхностью Земли, но мы в скором времени увидим, что они могли в это время находиться в области таких влияний, которых достаточно для объяснения асего этого явления, так что, быть может, ничто в нем не вызывается удалением от Земли как от магнита. Увеличение интенсивности магнитной силы по мере нашего продвижения от экватора к полюсам находится в согласии с мыслью об огромном протяжении этой силы.

2851. Эти линии проходят через пространство с известной легкостью, о степени которой можно составить себе представление на основании наших обычных знаний или же на основании опытов и наблюдений, сделанных раньше (2787). Существуют ли какие-либо обстоятельства, которые могут влиять на их прохождение через пустое пространство и таким образом вызывать изменения их свойств; могут ли изменения того, что называется температурой (небесного) пространства, если таковые происходят, изменять его способность передавать магнитное влияние, это — вопросы, на которые в настоящее время невозможно ответить, хотя последний из них, по-

видимому, не выходит полностью за пределы эксперимента.

2852. Это пространство образует огромную бездну, в которую попадают те силовые линии, о которых мы с помощью наших наблюдательных приборов можем установить, что они исходят из Земли, во всяком случае, во всех тех местах Земного шара, где имеется заметное наклонение. Но как бы то ни было, в промежутке между Землей и этим пространством располагается атмосфера. Как бы ни была значительна высота последней по нашей оценке, в действительности она чрезвычайно мала по сравнению с размерами Земли или с протяженностью расположенного за ней пространства, в которое входят силовые линии; поэтому представление, что она является чем-то изменчивым, активным, расположенным *между* двумя гораздо более протяженными и устойчивыми по своей природе и состоянию системами, не приведет к серьезной ошибке. На две этой-то атмосферы мы живем и производим наши изыскания, пользуясь наблюдением или опытом.

2853. Насколько нам в настоящее время известно, атмосфера состоит из четырех объемов азота и одного объема кислорода, или по весу из трех с половиной частей первого и одной части второго. Эти вещества перемешаны повсюду почти равномерно, так что, как земная оболочка, они в магнитном отношении ведут себя как единая среда. Земные магнитные силы, по-видимому, не стремятся отделить эти газы друг от друга,¹ хотя они поразительно различаются между собою своими свойствами, поскольку дело идет об этой силе.

2854. А з о т воздуха, по-видимому, не имеет ни парамагнитных, ни диамагнитных свойств. Если он и отклоняется от нуля в ту или другую сторону, то лишь в незначительной степени (2783, 2784). Как в более плотном, так и в разреженном состоянии, он, по-видимому, находится в одном и том же отношении к (пустому) пространству — в отношении равенства,

¹ Philosophical Magazine, 1847, XXXI, стр. 416.

несколько об этом можно судить при имеющихся средствах наблюдения. Что касается другой причины изменения, а именно температуры, то на основании прежних несовершенных опытов¹ я заключил, что азот становится более диамагнитным, когда он нагрет; но так как в то время он был смешан с кислородом воздуха и результаты говорят лишь об одновременном изменении обоих газов, то для настоящего исследования я повторил эти опыты с гораздо большей тщательностью.

2855. Небольшую катушку из платиновой проволоки, прикрепленную к концам более толстых медных проводов, можно было установить в любом положении между полюсами большого электромагнита; при накаливании с помощью гальванической батареи эта катушка служила для повышения температуры окружающего ее газа. Магнитные полюсы были приподняты; они заканчивались полушариями из мягкого железа с диаметром в 0.76 дюйма, находившимися друг от друга на расстоянии 0.2 дюйма. Они были покрыты стеклянным колпаком, который стоял на толстой плоской подставке из вулканизированного каучука. Через подставку была пропущена трубка, доходившая до верха колпака; через нее можно было ввести туда любой по желанию газ. Очень тонкую слюдяную пластинку размером около 3 квадратных дюймов я покрыл сверху слабым слоем воска и поместил под колпаком горизонтально над магнитными полюсами. Платиновую катушечку я установил таким образом, что она находилась ниже промежутка между полюсами и несколько в сторону от аксиальной линии, так что поднимающийся от нее ток горячего воздуха мог дойти до слюдяной пластинки и плавлением воска отметить место, где он достиг слюды.

2856. Все действовало чрезвычайно хорошо, когда в стеклянном колпаке находился воздух. Когда магнитная сила отсутствовала, то горячий воздух от накаленной катушки поднимался вертикально и расплавлял четко очерченный

¹ Там же, стр. 418.

круглый участок воска, отмечая таким образом место потока при естественных условиях. Но когда вводился в действие магнит, то воск на слюдяной пластинке не подвергался никаким изменениям: горячий воздух отбрасывался столь далеко от аксиальной линии и настолько охлаждался благодаря насильственному смещению его с окружающим воздухом, что он нигде не был в состоянии проплавить на воске пятно. Как только прекращалась магнитная свля, столб горячего воздуха тотчас же начинал подниматься вертикально и снова занимал свое первоначальное положение.

2857. После этого я пускал в стеклянный колпак углекислый газ — пускал до тех пор, пока через трубку (2855) его прошло больше, чем удвоенный объем колпака; но так как этот газ очень тяжел, а обыкновенный воздух мог выходить только у дна колпака, то в последнем без сомнения и смеси с углекислым газом был воздух, который во всяком случае оставался около полюсов. Когда после этого платиновая катушка накаливалась, то столб горячего газа стал подниматься, как раньше, вертикально. Когда вводилась в действие магнитная сила, он отклонялся от аксиальной линии, отходя в экваториальном направлении, и растопил воск на расстоянии около половины дюйма от прежнего места. Подозревая, что и это действие может производиться воздухом, примешанным к газу, я пустил в колпак и через него еще два объема углекислого газа. После этого магнитная сила стала производить гораздо меньшее отклонение поднимающегося столба. Я пропустил через колпак еще два объема углекислого газа, и тогда горячая струя газа стала подниматься столь близко к вертикали, что получалось только едва заметное различие в его положении, когда магнитная сила находилась в полном действии и когда она совершенно отсутствовала. Отсюда я заключаю, что диамагнитные свойства углекислого газа очень мало зависят от температуры, когда разность крайних температур такова, какая имеется между обычной температурой и температурой ярко-красного каления.

2858. Азот. Этот газ получался медленным пропусканием обыкновенного воздуха над горящим фосфором; после промывания в течение двенадцати или четырнадцати часов он пускался в колпак и должен был вытеснить оттуда углекислоту. Так как азот легче последней, то он очень хорошо справлялся с этой задачей, и оставшаяся в сосуде порция азота, вероятно, не содержала в себе кислорода или воздуха, помимо того, который азот принес с собой. Затем азот нагревался с помощью платиновой катушки; он оказался при этом почти столь же безразличным по отношению к магниту, как углекислота. Нагретый столб его поднимался к слюдяной пластинке (почти) в одном и том же месте как при действии магнитной силы, так и без нее. Когда магнит действовал, то столб слегка перемещался наружу, т. е. в экваториальном направлении, но я отпошу это за счет небольшого количества кислорода, которое еще оставалось в азоте. И, действительно, окись азота выявляет наличие кислорода в полученном указанным путем азоте. Платиновая катушка накаливалась до такой высокой температуры, какую она могла только выдержать не плавясь, и все-таки продолжало наблюдаться лишь указанное выше слабое действие. Отсюда я заключаю, что горячий азот диамагнитен не более, чем холодный, и что такое изменение температуры совершенно не влияет на его магнитные свойства.

2859. Я на один момент приподнял французский колпак (2855) на высоту в дюйм и тотчас же быстро опустил его обратно. Когда после этого я привел в действие магнит и накалил спираль, то получилось такое сильное действие от рассеяния газа в колпаке, что расплавленный след воска оказался смещенным в сторону почти на дюйм от обычного места, хотя при указанных выше обстоятельствах в сосуд могло проникнуть лишь очень небольшое количество воздуха или кислорода.

2860. Таким образом, азот воздуха является в отношении магнитной силы весьма индифферентным газом: он представляется ни парамагнитным, ни диамагнитным; он не обнаруживает никакого различия в свойствах — все равно, сжущен он или раз-

режен, находится при высокой или низкой температуре. Ранее я нашел, что диамагнитные металлы, будучи нагреты, не изменяют видимым образом своих магнитных свойств (2397), а теперь, по-видимому, так же дело обстоит с такими нейтральными или диамагнитными телами, как газы — азот и углекислота.

2861. Кислород воздуха в чрезвычайно сильной степени отличается от азота. Он очень сильно парамагнитен: при равном объеме он эквивалентен раствору железного купороса, содержащему, в виде кристаллической соли, семнадцатикратный вес кислорода (2794). Он становится менее парамагнитным при равном объеме (2780), когда его разрезают, и, по-видимому, в прямом отношении к степени разрежения, если температура его при этом остается неизменной. Если его температуру *повысить* и дать ему возможность расшириться,¹ то он теряет весьма значительную часть своей парамагнитной силы, а прежние результаты, полученные с воздухом,² дают достаточное основание полагать, что с понижением температуры его парамагнитные свойства усиливаются. Насколько может повыситься его парамагнитная сила при понижении его температуры до температуры замерзающей ртути, как это имеет место у северного или южного полюса Земли, этого мы в настоящее время сказать не можем. Хотя и будучи газом, он, по-видимому, сходен (в этом отношении) с твердыми металлами — железом, никелем и кобальтом, когда они находятся в пределах тех температур, которые влияют на их магнитные силы; как у последних, при охлаждении парамагнитная сила кислорода, может быть, возрастает в очень высокой степени.

2862. Эти свойства он сохраняет, будучи смешан в воздухе с азотом, пока его физическое и химическое состояние остаются неизменными; но бесполезно отметить, что всякое действие, при котором эта активная часть атмосферы изме-

¹ Philosophical Magazine, 1847, XXXI, стр. 417.

² Там же, стр. 406.

няется по своей природе, вступая в соединения, лишает ее парамагнитной силы, независимо от того, что получается в результате: твердое тело, жидкое или газообразное.

2863. Таким образом, атмосфера является, выражаясь просто, сильно магнитной средой. Воздух, стоящий над каждым квадратным футом поверхности Земли, эквивалентен по своей магнитной силе 8160 фунтам кристаллического протосульфата железа (2794, 2864). При всех изменениях плотности — как тех, которые отмечаются барометром, так и тех, которые зависят от того, светит или не светит Солнце — магнитные свойства этой среды изменяются. Далее, каждое изменение температуры, очевидно, вызывает свое изменение магнитной силы — в дополнение к тому изменению, которое вызывается просто объемным расширением или сжатием, и каждое из этих изменений обязательно влияет на магнитную силу, исходя от Земли, и вызывает на земной поверхности изменения как в интенсивности, так и в направлении этой силы. Происходят ли эти изменения в надлежащем направлении и достаточна ли их величина, чтобы в них можно было найти причину вариаций земной магнитной силы, это — вопрос, который подлежит сейчас рассмотрению; для его пояснения я попытаюсь вообразить типичный пример и затем применю его, как смогу, к явлениям, имеющим место в природе.

2864. Предположим, что имеется два шара воздуха, отличающиеся от окружающей атмосферы температурой или плотностью. Для нашего примера это предположение не будет слишком странным, поскольку Прют (Prout) показал, что существуют большие или меньшие массы воздуха, которые плавают в атмосфере и заметно отличаются от окружающих ее частей температурой и другими свойствами. Для того чтобы не усложнять изложения, мы оставим в настоящее время без внимания разрежение воздуха с высотой и примем, что один из этих шаров более холоден и более плотен, чем окружающие массы; мы предположим, что пространство, в котором он находится, при отсутствии шара представляло бы собою

поле равной магнитной силы, т. е. поле, через которое проходят параллельные силовые линии равной интенсивности.

2865. Воздух такого шара будет *облегчать* прохождение магнитной силы через занимаемое им пространство (2807), создавая для него преимущество в этом отношении перед окружающей атмосферой или пространством, вследствие чего через шар будет проходить больше магнитных силовых линий, чем в других местах (2809). Эти линии по отношению к линии наклона в данном месте будут распределены как-то вроде того, что представлено на рис. 203 (2872), и, следовательно, шар окажется поляризованным как проводник (2821, 2822) парамагнитного класса. Следовательно, интенсивность магнитной силы и ее направление изменяются не только внутри шара, но и вне его, причем эти два изменения будут происходить в противоположных направлениях, сообразно точно действующим и известным законам.

2866. Прежде всего остановимся на *интенсивности*, которая перед этим была однородной (2864). Как нами принимается, интенсивность выражает количество силы, проходящей через данное место; а так как каждому сечению, например, сечению *aa*, данного количества магнитных силовых линий (2809) соответствует определенное количество силы, то сгущение этих линий по направлению к середине *P* вызовет повышение интенсивности в этом месте и уменьшение ее в некоторых других местах, например в *bb*, где влияние силы частью уничтожено. Следовательно, если допустить, что в *a* существует нормальное состояние, то, перемещая какой-нибудь измеритель интенсивности из *a* в *P*, мы будем последовательно переносить его в пункты *b* и *c*, где интенсивность меньше нормальной, и эти пункты могут находиться вне или внутри шара *P* или одновременно здесь и там (в соответствии с его температурой по сравнению с окружающим воздухом, с его величиной и другими обстоятельствами); ватем он дойдет до мест, где интенсивность нормальна и, наконец, до мест, где интенсивность больше, чем в окружающем пространстве. По выходе его отсюда на

противоположную сторону от P соответствующие изменения будут протекать в обратном порядке.

2867. Если измеритель интенсивности перенести вверх по направлению наклона, исходя из e , где интенсивность можно считать нормальной, то он будет последовательно занимать положения в f , g и т. д., в которых интенсивность будет нарастать, пока дойдет до P , после чего в местах, в которых он будет проходить, интенсивность будет все меньше и меньше; наконец, в p он снова найдет силу в нормальном состоянии. Если измеритель интенсивности перенести вверх не вдоль *линии наклона*, то он, конечно, пройдет через изменения, подобные тем, какие были описаны на линии aP , причем последние будут все более возрастать по своей величине до тех пор, пока направление движения измерителя не совпадет с линией aP , перпендикулярной к наклону, где изменения достигнут максимума. Следовательно, пройти вверх через подобный шар холодного воздуха в наших широтах, где наклонение составляет около 70° , и пройти через него на экваторе, где оно равно 0° , это — совершенно различные вещи; необходимые и естественные следствия такого различия будут выявлены в дальнейшем.

2868. Однако магнитная стрелка или магнитный стержень плохо подходит для таких измерений интенсивности, т. е. они не укажут этих различий и могут дать даже противоположные указания. Для того чтобы это понять, следует принять во внимание, что магнитная стрелка колеблется благодаря тому, что вследствие своих магнитных свойств и полярности она вбирает в себя известное количество силовых линий, которые в противном случае проходили бы через окружающее ее пространство; и если предположить, что она сама не претерпевает никакого изменения при изменении температуры, то при всех прочих равных условиях она будет подвергаться влиянию соразмерно любым изменениям интенсивности этих линий. Но в естественных условиях она окружена атмосферой, представляющей собой среду, магнитные свойства которой могут изме-

няться как от теплоты, так и от разрежения; при этих изменениях атмосфера влияет на интенсивность или на количество силы, а потому при изменении этих состояний показания стрелки тоже будет изменяться. Так, например, если бы она находилась в большом шаре кислорода, то я ожидал бы, что числом своих колебаний или как-либо иначе она указала бы на наличие определенной интенсивности; если бы кислород расширился, то она показала бы большую интенсивность, хотя через кислород проходило бы такое же количество силовых линий и магнитной энергии, как и раньше. Если бы кислород сгустился и при этом его проводимость стала лучше, то, я думаю, он стал бы пропускать через себя *больше* линий, а магнит — *меньше*, так как сила отчасти перешла бы от неизменявшегося магнита к улучшившемуся вокруг него проводнику.

2869. Эти опыты едва ли можно произвести с кислородом, разве только с помощью крайне чувствительных приборов, но подобные явления легко показать экспериментально на особо подобранных аналогичных примерах. Так, например, наполним небольшую тонкую трубку из флинтгласа, длиною около дюйма, с диаметром в $\frac{1}{2}$ дюйма, насыщенным раствором протосульфата железа и подвесим ее горизонтально на коконовой нити (2279) между полюсами электромагнита в сосуде, в котором может находиться воздух или вода, или еще иные среды (2406). В воздухе трубка займет аксиальное направление; она будет тогда подобна стрелке, когда она находится под влиянием Земли, и будет стоять в определенном направлении с известной силой. Если сосуд наполнить водою, то эта сила, при том же определенном направлении, будет больше, чем раньше, хотя вода, как проводник магнетизма, хуже, чем находившийся там раньше воздух. Именно потому, что вода является более плохим проводником, сила, которую показывает теперь жидкий магнит или измерительный прибор, больше. Повысим проводящую способность окружающей среды, для чего прибавим к ней сульфат железа; тогда трубка будет показывать уменьшение силы; при этом сначала она вернется

к той степени силы, какой она обладала в воздухе, а затем последняя станет опускаться еще ниже, и если выводить ее из аксиального направления, то сила, с которой она будет к нему возвращаться, будет все меньше и меньше. Таким образом, когда магнитной стрелкой пользуются для измерения интенсивности или магнитной силы (ибо сейчас оба эти выражения понимают в одном и том же смысле), она указывает, в известном смысле, силу, сосредоточенную в ней самой; как я полагаю, она это делает точно, если только состояние окружающей среды остается в магнитном отношении неизменным. Но если поместить ее в различных средах или в изменяющейся среде, то, как я думаю, она не будет точно измерять интенсивности в этих средах, т. е. она не будет прямо измерять относительное количество проходящей через них силы. В воздухе различие при изменении условий будет весьма незначительно; но именно это и есть то различие, которое интересует нас в *атмосферном магнетизме*, и когда магнит указывает на увеличение интенсивности силы, то очень важно знать, чем это увеличение вызывается: исключительно действительным увеличением количества силы в ее источнике — в Земле, откуда она к нам приходит, или же оно отчасти объясняется изменением магнитных свойств пространства, окружающего магнит, свойств, остающихся для нас до сих пор неизвестными.

2870. Мы легче разберемся в этом вопросе, если в том, что теперь мы зачастую безразлично называем магнитной силой или интенсивностью, мы будем различать две стороны, а именно *количество* и *напряжение*. В настоящее время мы пользуемся показаниями магнитной стрелки как данными вообще о магнитной силе, не делая этого различия; тем не менее они часто действуют на нее в противоположных направлениях. В самом деле, когда они оба увеличиваются или уменьшаются, то они действуют на магнитную стрелку одинаково; но так как принимается, что напряжение может измениться в то время, как количество остается неизменным, и что количество может

претерпеть изменение, а напряжение останется при этом прежним, то показание магнитной стрелки становится ненадежным. Когда напряжение в данном месте увеличится благодаря уменьшению проводящей способности, то магнитная стрелка покажет *увеличение силы*; когда оно увеличится благодаря увеличению магнитной силы в Земле, производимому некоторым внутренним действием, то стрелка опять-таки покажет *увеличение силы*: она не будет отличать одного явления от другого. Если в каком-либо месте количество силы увеличится благодаря увеличению проводящей способности, то стрелка не покажет этого увеличения; наоборот, она покажет *уменьшение силы*, так как напряжение уменьшилось; а если количество уменьшится благодаря уменьшению проводящей способности, то она покажет *увеличение силы*. Сила может даже потерять в количестве и выиграть в напряжении в таких взаимных отношениях, что стрелка не покажет никакого изменения; она может также выиграть в количестве и потерять в напряжении, а стрелка все же останется совершенно индифферентной к общему результату.

2871. Если моя точка зрения правильна, то мера магнитной силы Земли, которую дает магнит в том виде, как им пользуются в настоящее время, не совершенна; сила может не измениться, а магнит под влиянием различных условий дня и ночи, или лета и зимы, может показать различие. В какой мере эта ненадежность показаний магнита может влиять на цепность наблюдений над горизонтальной и вертикальной составляющими магнитной силы Земли, если эти наблюдения должны показать именно то, что мы ожидаем от них получить, этого я не знаю. Но поскольку получаемые показания в действительности отражают два совершенно различных обстоятельства, а именно изменение проводящей способности и именно воличины силы в источнике ее возникновения, из которых одно имеет место главным образом в атмосфере, а другое в Земле, то мне представляется, что для развития теории земного магнетизма было бы очень важно иметь, если это

возможно, такой метод, который позволил бы отличать друг от друга указанные два момента или влияния.

2872. Обратимся вновь к шаровой модели на рис. 203; мне кажется, что если пользоваться магнитом в качестве указателя интенсивности, то в P он будет показывать скорее слишком малую, а не слишком большую интенсивность; дело в том, что проводящая способность всего шара повысилась; я полагаю

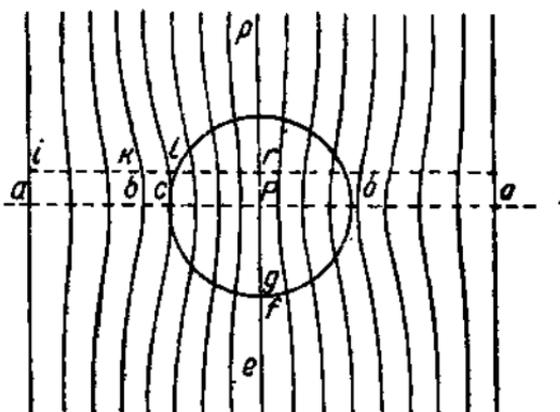


Рис. 203.

гаю также, что кажущееся уменьшение интенсивности здесь будет, вероятно, больше, чем в любом другом месте, но все же это явление будет наблюдаться и в других местах, в особенности в местах, расположенных справа и слева, и даже в b и c , где пропускаемая сила не больше (как и P), а фактически меньше той порции, какая пропускается при нормальном или невозможном состоянии магнитного поля. Когда мы имеем дело с диамагнитным шаром воздуха, т. е. когда воздух в шаре теплее или более разрежен, чем в окружающем пространстве (2877), то этот шар, будучи более плохим проводником, пропускает меньше силы; однако магнит будет устанавливаться с большей силой, и таким образом показания магнита будут

говорить об увеличении интенсивности и притом как внутри шара, так и в экваториальном направлении вне последнего.

2873. Если верно, что изменения среды (2869) могут указанным образом влиять на магнит и что такие изменения могут в газах достигать заметной величины, то количество колебаний, которое магнит мог бы совершать в данный промежуток времени, находясь в кислороде и в азоте одинаковой плотности, будет различно, так как эти газы весьма отличаются друг от друга по своим магнитным свойствам; число колебаний в азоте было бы больше. Возможно, что тонкие крутильные весы оказались бы еще более чувствительным прибором для таких опытов; но, вероятно, объем вокруг магнитной стрелки должен быть велик; сверх того следовало бы установить, что обе эти среды оказывают колеблющейся стрелке одинаковое механическое сопротивление.

2874. Изменение направления, вызываемое шаром-моделью (2864), может быть наклонено к горизонтальной и вертикальной плоскости и, следовательно, давать явления склонения и наклона каждого в отдельности или того и другого вместе. На центральной линии, параллельной общему направлению в окружающем пространстве (рис. 203), направление не должно измениться. На другой центральной линии, перпендикулярной к вышеупомянутой (т. е. на какой-нибудь линии в экваториальной плоскости) a'' , точно так же не должно происходить изменения направления, но во всех других направлениях изменения должны происходить. Так, например, при перемещении свободной магнитной стрелки по линии ig на i в k ее нижний конец будет отклониться внутрь по направлению к центральной линии наклона p . Это явление, достигнув своего максимума (где-нибудь у l), будет затем постепенно вновь уменьшаться, и в тот момент, когда стрелка дойдет до r , наклонение станет нормальным. Соответствующие явления будут иметь место на противоположной стороне от аксиальной линии pe . Если представить себе, что стрелка находится в каком-нибудь месте, где ее наклонение подверглось указанному выше изменению,

и ватем предположить, что она перемещается по окружности около аксиальной линии pe , то она все время будет лежать на поверхности конуса, вершина которого обращена вниз.

2875. Если, с другой стороны, рассмотреть изменения наклоения ниже экваториальной плоскости aP , то они окажутся такими же по величине, но будут направлены в противоположную сторону, так что у магнитной стрелки, выведенной из своего нормального положения, верхний конец отклонится внутрь по направлению к аксиальной линии pe ; а если ее перемещать вокруг аксиальной линии, то она все время будет оставаться на конической поверхности, вершина которой будет направлена вверх.

2876. Именно таким образом наклонение будет изменяться в таком шаре с воздухом в каждом азимуте; оно будет изменяться в противоположных направлениях в верхней и нижней части шара, а также в окружающем пространстве, которого коснется его действие.

2877. Представим другую шаровую модель (рис. 204), и пусть воздух (2864) в ней имеет более высокую температуру, чем окружающая его атмосфера; тогда он будет иметь свойства диамагнитного проводника, как это изображено на рис. 205 (2807). Он будет обладать способностью влиять на интенсивность и на направление силовых линий так же, как действовал предыдущий шар, но в обратном порядке. В известной мере действие таких шаров на направление силовых линий внутри них и возле них, а значит, на магнитную стрелку, попадающую под их влияние, можно изобразить с помощью магнита, помещенного либо в направлении стрелки (для холодного шара), либо в противоположном направлении (для теплого шара). Но силовые линии всей системы: Земля и такой магнит — сильно отличаются по своему расположению от силовых линий

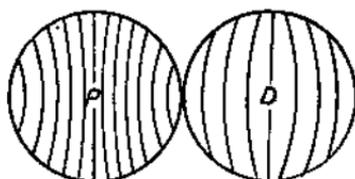


Рис. 204. Рис. 205.

Земли, когда на них влияют массы теплого и холодного воздуха, полярность которых связана только с проводимостью (2820); потому было бы неосторожно утверждать, что они вполне им соответствуют и что влияния на интенсивность и на направление будут тождественны при одинаковом расстоянии от центра шара с воздухом и от представляющего его магнита.

2878. Эти гипотетические и сравнительно простые примеры были приведены лишь для того, чтобы от результатов опыта направить нашу мысль на предполагаемое состояние вещей в отношении нашей атмосферы и Земли; если теперь попытаться пойти дальше, то мы должны принять во внимание, что хотя известные действия будут происходить, интенсивность и направление магнитной силы на поверхности Земли при изменении температуры и плотности атмосферы будут меняться, однако эти изменения будут весьма сильно отличаться от тех, которые мы изучали на модели в виде шара с воздухом; ибо последний является особым случаем, который вряд ли когда может осуществиться, хотя разнообразие случаев, происходящих в природе, почти бесконечно. Тем не менее такое сравнение принципиально сохраняет свой смысл, и мы можем ожидать, что когда Солнце покидает нас на западе, то получается некоторое действие, соответствующее тому, какое получилось бы при приближении с востока массы холодного воздуха; это действие нарастает и затем уменьшается, а за ним следует другой ряд действий, когда Солнце вновь восходит и приносит с собою теплый воздух.

2879. Плотность атмосферы по направлению вверх уменьшается, и это уменьшение влияет на прохождение магнитной силы, но поскольку оно является постоянным, вызываемое им действие является точно так же постоянным. Часть атмосферы, на которую распространяется нагревательное действие Солнца, по сравнению с ее толщиной, напоминает скорее воздушную плоскость, облегающую Землю, чем шар. Тем не менее как над этим слоем, так и под ним происходит искривление силовых

линий, и оно простирается как вверх в пустое пространство, так и вниз в Землю (2848), в соответствии с известным влиянием магнитной силы и вполне определенным ее характером (2809). Мы находимся на дне этого слоя воздуха, но так как здесь атмосфера плотнее, чем на высоте, и так как здесь она во многих случаях находится под более сильным влиянием температурных изменений, то в месте, в котором мы находимся, искривления и колебания, вызываемые нашими гипотетическими причинами, вероятно, достигают значительной степени.

2880. Существует бесчисленное множество обстоятельств, которые в большей или меньшей степени нарушают общее или среднее распределение температуры воздуха. Так, например, чередование моря и суши вызывает колебания температуры, которые оказываются неодинаковыми в различные времена года; о раамере этих колебаний можно судить по превосходным картам изотерм Дова (Dove), которые, к счастью, теперь можно иметь в нашей стране.¹ Можно думать, что эти колебания вызывают не только различия в правильности, направлении и величине магнитных колебаний, но, в силу своей близости, и столь большие различия, что часто они могут превышать среднюю вариацию за данный короткий период времени; они могут причинять также неправильности в момент их наступления.

2881. Когда я думаю о вероятных результатах магнитного действия атмосферы, то мне представляется, что если бы земную магнитную силу можно было освободить от всех периодических и малых возмущений и установить ее распределение на данное время вперед, то она все-таки включала бы в себе некоторые также явления, которые представляют собой действие атмосферного магнетизма. Так, например, на данной площади Земли в широтах, лежащих между 24° и 34° , имеется больше по весу воздуха, чем в каком-либо другом месте на больших широтах или на экваторе, и это должно вызвать отличие от того распределения силовых линий, какое имело бы

¹ Report of the British Association, 1848, стр. 85.

место, если бы в указанном отношении существовало равенство или если бы не было атмосферы. Далее, в экваториальных частях Земли температура воздуха выше, чем на широтах, расположенных к северу или к югу от них; а так как повышение температуры понижает проводимость по отношению к магнетизму, то доля силы, проходящая через указанные места, должна быть меньше, а доля силы, проходящая через более холодные места, должна быть больше, чем она была бы, если бы температура воздуха достигала одной и той же средней величины на всей поверхности земного шара или если бы атмосферы не существовало. Далее, на экваторе при подъеме вверх наблюдается большая разность температуры воздуха, чем в других местах; вследствие этого здесь нижняя часть атмосферы является не столь хорошим проводником по сравнению с ее верхней частью или с пустым пространством, как в других местах, где эта разность не столь велика. Следовательно, здесь магнитная сила должна в известной мере ослабляться, и силовые линии, в соответствии с изложенными ранее принципами (2808, 2821, 2877), должны в большей или меньшей мере отклониться от теплого воздуха и перейти в другие места, как напр. холодная атмосфера и пустое пространство наверху или Земля вниз.

2882. По магнитному строению и свойствам атмосферы можно, как мне кажется, ожидать, что *годовая вариация* будет иметь следующий вид. Допустим, что ось вращения Земли перпендикулярна к плоскости ее орбиты около Солнца, и отвлечемся на время от других причин магнитной вариации, кроме тех, которые зависят от атмосферы; тогда в обоих полушариях Земли и частях покрывающего их воздуха влияние Солнца и нагревание были бы одинаковы, или во всяком случае они пришли бы в некоторое постоянное относительное состояние, которое зависело бы от распределения суши и воды; а линии магнитной силы, расположившись определенным образом под влиянием больших преобладающих сил, в чем бы последние ни заключа-

лись, не изменялись бы благодаря каким-либо годовым изменениям, вызываемым атмосферой, поскольку суточная средняя атмосферного действия в данном месте была бы в течение всех времен года одинакова. При таких обстоятельствах можно было бы интенсивность и направление магнитных сил считать постоянными — при условии, что не происходило бы никаких заметных изменений благодаря различию расстояния от Солнца в различных частях орбиты; что же касается обоих магнитных полушарий, то каждое из них было бы эквивалентно и равно другому, и их можно было бы в это время считать находящимися в среднем или нормальном состоянии.

2883. Но так как ось вращения земли наклонена на $23^{\circ}28'$ к плоскости эклиптики, то оба полушария будут попеременно становиться одно теплее или холоднее другого, и это может вызывать изменение магнитных свойств. Воздух охладившегося полушария будет проводить магнитное действие лучше, чем если бы он находился в среднем состоянии, и количество проходящих через него силовых линий увеличится; в то же время в другом полушарии более теплый воздух будет проводить хуже, чем прежде, и интенсивность здесь уменьшится. В дополнение к указанному действию температуры здесь должно иметь место и другое действие, зависящее от увеличения весов доли воздуха в охладившемся полушарии, вследствие его сжатия здесь и одновременного расширения воздуха в более теплой половине: оба эти обстоятельства стремятся усилить отклонение силы в двух полушариях от нормального состояния силы. Таким образом, когда Земля проходит свой годичный путь, то полушарие, которое когда-то было более холодным, становится более теплым, и следовательно, его магнитная интенсивность становится настолько ниже средней, насколько раньше она была выше ее; в то же время в другом полушарии магнитное состояние изменяется от менее интенсивного к более интенсивному.

2884. Сумма магнитных сил, исходящих из Земли в каком-либо месте, где существует накопление, по одну сторону от

магнитного экватора, должна соответствовать сумме тех же сил по другую сторону от него (2809), и если эти силы станут более интенсивными на одном полушарии и более слабыми на другом, обязательно должно произойти соответствующее сжатие их на одной стороне и расширение на другой. Можно поэтому ожидать, что линия, на которой наклонение равно нулю, ежегодно передвигается попеременно к северу и к югу или что происходит какой-либо другой эквивалентный процесс. Мы можем себе представить состояние обоих полушарий с указанной точки зрения, если допустим существование некоторого колебательного перехода силы из одного полушария в другое, в течение которого характер и общее распределение этой силы остаются неизменными, но во время нашей зимы происходит концентрация и усиление ее интенсивности на севере и соответствующее рассеяние и ослабление интенсивности на юге; летом имеет место обратное явление.

2885. Можно предвидеть также изменения в отношении *направления*. Прежде всего, если допустить, что магнитные полюсы совпадают с полюсами Земли, то в охлаждающемся полушарии наклонение должно расти по направлению к средним и полярным областям этого полушария, но должно падать по направлению к магнитному экватору, что необходимо для соответствия (всей картины) со сжатием полушария большей силы и расширением полушария меньшей силы. С другой стороны, в нагреваемом полушарии наклонение должно уменьшаться в полярных и в средних его областях и увеличиваться по направлению к магнитному экватору. Магнитный экватор должен в течение каждого года перемещаться немного на север и на юг от среднего своего положения вместе со всей системой магнитных линий. Но так как магнитные полюсы не совпадают с полюсами Земли или с тем, что можно было бы назвать полюсами изменения температуры, то отсюда возникает некоторое изменение направления.

2886. Далее, возможно, что при охлаждении кислорода его парамагнитные свойства увеличиваются быстрее, чем изме-

няется температура, так что главное изменение в распределении силы земного магнетизма будет происходить в крайних северных и южных областях земли; в сочетании с задерживающим свойством Земли (2907) это может даже вызвать изменение, обратное тому, какое ожидалось ранее в более низких широтах. Если бы в течение нашей зимы силовые линии сходились в полярных областях и расходились в более низких широтах, то равновесие магнитной силы поддерживалось бы столь же хорошо, как если бы *все* силовые линии в нашем полушарии сжались и усилились и компенсировались бы соответствующим изменением на юге. В первом случае каждое полушарие приводило бы в равновесие собственные свои силы, в последнем случае они взаимно уравнивали бы друг друга. Не может быть, полагаю, сомнения в том, что, поскольку масса Земли и (пустое) пространство над нашей атмосферой остаются неизменными при годовой и суточной вариации, поскольку они стремятся ограничить каждое изменение, которое может зависеть только от изменения температуры состояния воздуха; они как бы ставят вариациям пределы по обе стороны — и при повышении и при понижении интенсивности, а при вариации направления — и справа и слева, более тесные пределы, чем это было бы при иных условиях.

2887. Далее, если предположить, что при изменении температуры все полушарие в целом *сразу подвергается влиянию* в одном и том же направлении, то все же это влияние в *различных широтах не тождественно, а различно*, так как величина указанного изменения в последних неодинакова.

2888. Различие между сушей и водой (2880) еще больше нарушает ожидаемое единообразие общего результата и приводит к тому, что в известных областях охлаждающегося полушария сила увеличивается в большей пропорции, чем в других областях, а когда эти обе части расположены на противоположных сторонах от магнитного меридиана какого-либо места, то они, вероятно, могут вызывать изменение склонения магнитной стрелки в этом месте.

2889. Так как на экваторе годовые изменения меньше, чем в тех областях Земли, которые расположены севернее или южнее его, то здесь, вероятно, имеет место лишь небольшая годовая вариация или же ее нет вовсе; совсем нет, конечно, вариации, связанной с изменением температуры воздуха или с его расширением, а есть лишь та часть ее, которая вызывается чередующимися изменениями в частях Земли, расположенных по обе стороны от экватора (2884).

2890. Можно ожидать другого явления, которое можно рассматривать как годовую вариацию, но которое связано с суточным изменением. Так как величина суточных изменений температуры атмосферы в данном месте, в средних северных и южных широтах, бывает летом больше, чем зимой, то можно ожидать, что так изменяются и соответствующие магнитные вариации, и что в северном полушарии они бывают больше, когда солнце находится на северной стороне экватора, и меньше, когда оно находится в южном полушарии и вызывает здесь соответствующие изменения.

2891. Из очень важного исследования полковника Сэббейна,¹ основанного на результатах наблюдения в Торонто и Гобартоне, следует, по-видимому, тот факт, что в обоих полушариях магнитная интенсивность бывает больше в течение тех месяцев, которые в северном полушарии приходятся на зиму, а в южном полушарии на лето. Было бы чрезвычайно желательно произвести аналогичные наблюдения в других местах: они выяснили бы, не имеет ли какое-нибудь отношение к данному вопросу различное распределение суши и моря, или же результаты наблюдения в Торонто и Гобартоне являются правильными показателями влияния полушарий. Если допустить, что Торонто и Гобартон являются такими показателями, то в обоих полушариях наклонение больше (т. е. в Торонто больше северное, а в Гобартоне больше южное) в тече-

¹ On the means adopted for determining the Absolute Values, Secular Change, and Annual Variation of the Magnetic Force, *Philosophical Transactions*, 1850, стр. 201.

ние тех месяцев, которые являются в северном полушарии зимними, а в южном полушарии — летними. Было бы очень важно выяснить, существует ли какая-нибудь *годовая* вариация наклоения или полной магнитной силы в экваториальных областях земного шара. Стоило бы специально для этой цели устроить наблюдательную станцию. Необходимые для этого приборы очень просты, и наблюдения требовали бы лишь одного наблюдателя. Эти наблюдения описаны в упомянутой выше работе. К несчастью, подобных наблюдений в Великобритании даже не производили.

2892. Выше было в общем указано, каким образом действие Солнца на нашу атмосферу может производить суточную вариацию или оказать на нее влияние, когда Земля вращается в его лучах. Вся часть атмосферы, обращенная к Солнцу, получает способность преломлять проходящие через нее магнитные силовые линии, а вся часть ее, покрывающая менее освещенное полушарие, приходит в столь же измененное, но в противоположном направлении состояние по сравнению к среднему состоянию воздуха. Получается так, как будто бы Земля была заключена между двумя огромными магнитными липзами, которые способны влиять на направление проходящих через них силовых линий.

2893. Я уже говорил, что действие атмосферы, подвергающейся такому влиянию, можно до некоторой степени сравнить, в ночное время, с действием некоторого огромного, рассеянного и очень слабого обыкновенного магнита; этот магнит занимает то положение, какое он должен был бы естественно занять соответственно линии наклоения, перемещается над ним с востока на запад и включает нас в течение этого времени в сферу своего влияния. В дневное время это действие подобно влиянию такого же перемещения, но не магнита, повернутого в противоположную сторону, а соответствующего шара диамагнитного вещества (2821). Если допустить, что максимум тепла и холода приходится на полдень и полночь, то мы можем ожи-

дать, что максимальные влияния будут иметь место также примерно в эти периоды, поскольку это относится к изменениям интенсивности (2824, 2866), ибо при прочих равных условиях именно в центральных участках нагретых и охлажденных масс различные интенсивности должно быть наибольшим.

2894. Можно было бы ожидать, что это изменение *интенсивности* окажется наибольшим в той части земного шара, над которой Солнце проходит отвесно или почти отвесно; однако это может зависеть по меньшей мере от двух обстоятельств: во-первых, от того, будет ли в данном месте разность между дневной и ночной температурой больше, чем в других местах, ибо величина изменения может зависеть частью от этой разности, а затем от того, будет ли величина ожидаемого действия одинакова в любой части шкалы (2886) при одной и той же разности (в градусах) температуры. Если в результате будущих экспериментальных измерений (2960) будет установлено, что проводимость кислорода (2800) при более низкой температуре увеличивается при понижении на данное число градусов в большей пропорции, чем при более высокой [учитывая здесь и явление сжатия при этом понижении (2861)], тогда возможно, что влияние, которое испытают места, отстоящие от Солнца более далеко, будет больше, чем влияние на места, находящиеся под ним; а при обратном отношении влияния, которое они испытают, будет меньше, чем этого можно было бы ожидать при других обстоятельствах.

2895. Что касается суточных вариаций, то выше (2879) были указаны те принципиальные изменения, которых можно ожидать в *направлении* магнитных силовых линий Земли, или в *наклонении* и *склонении* магнитной стрелки. Мне остается сравнить эти ожидания с небольшим числом простых случаев наблюдения и сделать это в таком виде, чтобы отсюда можно было бы усмотреть следующее: тождественны ли два *направления* действия: то, которое вытекает из теории, и то, которое наблюдается в действительности; и далее: насколько пригодно, что рассматриваемое явление отнесено к под-

линой своей причине. Для этой цели я ограничусь сейчас исключительно одной стороной суточной вариации, а именно, влиянием Солнца и воздуха, когда светило подходит к меридиану и переходит через последний.

2896. Я воспользуюсь для этой цели последним томом, являющимся плодом глубокого ума и исключительного трудолюбия полковника Сэбайна;¹ я возьму случай Гобартона. Обсерватория расположена здесь на $42^{\circ}52'.5$ южной широты и $147^{\circ}25'.5$ восточной долготы от Гринвича. Абсолютное склонение составляет $9^{\circ}60'.8$ на восток, а наклонению — $70^{\circ}39'$ на юг. Для того, чтобы иметь в одном месте положение Солнца и время максимума и минимума температур, я перенес среднюю температуру за январь (лето) за семь лет (1841—1848) и среднюю температуру за июнь (зима) за тот же период, соответствующие каждому часу дня и ночи, со страниц тт. XXXIV и CVIII на рис. 206, табл. I, где средний ряд чисел дает часы, ближайшая под ним внизу линия представляет собою основную линию температуры в 30° Фаренгейта, а расположенные еще ниже две линии дают среднюю часовую температуру летом и зимой. Короткие линии указывают вообще направление магнитной стрелки к востоку или к западу от среднего ее положения, причем верхний их конец является, конечно, северным. Положения около полудня показаны с помощью сплошных линий, так как эти положения понадобятся нам ближайшим образом в качестве иллюстрации.

2897. Северный конец магнитной стрелки в Гобартоне отклоняется дальше всего на восток в 2 ч. и дальше всего на запад — около 21 ч. Находясь в крайнем западном положении в указанное время, он затем проходит всю шкалу вариаций, т. е. доходит до крайнего восточного положения, за пять часов, т. е. к 2 ч., а после этого остальные девятнадцать часов требуются ему для того, чтобы вернуться к крайнему западнему положению. Максимумы восточного и запад-

¹ *Magnetical and Meteorological Observations, Hobarton, I, 1850.*

ного склонения приходится на 2 ч. и 21 ч. летом и на 3 ч. и 22 ч. зимою. Вертикальные положения показывают, в какие часы склонение было равно 0, и они соответствуют нулю Сэбайна. От 21 до 2 ч. стрелка переходит от одного крайнего положения своей вариации до другого, причем северный или верхний конец в направлении, обратном Солнцу, так что этот конец стрелки и Солнце вместе пересекают меридиан в противоположных направлениях примерно около полуночи или немного раньше этого. Около 2 ч. стрелка останавливается, а затем обращается на запад, следуя за Солнцем. Будет уместно отметить, что северный конец стрелки, движения которого были только что описаны, является тем концом, который обращен к экватору, а также верхним концом стрелки наклонения в Гобартоне. Эта особенность в дальнейшем приобретет еще большее значение.

2898. Таким образом, в то время, когда есть Солнце, причина, действующая на стрелку, оказывается более мощной и более сконцентрированной, чем когда оно отсутствует. Здесь имеется соответствие между моментом действия и моментом, когда Солнце может оказать наибольшее влияние на те магнитные состояния атмосферы, которые согласно настоящему предположению обуславливают это действие.

2899. При рассмотрении рис. 206 можно увидеть, что время максимальной температуры не совпадает с тем временем, когда Солнце находится в меридиане, но наступает как летом, так и зимой на два часа позже. Но когда мы говорим о температуре и ее влиянии на магнитное состояние воздуха, а через него — на магнитную стрелку, то, как мы предполагаем, на стрелку влияет не температура данного места, а температура огромных масс воздуха над ним, равно как и под ним; о ней температура в данном пункте (впрочем, она все же может представить некоторую важность, если мы сумеем надлежащим образом истолковать ее) дает нам лишь очень слабое представление, а то и никакого. Тем не менее существует несколько моментов, к которым температура имеет более прямое отноше-

ние. Так, величина вариации температуры бывает летом вдвое больше, чем зимою, а величина вариации склонения возрастает в той же пропорции (2890). Температурный минимум наступает зимою позднее, чем летом; равным образом и крайнее западное склонение магнитной стрелки в этот же период наступает позднее.

2900. Изменение *направления* магнитных линий Земли мы познаем путем наблюдений в двух плоскостях: во-первых, в горизонтальной плоскости, в которой наблюдается положение к востоку или западу, дающее склонение; во-вторых, в вертикальной плоскости, проходящей через линию среднего склонения; в этой плоскости наблюдают наклонение. Направление силовой линии, отнесенное к этой плоскости, может изменяться таким образом, что наклонение будет увеличиваться или уменьшаться; в некоторых местах оно увеличивается в тот самый час по местному времени, когда в других местах оно уменьшается. Так, оно увеличивается в Гринвиче в то время, как на Св. Елене, лежащей почти на том же меридиане, оно уменьшается. В Гобартоне оно быстро изменится при крайних отклонениях на восток и на запад, т. е. около 2 ч. и 21 ч. С полудня примерно до 3 ч. оно убывает, затем летом сохраняет наибольшее свое отклонение до 18 или 19 ч., а с этого времени начинает увеличиваться примерно до 22 ч. и остается почти на максимуме до полудня. Отсюда понятно, что наклонение вообще бывает наибольшим в то время, когда северный конец магнитной стрелки между 21 и 2 ч. дня быстро перемещается с запада на восток, и наименьшим — в течение остальной, т. е. более продолжительной части ее пути. Хотя изложенный здесь порядок отчасти нарушается явлениями, происходящими ночью (они будут рассмотрены ниже), тем не менее он всегда наблюдается, как общее правило.

2901. Все это можно грубо представить с помощью рис. 207 (2909), на котором *EW* — путь Солнца во время суточного его пробега между тропиками в 21 час, в 22 часа и т. д., а *e* изображает путь, описываемый северным, или верхним концом

магнитной стрелки, свободно подвешенной в Гобартоне и показывающей, таким образом, как склонение, так и наклонение, т. е. все направление. Если смотреть сверху на такую магнитную стрелку, то верхний конец ее опишет путь, показанный стрелкой, а ее положение в каждый данный час в достаточной мере дается пунктирными линиями.

2902. Эта связь между движением магнитной стрелки и движением Солнца была известна уже давно; она имеет большое значение для моей гипотезы о физической причине этих изме-

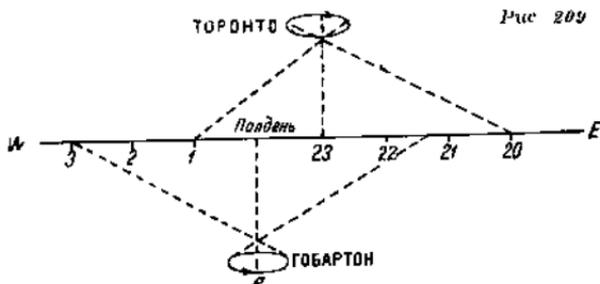


Рис. 207.

нений. По отношению к рассматриваемой мною части действия дело обстоит таким образом, как если бы магнитный полюс той же природы, что и верхний конец Гобартонской магнитной стрелки, взшел вместе с Солнцем и прежде всего отогнал бы этот конец на запад. К 19 ч. стремление на запад уменьшается, но увеличивается стремление на юг. В 21 ч. солнечная сила, исходящая не прямо из Солнца, но из области атмосферы, находящейся под ним, возрастает; однако этого увеличения оказывается недостаточно, чтобы уравновесить более благоприятное его положение: сила Земли ведет магнитную стрелку назад по склонению, и она идет тогда на восток, но движение на юг, т. е. наклонение, продолжает увеличиваться. Около 24 ч., т. е. в полдень, Солнце ведет себя индифферентно по отношению к восточному и западному склонению, но его южное действие сильно, и тогда, или же немного позд-

нее, оно доводит наклонение до максимума. Когда затем Солнце уходит на запад от магнитной стрелки, то в течение некоторого времени его способность отгонять на восток находящийся позади него полюс возрастает, между тем как сила, вызывающая наклонение, уменьшается до тех пор, пока в 2 или 3 ч. сила Земли снова одерживает верх, так как сила Солнца с увеличением расстояния убывает, и тогда магнитная стрелка возвращается к наименьшему своему наклонению и среднему склонению.

2903. Все вышеизложенное можно показать на опыте, если магнитный полюс перемещать на северной стороне от магнитной стрелки наклонения таким образом, чтобы он представлял собою место нагретого Солнцем воздуха в Гобартоне; полюс этот должен быть того же рода, что и северный или верхний конец магнитной стрелки. Я уже указывал (2877, 2863), что когда масса воздуха нагревается в магнитном силовом поле, то ее магнитная проводимость должна уменьшаться, и тогда в соединении с менее нагретым воздухом она должна отклонять силовые линии, приходя в то состояние, которое я обозначил как состояние диамагнитной полярности проводимости; она дает тогда действительную полярность, или скорее действительное изгибание силовых линий, которое должно действовать на магнитную стрелку именно так, как это происходит в действительности. Когда Солнце восходит и продвигается к северу от такого места, как Гобартон, то под приближающимся его влиянием атмосфера под ним все больше и больше нагревается и расширяется, и если вспомнить шаровую модель с воздухом (2864, 2877), получается так, как если бы подобная теплая масса воздуха перемещалась с солнцем через все экваториальные области, одновременно расширяясь далеко на север и на юг от экватора; включая в сферу своего влияния Гобартон, она должна вызывать в нем те явления, которые там наблюдаются на самом деле.

2904. Если принять такую картину явления, можно понять причину того, что для возвращения магнитной стрелки с за-

ида на восток, когда Солнце проходит через свой меридиан, требуется короткое время, а для прохождения ее с востока на запад, когда влияние Солнца медленно убывает, а затем в течение оставшейся части его пути медленно возобновляется, требуется продолжительное время, причем в данном случае следует отвлечься от парамагнитных явлений, которые вызываются холодом.

2905. Я рассмотрю теперь суточные вариации в Торонто; они даны в томе магнитных наблюдений, опубликованном трудами того же автора, которому принадлежат и предыдущий том,¹ а также в последующих наблюдениях вплоть до 1848 г.; я получил их благодаря любезности полковника Сэббайна. Эта обсерватория расположена на $43^{\circ}39'35''$ северной широты и $79^{\circ}21'30''$ западной долготы. Абсолютное склонение составляет здесь $1^{\circ}21'3''$ на запад, а среднее или абсолютное склонение равно $75^{\circ}15'$ на север, так что по отношению к Гобартону Торонто находится на другой стороне от экватора и почти на противоположном краю света. Результаты за месяцы июнь и декабрь представлены на чертеже (табл. I, рис. 208), аналогичном чертежу для Гобартона (2896); при этом часы показаны по времени в Торонто.

2906. Когда речь идет о склонении, обычно имеют в виду северный конец магнитной стрелки. Ход этого конца в Торонто во время прямого действия Солнца таков: с 16 ч. он постепенно движется на восток, в 20 ч. достигает крайнего восточного положения, а затем в течение шести часов возвращается из восточного положения в крайнее западное, после чего снова движется на восток от Солнца. Но мы переделаем все сказанное так, чтобы следить за движением экваториального конца магнитной стрелки, так как этот конец является *верным*, когда стрелка свободна, и именно он нас больше всего интересует в целях сравнения с Гобартоном; тогда мы

¹ *Magnetical and Meteorological Observations*. Toronto, 1840, 1841, 1842, Sabine.

увидим, что этот конец занимает крайнее западное положение в 19 или 20 часов; оставив это положение в указанное выше время, он быстро движется на запад, проходя весь ряд вариаций, т. е. достигая крайнего восточного положения за шесть часов, т. е. к 2 часам, после чего он возвращается, идя вслед за Солнцем.

2907. По поводу этих результатов я мог бы повторить те же слова, которыми я пользовался раньше при разъяснении явлений в Гобартоне; однако в интересах краткости я просто сошлюсь на них. Как и там, величина вариации склонения летом вдвое больше, чем зимою. Разность температур втрое больше. Как наибольшее западное склонение, так и наибольшее восточное бывают и зимою и летом в 20 часов и в 2 часа, так что и зимою и летом магнит придерживается этих сроков. Но моменты максимумов и минимумов холода, как это было показано раньше, летом и зимой неодинаковы, ибо максимум холода бывает летом в 4 ч., а зимою — в 2 ч.; максимум тепла бывает летом в 16 ч., а зимою — в 20 ч. Однако в этом различии не имеется ничего странного, так как можно сразу увидеть, что зимою максимум тепла передвигается ко времени наиболее сильного действия в одном направлении, а минимум передвигается к нему в другом направлении. Таким образом, прохождение Солнца через меридиан и период быстрого движения с запада на восток все же друг с другом совпадают.

2908. Другим элементом направления является наклонение. Его изменение очень невелико, но протекает следующим образом: главный максимум наклонения приходится на 22 ч., а минимальное наклонение — на 4 ч.

2909. Таким образом, все эти явления могут быть тоже в общем представлены с помощью эллипса (рис. 209), как это было сделано для Гобартона, и я могу сослаться на сказанное там, если вместо слова Гобартон буду употребить Торонто и вместо юга север (2901). Когда Солнце проходит с востока при своем движении между этими двумя местами, то

действием изменяющейся под ним атмосферы оно отгоняет верхние концы их магнитных стрелок вперед от себя и прочь со своего пути, как если бы оно было северным полюсом по отношению к Гобартоновскому магниту и южным полюсом по отношению к магниту Торонтовскому. В 22 часа (магнитная) сила Земли и действие воздуха, вызываемое положением Солнца, позволяют верхнему концу магнитной стрелки вернуться на восток, хотя наклонение в течение некоторого времени продолжает увеличиваться (2902). Обе стрелки быстро выполнят круговое колебание с запада на восток, когда Солнце проходит через меридиан, и затем, достигнув своего крайнего восточного положения, вскоре следуют за ним под влиянием силы Земли, которой все меньше и меньше противодействует удаляющееся Солнце. Сходство между Гобартоном и Торонто столь поразительно, что полковник Сабайн уже раньше его заметил и особо описал;¹ он показал, что если изобразить направление движения в обоих случаях с помощью кривых и если эти кривые наложить друг на друга лицевыми сторонами, то они почти в точности совпадут, с тем лишь единственным отличием, что изменения в Гобартоне происходят раньше соответствующих изменений в Торонто на час или несколько больше по местному времени.

2910. Мы не можем экспериментально показать это суточное действие на такие две стрелки, как стрелку в Гобартоне и Торонто, если у нас имеется только один магнитный полюс, но мы в состоянии это сделать с каждой из них в отдельности, пользуясь различными полюсами. Впрочем, из нашей гипотезы мы сразу видим, почему Солнце влияет указанным выше образом (2877) и каким образом получается, что область влияющей атмосферы, сопровождающая его в его суточном движении вокруг земного шара, оказывает одно действие на северных широтах и другое — на южных (2903). Точно так же ясны причины того, почему дневное перемещение кратковре-

¹ Hobarton Magnetical Observations, 1850, стр. XXXV.

менно, а ночное движение продолжительно (2904). Существование возмущений или вторичных силовых полн в ночное время, а также свойства основной вариации и вторичных колебаний летом и зимой будут рассмотрены в дальнейшем.

2911. Гринвич. Нижеприведенные данные взяты из тома гринвичских наблюдений за 1847 г. Гринвич расположен на $51^{\circ}31'$ северной широты, и поскольку эта станция по долготе находится почти на 80° к востоку от Торонто, она образует довольно яркий контраст по отношению к последнему, а равно к Гобартону. Среднее склонение здесь составляет $22^{\circ}51'18''$ к западу, а среднее наклонение — 69° к северу. Так как для удобного сравнения с наблюдаемым суточным влиянием Солнца (2906) мы должны следить за верхним концом стрелки наклонения, то я опишу те части его пути и местоположения, которые нас теперь интересуют, относя их при этом к гринвичскому времени. Начиная двигаться на запад перед 19 или 20 ч., конец стрелки возвращается затем на восток и за шесть часов, т. е. к 1 ч. или к 2 ч. проходит весь большой солнечный путь, после чего возвращается на запад, следуя за светилом. Вертикальная сила оказывается наибольшей между 3 и 4 ч., а наименьшей — между 11 и 13 ч. Таким образом, южный конец стрелки оказывается приподнятым выше в первый из этих промежутков и ниже — во второй. А так как последнее имеет место в течение продолжительной части обратного движения с востока на запад, включая и ночные часы, то нам понятно, что верхний конец стрелки выполняет свой суточный путь по неправильной замкнутой кривой, которую в основном может представлять эллипс для Торонто, показанный на рис. 209 (2902). Он проходит его в течение ночных часов медленно с востока на запад, приближаясь одновременно к экватору, и затем возвращается с запада на восток с гораздо большей скоростью, проходя эту часть своего пути на большем расстоянии от экватора и ближе к полюсу.

2912. Вашингтон С. Ш. Северная широта $38^{\circ}54'$, западная долгота $77^{\circ}2'$ от Гринвича. Среднее склонение $1^{\circ}25'$ на запад; среднее наклонение $71^{\circ}20'$ на север. Южный или верхний конец магнитной стрелки утром, около 20—22 ч., занимает крайнее западное положение, а около 2 ч. — крайнее восточное; затем он медленно возвращается на запад, действуя ночью так же, как в приведенных выше случаях, и около 20—22 ч. снова приходит в крайнее западное положение. По отношению к местоположению Солнца это в точности то же самое движение склонения, что и в приведенных выше местах. У меня нет данных об изменении наклонения, но, исходя из теоретических соображений, можно заключить, что оно будет наибольшим между 22 и 2 ч. и наименьшим в вечернее и ночное время. Общая величина изменения склонения бывает максимальной, как и раньше, летом в июле она составляет $9'.87$, а в декабре — лишь $4'$. Максимальная разность земной температуры приходится точно так же на июль и составляет почти 20° Фаренгейта, между тем как в декабре и январе она равна лишь 10° Фаренгейта. Кратчайший промежуток между крайними температурами, в течение которого, значит, происходит наиболее быстрое изменение температуры, приходится на время от 16—18 ч. до 2 ч. и, таким образом, он попадает и на полдень. Все эти обстоятельства, действуя совместно, вызывают максимальное магнитное действие, и последнее происходит в том направлении, какое предусматривает наша гипотеза.

2913. Озеро Атабаска. Северная широта $58^{\circ}41'$, западная долгота $111^{\circ}18'$ от Гринвича, среднее склонение 28° на восток. Наблюдения имеются лишь за пять месяцев, но так как этот пункт расположен на большой широте и может оказаться важным для последующих соображений, то я припожуж здесь соответствующие данные. Крайнее западное положение верхнего конца магнитной стрелки приходится примерно на 17 или 18 ч., а крайнее восточное — на 1 или 2 ч.; таким образом, поскольку речь идет о склонении, действие

Солнца и атмосферы таково же, как в вышеприведенных случаях. Величина вариации склонения очень велика; она составляет в октябре $21'.32$, в ноябре $10'.8$, в декабре $9'.78$, в январе $16'.29$ и в феврале $14'.87$.

2914. Форт Симпсон. Северная широта $61^{\circ}52'$, западная долгота $121^{\circ}30'$ от Гринвича, среднее склонение 38° на восток. Эти наблюдения охватывают лишь два месяца, а именно апрель и май 1844 г. Крайнее западное положение верхнего или южного конца магнитной стрелки приходилось на 19 ч., а крайнее восточное положение — на 2 ч. Таким образом, эти данные находятся в совершенном согласии с предшествующими наблюдениями и выводами. Величина вариации, как она дана в горизонтальной плоскости, очень велика: она составляет $36'.26$ в апреле и $32'$ в мае.

2915. С. Петербург. Северная широта $59^{\circ}57'$, восточная долгота $30^{\circ}15'$ от Гринвича, среднее склонение $6^{\circ}10'$ на запад, наклонение $70^{\circ}30'$ на север. Данные наблюдения представляют среднее за шесть лет; они показывают, что верхний конец магнитной стрелки, по отношению к полудню, в течение месяцев от марта до августа достигает крайнего западного положения примерно около 19—20 ч. дня, а в течение остальных месяцев он в те же часы занимает западное положение. Крайнее восточное положение приходится для всех месяцев примерно на $1\frac{1}{2}$ ч., так что влияние Солнца при прохождении его через полуденный период оказывается таким же, как и в предыдущих случаях. Наибольшая величина изменения составляет $11'.52$ в июне; зимою она понижается до $1'.77$. Согласно теории можно ожидать, что наклонение в течение дневных часов увеличивается, а ночью уменьшается.

2916. Таким образом, все приведенные выше случаи, которые, охватывая основные особенности суточного изменения и действия Солнца, были выбраны в качестве первого и проверочного испытания правильности гипотезы, согласно свидетельствуют, насколько они могут это сделать, в пользу той точки зрения, которую я выдвигаю в качестве их причины;

и я до сих пор не нашел ни одного примера, который хоть видимо противоречил бы действию Солнца. Они значительно помогают нам выработать ясное представление о том, каким образом действует предполагаемое влияние Солнца и воздуха не только в подобных случаях, но и в отношении других последствий, т. е. в отношении всего того, что собственно попадает под понятие атмосферного магнетизма. Поэтому я теперь заново изложу с большей подробностью те принципы, которые, согласно нашей гипотезе, лежат в их основе; я надеюсь, что мне, быть может, выпадет счастье помочь постепенному выяснению *истинной физической причины* рассматриваемых магнитных изменений.

2917. Пространство, в котором нет вещества, допускает прохождение через него магнитной силы (2787, 2851). Парамагнитные тела либо увеличивают, либо уменьшают величину этого пропускания (2789). Это действие тел я временно назвал магнитной проводимостью и, как мне думается, я дал поначалу достаточно экспериментальных доказательств существования этой способности и ее возмущающего действия на магнитные силовые линии (2843). Атмосфера, благодаря содержащемуся в ней кислороду (2861, 2863), является парамагнитной средой, и ее проводимость сильно понижается при повышении температуры (2856) и при разрежении (2782, 2783), как это было в полной мере доказано и на опыте, Солнце является фактором, который как нагревает, так и разрежает атмосферу, и при суточном его движении место наибольшего нагревания и разрежения должно находиться, вообще говоря, под ним. Неправильности в свойствах земной поверхности и другие причины вызывают местные отклонения от точного местоположения максимума, но в верхних слоях воздуха эти отклонения, вероятно, частью, если не полностью, исчезают.

2918. Мы примем, что *воздух под Солнцем* претерпевает наибольшее магнитное изменение; ограничим наше внимание тем местом, над которым Солнце стоит вертикально; рассмотрим, в этих предположениях, состояние атмосферы в этом месте и

в других связанных с ним местах; тогда, конечно, предположение о шаре воздуха над этим местом не будет подходящим (2877). Мы должны сначала предположить, что Солнце далеко и что атмосфера находится в некотором среднем, в отношении температуры, состоянии, и затем допустить, что Солнце находится в меридиане данного места. Тогда нас будет интересовать величина, которой достигнет изменение температуры и расширение воздуха под местом Солнца и вокруг него, а также — каким образом изменение возникает и прекращается. Что касается земной поверхности, то ее изменение будет наибольшим где-нибудь под Солнцем и будет уменьшаться в каждом направлении вокруг этого места, сводясь почти к нулю, с точки зрения прямого действия, в той части Земли или на том круге ее, где солнечные лучи падают по касательной. Что касается (влияния) высоты, то еще неизвестно, точно ли действие имеет наибольшую величину на поверхности Земли и действительно ли оно уменьшается по мере подъема. По вопросу об атмосфере: ее действие, конечно, должно прекращаться вместе с ней; впрочем, по отношению к самой пустоте (2851) могут возникнуть некоторые особые соображения и оговорки. Что касается изменений, которые могли бы вызываться влиянием Солнца в противоположном полушарии, то хотя здесь нет никакого прямого влияния, однако имеется косвенное; оно вызывается понижением температуры воздуха по сравнению с тем состоянием, до которого Солнце довело его, когда оно находилось над горизонтом. Это изменение должно быть более медленным и неправильным и должно нарушаться местными и другими обстоятельствами в большей мере, чем противоположные изменения, вызываемые прямым влиянием светила. Это изменение, согласно нашей гипотезе, и вызывает второй максимум или минимум или иные повторяющиеся ночные действия, которые обнаруживаются магнитной стрелкой в те часы, когда Солнце отсутствует.

2919. Исходящие из магнита силовые линии как бы прикреплены особым образом своими концами к определенным местам, как это хорошо известно из опыта лицам, работавшим над этим

предметом. Таким же образом и линии, которые исходят из Земли, более или менее круто, в соответствии с величиной наклона, удерживаются снизу силой, прикрепляющей их к определенному месту; а так как действие Земли по сравнению с действием атмосферы, неизменно, то эти линии внизу в большей или меньшей мере ограждаются от изменения во время изменений действий атмосферы. Эта связанность с Землей является главной причиной известных особенностей явлений, наблюдаемых нами в атмосфере, и она вызывает то вращение силовой линии около среднего ее положения, которое, как мы видели выше, происходит при обороте Солнца; мы встретимся с ним снова при рассмотрении действий холодного воздуха. Это свойство привязанности силовых линий в их нижнем конце имеет место на любой станции, где вообще существует хоть какое-либо наклонение; вследствие этого для каждой из них имеется некоторая точка сходимости, около которой происходит движение верхнего конца магнитной стрелки (2909, 2932).

2920. Итак, атмосфера под влиянием Солнца претерпевает на Земле наибольшее изменение в том месте, которое лежит под этим светилом. Она приобретает при этом способность влиять на магнитные силовые линии иначе, чем она влияет на них при отсутствии Солнца. Она превращается при этом в огромную магнитную линзу, способную преломлять эти линии, и она производит это, по-видимому, нижеследующим образом. Все линии, проходящие через этот нагретый и расширившийся воздух, окруженный другим не столь сильно нагретым воздухом, должны, ввиду того что теплый является более плохим магнитным проводником, чем холодный (2861, 2862), стремиться отходить друг от друга (2807), а масса нагретого воздуха, как целое, должна прийти в состояние диамагнитной полярности. Следовательно, если для простоты допустить, что магнитный и астрономический полюсы нашей земли совпадают, и если рис. 240 представляет сечение через эти полюсы и через место, где находится Солнце, то *N* и *S* будут магнитными полюсами, а различные кривые, пересекающие контур круга, достаточно хорошо пред-

ставят ход магнитных линий у поверхности Земли; H будет Солнце, a будет тем местом, которое лежит прямо под Солнцем, причем это место совпадает и с магнитным экватором. С помощью рис. 210 мы получим также пояснение предположенного (нами) действия на наклонение магнитной стрелки.

2921. Если прежде всего рассмотреть точку a и временно допустить, что максимальное изменение воздуха претерпевает всегда на поверхности Земли, то мы найдем, что здесь силовые линии разойдутся, сохраняя до известной степени свое параллельное или концентрическое расположение. Следовательно, магнитная стрелка, способная двигаться в любом направлении и потому располагающаяся по силовой линии, будучи помещена в данном месте, не изменит своего положения. Она, быть может, покажет некоторое ослабление магнитной силы, проходящей через это место. Однако в силу того соображения, которое я изложил раньше (2868), я полагаю, что стрелка покажет возрастание интенсивности,

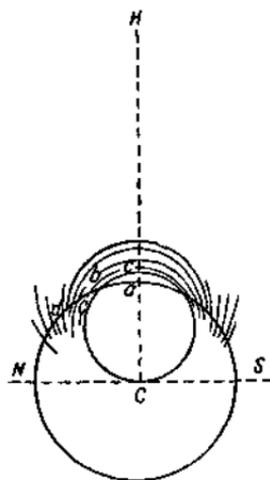


Рис. 210.

так как прирост сосредоточенной в ней силы, вызванной понижением проводимости воздуха в данном месте, приедет к тому, что она будет действовать, как более мощная стрелка.

2922. Если перейти к точке b , то здесь силовые линии имеют уже наклонение. Они будут здесь испытывать на себе то же самое физическое влияние, что и раньше, т. е. их части в воздухе будут расходиться; однако и здесь, как равно и в предыдущем случае, их кривизна не останется прежней, так как по направлению к Земле и внутри последней, где они берут свое начало, они в большей или меньшей степени ограждаются от изменения благодаря неизменности действия Земли (2919); в то же время своими участками, более выдвинутыми вперед, напр. в c , они

входят в такие места атмосферы, которые расположены ближе к наиболее интенсивным линиям солнечного действия HC ; вероятно, они попадают и в область наиболее интенсивного действия, а также в (пустое) пространство; а вследствие этого стремятся разойтись под действием напряжения своих частей, претерпевших изменение в воздухе, и смещение их делается больше, чем это может произойти внутри Земли (2848). Таким образом, силовая магнитная линия в b не останется уже параллельной самой себе: будучи при нормальных условиях несколько наклонена к горизонту, она теперь наклонится сильнее, т. е. ее наклонение благодаря присутствию Солнца делается больше. Это — факт, который обнаруживается стрелкой, когда движением своего верхнего конца она показывает положение линии наклонения (2908) в Гобартоне, Торонто и в других местах; ибо ясно, что все, происходящее на одной стороне от местоположения Солнца и магнитного экватора, когда, как мы приняли (2920), они совпадают, случится и на другой стороне.

2923. Рассматриваемый случай можно для более легкого запоминания описать проще; действие Солнца заключается в том, что оно приподнимает магнитные кривые над экваториальными и соседними с ними местами поверхности Земли выше их нормального положения; этим самым оно одновременно влияет на северное и южное наклонение и их увеличивает.

2924. В месте a должно получиться подобное же влияние на наклонение; рассуждая теоретически, это влияние должно быть таково же даже у N и S . Согласно нашему предположению, в точке a наклонение совершенно не изменяется, но если двигаться отсюда на юг или на север, то изменения возникают и увеличиваются. Представляется маловероятным, чтобы у N или S изменение было максимальным, но широта, на которой это происходит, должна зависеть от совокупности многих обстоятельств, возникающих, когда около шара непрерывно обращается магнитная линза, как я это пытался описать.

2925. Мы принимали до сих пор, что Солнце находится в H ; теперь предположим, что мы смотрим на чертеж по вертикали,

ставши лицом яа восток. Солнце появляется с востока, проходит над нашей головой и приносит с собою то состояние атмосферы, которое является причиной изменения. При этом все магнитные кривые будут подниматься; наклонение в b и d будет увеличиваться; равным образом во всех местах по обе стороны от a , где раньше наклонение имелось, оно будет увеличиваться в противоположных направлениях. Это будет продолжаться до тех пор, пока Солнце не окажется в зените, а когда оно затем продвинется дальше и зайдет позади нас, силовые линии вновь сойдутся, а наклонение уменьшится до первоначальной своей величины. Максимальное наклонение будет иметь место, когда Солнце будет находиться вблизи зенита, а минимальное — когда Солнца совсем не будет (над горизонтом).

2926. Но если бы результирующая силы находилась в верхних слоях атмосферы (2937), что представляется наиболее вероятным, так как благодаря теплоте вся атмосфера действует диамагнитно, то результаты оказались бы иными. В самом деле, если бы эта сила была над a , то силовые линии оказались бы *отжатыми* вниз, и наклонение в этом месте уменьшилось бы; в b оно в этот момент, может быть, не испытало бы на себе никакого влияния; в более высоких широтах оно увеличилось бы, в соответствии с тем, как проходит силовая линия результирующей в атмосфере, где бы это ни происходило: вне или внутри угла, образуемого наклонением с горизонтом заданного места. Св. Елена, Мыс Доброй Надежды и Гобартон дают примеры этих трех случаев.

2927. Одновременно претерпит изменение величина всей силы; сила, проходящая через данную площадь, будет минимальной, когда Солнце будет находиться в зените, и максимальной, когда Солнца не станет (2863). Полное изменение силы будет наибольшим в a , и отсюда на север и на юг оно будет уменьшаться. Суточные изменения наклонения в настоящее время нам еще столь недостаточно известны, что мы не в состоянии сказать, насколько действительные изменения находятся в согласии с ожидаемыми, но имеющиеся наблюдения с теорией согласуются.

2928. Если Солнце находится не над экватором, а у которого-нибудь тропика и стоит вертикально, напр. над b , то его действия претерпят некоторые изменения, и если допустить, что положение результирующей остается таким же, как раньше, то можно ожидать, что силовые линии, которые прежде не подвергались влиянию, опустятся и уменьшат наклонение; в то же время другие линии в более высоких широтах, где наклонение раньше увеличивалось, подвергнутся теперь лишь очень мало-

му влиянию, а у линий в еще более высоких широтах наклонение, как и раньше, повысится. По другую сторону от экватора линии будут обнаруживать стремление наклониться сильнее.

2929. Перейдем теперь к той части ожидаемого изменения положения свободной стрелки, которая ведет к изменению склонения. Пусть er (рис. 211) — путь Солнца на экваторе и $tc, t'c'$ — то же самое на тропиках; пусть mr — магнитный мери-

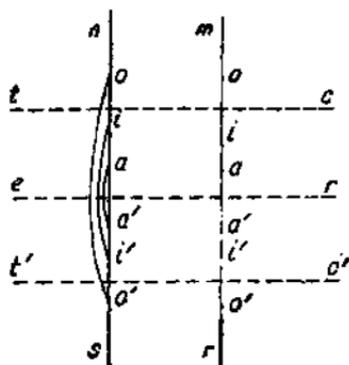


Рис. 211.

диан и aa', ii', oo' — места равного северного и южного наклонения по разные стороны от экватора. Кривые магнитной силы, которые на рис. 210 были видны спереди, находятся теперь в плоскости магнитного меридиана; можно считать, что они поднимаются с двух разных сторон от экватора и сходятся над ним. Если бы воздух со всех сторон находился в среднем своем состоянии и Солнце совершенно отсутствовало, то эти кривые лежали бы в вертикальной плоскости mr ; а если бы Солнце около полудня стояло таким образом, что результирующая нагретой и изменившейся атмосферы находилась бы в меридиане mr , то хотя бы явления наклонения происходили (2922), кривые все же оставались бы в той же вертикальной плоскости. Но если бы результирующая оказалась к востоку или к западу от mr , то полу-

чились бы изменения склонения. Действительно, предположим, что Солнце приходит с востока или из г. Так как оно сообщает воздуху диамагнитное состояние, то силовые линии будут стремиться расходиться (2877) и, следовательно, двигаться на запад, как это показано на меридиане *ms*. Вызываемое этим отклонение было бы наибольшим на поверхности Земли, так как здесь кривые, входя в Землю, удерживаются и ограничиваются у своего нормального положения (2919). При приходе нагретой атмосферы западное отклонение возрастает до некоторой величины, а затем уменьшится до нуля, когда результирующая окажется в меридиане. Но при дальнейшем ее передвижении отклонение будет увеличиваться к востоку от *ms*, достигнет максимума, затем начнет уменьшаться и прекратится, когда теплый воздух уйдет.

2930. Если бы путь Солнца проходил по северному тропику *ts* и, следовательно, результирующая в атмосфере находилась бы к северу от станций *a* или *i*, то это повлияло бы на величину вариации склонения, но не изменило бы ее *направления*, так как *aa'* и *ii'* по мере того, как Солнце будет подыматься выше, будут по-прежнему уклоняться к западу и окажутся на меридиане, когда и результирующая будет там. Действие у *i* окажется больше, чем у *i'*, но противоположный характер наклона, по отношению к месту Солнца, не повлияет на направление вариации склонения.

2931. Холодная область воздуха, действующая на магнитные силовые линии Земли так же, как наступление ночи, окажет, благодаря своему парамагнитному характеру (2865), соответствующие влияния на наклонение и на склонение, но — в противоположном направлении.

2932. Таким образом, согласно нашей гипотезе, силовые линии, исходящие из Земли во всех местах ее поверхности, где существует наклонение, под суточным действием Солнца описывают восходящими своими частями замкнутую кривую или неправильный конус, вершина которого находится вверху. Этот результат представляет собой общеизвестный факт, но его со-

гласие с гипотезой важно для последней. Среднее положение свободной стрелки находится на оси этой кривой или конуса, и ее расстояние, по склонению и по наклонению, от среднего положения является важным показателем величины и положения тех варьирующих сил, которые влияют на нее в соответственные моменты времени.

2933. Моя гипотеза отнюдь не делает предположения, что нагретый или охлажденный воздух становится магнитным, так что он прямо действует на стрелку подобно куску железа, обладающему магнитной полярностью или получившему последнюю благодаря индукции. Относительно полярности кислорода воздуха я принимаю только одну полярность — полярность проводимости (2822, 2835), являющуюся следствием небольшого изменения в направлении силовых линий. Рассматриваемое отклонение линий вызывается изменением магнитной проводимости — совершенно так же, как плохой проводник тепла, будучи введен в среду с лучшей проводимостью, нарушает прежнюю равномерную передачу тепла и сообщает проводимой теплоте новое направление; то же мы имеем в статическом электричестве: тело, у которого удельная индуктивная способность больше или меньше, будучи введено в однородную среду, нарушает однородность силовых линий, которые раньше проходили через нее.

2934. Единственное действие атмосферы заключается в том, что она искривляет силовые линии. Магнитная стрелка, которую держат эти линии и которая устанавливается параллельно им, когда она свободна, изменяет свое положение вместе с изменением силовых линий. Нет даже необходимости в том, чтобы линиями, направления которых подвергаются непосредственному влиянию со стороны изменившегося воздуха, были линии, расположенные возле стрелки; это могут быть и линии, проходящие далеко. Вся совокупность магнитных линий около Земли поддерживается благодаря взаимному их натяжению в виде единой связанной чувствительной системы, в которой нигде нет слабых мест, и которая в каждой своей точке ощущает

перемену, происходящую в каком-нибудь одном месте. Здесь может произойти, и постоянно происходит, перераспределение сил, но отнюдь не их подавление. Таким образом, когда происходит какое-либо изменение в направлении, поблизости или на расстоянии, то стрелка в данном месте это ощущает и отмечает, и притом тем более заметно, чем сильнее это определяется близостью места и видом индуцированного изменения. Но в тот же самый момент испытывает воздействие расположение *всей* системы, и поэтому ему подвергаются все другие стрелки, соразмерно изменению тех силовых линий, которые управляют каждой из них в отдельности.

2935. Магнитная стрелка является весами, к которым подвешивается вся магнитная сила вокруг данного места, вплоть до самых антиподов, и она в каждом месте указывает на всякое изменение их величины или расположения— все равно, где оно происходит: поблизости от нее или на далеком расстоянии. Ее среднее положение является нормальным положением, а что касается атмосферных изменений, то привязанность силовых линий к Земле (2919) стремится сообщить этим линиям стандартное положение (если исключить вековые изменения) и таким образом вернуть их, а также стрелку из возмущенного положения в нормальное. Поэтому при рассмотрении причин, возмущающих склонение или наклонение, оказывается важным принимать во внимание среднее положение или место стрелки (2932), а не только направление, в каком она движется.

2936. Таким образом, общеизвестное действие Солнца на магнитную стрелку является, согласно моей гипотезе, весьма косвенным: Солнце в данном месте влияет на атмосферу; атмосфера влияет на направление силовых линий; силовые линии в данном месте влияют на силовые линии, находящиеся на некотором от них расстоянии, а последние влияют соответственно на магнитные стрелки, которыми они управляют.

2937. При рассмотрении специального действия атмосферы я для удобства говорил о результирующей в атмосфере, зависящей от присутствия Солнца; я буду еще некоторое время поль-

зоваться этим выражением, но не буду подразумевать под этим какого-либо прямого действия этой результирующей или части воздуха, ее содержащей, на магнитную стрелку (2933); мне необходимо обсудить, на какой высоте в воздухе она может быть расположена. Что она не может находиться на поверхности Земли, на это указывает снижение (депрессия) линий и уменьшение наклона на Св. Елене и в Сингапуре в середине дня; а что она не находится прямо под Солнцем, на это указывает то обстоятельство, что максимальное действие до известной степени предшествует Солнцу на тот или иной промежуток времени, как это имеет место в Гобартоне, Торонто и других пунктах. Наибольшее действие наблюдается и не в то время, когда Солнце находится в меридиане, и не во время температурного максимума (что бывает позднее Солнца), а в некоторый момент, наступающий раньше обоих этих моментов. Изменения температуры воздуха, вызываемые Солнцем, происходят наверху и внизу не в одни и те же моменты времени. Верхние области атмосферы над данной точкой подвергаются влиянию Солнца при его восходе и после этого раньше, чем воздух внизу нагревается; поэтому следует ожидать, что влияние сверху предшествует влиянию снизу. Температура, наблюдаемая на поверхности Земли, не указывает нам в это время хода изменений наверху и может быть только весьма несовершенным показателем этих изменений. Максимум температуры внизу бывает зачастую на два, три или четыре часа позднее Солнца, между тем как нагревание атмосферы, вызываемое прямым действием солнечных лучей, должно осуществляться гораздо быстрее, чем внизу. Весьма вероятно и почти достоверно, что в 4 или 5 ч. до полудня в летние месяцы в верхних областях температура повышается, между тем как на поверхности Земли, вследствие излучения и иных причин, она понижается. Общеизвестное явление похолодания как раз перед восходом Солнца в некоторых местностях Индии и даже в нашей стране говорит в пользу подобного предположения. Мы должны помнить, что не абсолютная температура воздуха в каком-либо месте сообщает ему спо-

способность вызывать магнитные изменения, а *разности* между температурами в нем и в окружающих местностях. Хотя верхние области и холоднее нижних, однако их изменения могут оказаться той же величины или даже еще большими. Изменения происходят в таком температурном интервале, который, вероятно, является более активным, чем интервал более высоких температур (2967), и — что важно — они наступают быстрее и непосредственно в присутствии Солнца. О количестве тепла, которое атмосфера может получить прямо от солнечных лучей, можно судить по различию тех отношений, в каких мы получаем тепло от Солнца, когда оно стоит вертикально или наклонно и посылает нам таким образом свои лучи через больший или меньший слой воздуха; а после захода Солнца условия для быстрого охлаждения путем излучения становятся в верхних слоях атмосферы гораздо более благоприятными, чем в нижних. Таким образом, окончательные изменения могут быть там столь же велики, как внизу, или даже больше, и об этих изменениях, об их порядке и времени мы можем лишь слабо судить на основании температурных наблюдений на поверхности Земли. Таким образом, в дополнение к таким наблюдениям магнитного влияния, как прижатие (к Земле) силовых линий на Св. Елене и т. п., имеются, по-видимому, основания, покоящиеся на физических причинах и позволяющие думать, что главное место действия должно находиться в атмосфере наверху.

2938. Во время полуденного действия верхний конец стрелки при обратном движении на восток обычно проходит через среднее положение (2935) раньше, чем Солнце проходит через меридиан, двигаясь на запад. В Торонто это происходит примерно на полчаса раньше; на Св. Елене и в Вашингтоне на полтора часа; в Гринвиче и в Петербурге на два часа; в Гобартоне и на Мысе Доброй Надежды магнитная стрелка проходит через среднее положение в полдень. Эти результаты указывают, по-видимому, на то, что место максимального действия упреждает Солнце. Вероятно, так оно и есть в некоторой мере, однако не в столь большой мере, как это можно было бы сразу предположить; это,

я полагаю, станет ясно из нижеследующих рассуждений.

2939. Предварение времени максимального действия частью связано, быть может, со следующего рода обстоятельством. Когда Солнце движется по направлению к меридиану и проходит через него, температура воздуха сначала повышается, а затем понижается, и эти явления вызывают в различных местах различия, от которых зависят магнитные вариации. Но они зависят также от *быстроты*, с которой возникают эти различия, и от того, насколько близко они проявляются. Так, например, две массы воздуха, у которых имеются одинаковые разности температур, повлияют на силовые линии в большей мере, когда будут находиться ближе друг к другу и к магнитной стрелке, чем когда будут находиться дальше. И далее, если бы воздушная масса, обладающая в одном месте некоторой низкой температурой, при горизонтальном своем перемещении быстро нагрелась до некоторой высокой температуры и затем медленно охлаждалась до прежней низкой температуры, то, пересекая систему магнитных силовых линий, она повлияла бы на них в передней и задней части в двух противоположных направлениях; но сильнее всего она повлияла бы на них на той стороне, где изменение происходило быстро.

2940. Воздух, нагреваемый Солнцем, должен находиться именно в этих условиях. Если твердые и жидкие тела подвергнуть действию тепла, а затем унести, то изменения температуры, которые они испытают, будут протекать быстрее при повышении последней, чем при падении; по аналогии так же дело будет происходить и в воздухе, а потому изменения в передних частях будут происходить быстрее, чем в последующих. К этому присоединится действие атмосферы, нагреваемой Землей: так как последняя воспринимает тепло медленнее, на что указывает время ее температурного максимума, то ее влияние, постепенно сообщаемое расположенному над нею воздуху после того, как Солнце уже удалилось, стремится замедлить понижение его температуры и увеличить ту разницу, о которой речь была

выше. Если эти соображения применить к явлению, происходящему в природе, то наиболее сильное влияние и наибольшая вариация должны иметь место на западе от Солнца, а следующее или меньшее влияние — на восток от него; среднее положение магнитной стрелки за время полной вариации окажется впереди Солнца.

2941. М-р Браун (Brown) произвел наблюдения надсуточной вариацией на различных высотах, а именно в Мейкерстоуне (Makerstoun) и на вершине Чивиот Хиллс (Cheviot Hills), отличающихся друг от друга по высоте почти на полмили; как мне кажется, он не нашел никакого различия в величине (вариации), но установил, что этот процесс протекает *раньше* на более высокой станции. Было бы очень интересно иметь обсерваторию на высоте, но для получения требуемых результатов она должна была бы иметь под собою воздух, а не твердое вещество.

2942. Существует еще одно обстоятельство, которое оказывает значительное влияние на *сроки* прохождения вариации склонения. Если два места, расположенные к северу и к югу от экватора, имеют одинаковые наклонения и противоположные склонения, т. е. если в этих двух местах верхние концы магнитных стрелок отклоняются одинаково на восток или на запад, то эффекты должны находиться во взаимном соответствии и образовать пару. Но если оба эти места имеют восточное или западное склонение, обозначаемое, как обычно, по положению северного конца магнита, то описанные выше вариации должны произойти, когда Солнце проходит между ними, но здесь должно существовать различие *во времени*. Когда светило появляется и начинает приближаться, то стрелки *a* и *b* (рис. 212), весьма вероятно, подвергаются влиянию одновременно; но когда оно подходит близко, то при наличии в обоих местах восточного склонения одна из них, а именно южная, подвергается влиянию и притом в более сильной степени, после чего, спустя больший или меньший промежуток времени, соответственное действие происходит во втором пункте. В самом деле, каждая стрелка возвращается к 0° из первой половины серии своих изменений

к тому времени, когда Солнце находится на ее магнитном меридиане; Солнце достигает этого меридиана по отношению к южной стрелке раньше, чем по отношению к северной стрелке; ясно, что изменения южного магнита должны предшествовать изменениям северного магнита. Если бы в обоих местах склонение было западным, то северная стрелка опередила бы южную.

2943. Выдвинутая гипотеза, вообще говоря, находится в согласии с фактами, относящимися к направлению движений

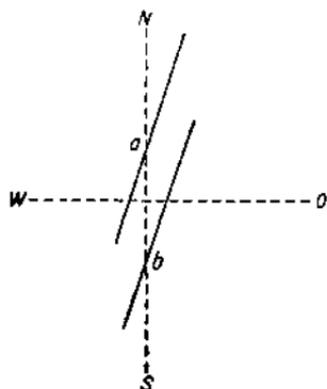


Рис. 212

магнитной стрелки; но если мои ожидания достаточно обоснованы, то дело так же будет обстоять и при более подробных сравнениях; она должна находиться в согласии и с величиной силы, какая требуется для наблюдаемых в данные часы отклонений. Я пытался получить экспериментальное доказательство различия действия кислорода и азота на стрелки, находящиеся под влиянием земного магнетизма, но пока еще не добился успеха. Это, однако,

неудивительно, так как насыщенный раствор протосульфата железа при тех же обстоятельствах точно так же не дал результата. Возможно, что более чувствительные приборы позволят добиться положительного результата.

2944. Что малые количества кислорода не проявляют признаков того действия, которое обнаруживается атмосферой в целом, это неудивительно, если принять во внимание, что масса воздуха чрезвычайно велика и содержит в себе огромное количество кривых, на которые она, согласно гипотезе, действует; надо помнить также, что явление, которое требуется объяснить, чрезвычайно мало. Крайнее склонение в Гринвиче составляет $12'$, что равно примерно $4'24''$ восточного и западного изменения свободной стрелки, и это — все, что требуется объяснить. Едва ли можно ожидать, чтобы подобное действие можно было пока-

вать с помощью небольших количеств кислорода и азота, которые действуют на проходящие через них магнитные кривые на протяжении лишь немногих дюймов, разве только, если бы можно было для этой цели воспользоваться приборами крайней и почти бесконечно большой чувствительности. Однако на основании того, что я наблюдал на кислороде, когда сравнивал его при различной плотности (2780) или при различных температурах (2861), я склонен думать, что в конечном счете влияние, оказываемое на него Солнцем в атмосфере, будет признано достаточным для того, чтобы вызывать указанные выше вариации.

2945. Когда изменяется температура или объем воздуха, тогда он действует и тогда он изменяет направление силовых линий, а последние благодаря своему напряжению передают это действие более отдаленным линиям (2934); стрелки последних испытывают тогда на себе соответствующее влияние. Передаваемое действие оказывается больше или меньше в зависимости от того, каковы будут расстояния — меньше или больше; в результате изменение, происходящее поблизости, может одержать верх над изменением, происходящим на некотором расстоянии, и какое-нибудь облако вблизи станции наблюдения может временно сделать больше, чем восходящее Солнце. Это — неправильные вариации; величину их действия хорошо показывают фотографические записи в Гринвиче и Торонто. Том Гринвичских Наблюдений за 1847 г. содержит фотографическую запись изменений склонения за 18—19 февраля 1849 г. Между 6 и 7 часами наблюдается вариация в $16'$, протекающая в течение 18 минут времени, т. е. со скоростью приблизительно $1'$ в минуту времени. Среднее изменение склонения в течение того же дня и времени составляет $1'.95$ за два часа, т. е. оно протекает со скоростью в 1 секунду в каждую минуту времени; таким образом, неправильное отклонение (которое по отношению к влиянию Солнца в это время можно рассматривать как местную вариацию) оказывается в шестьдесят раз больше того отклонения, которое вызывается влиянием большой результирующей. Кроме того, оно происходило в противоположном направлении, так как вре-

менное отклонение было направлено с востока на запад, а средняя вариация — с запада на восток.

2946. Другой способ показать, насколько влияние ближайших масс атмосферы может перевесить и скрыть влияние всей ее массы, заключается в том, чтобы с помощью указанной только что фотографической записи вычертить линию средней вариации за двадцать четыре часа, и тогда в каждой точке ее хода будет видно, насколько среднее влияние на стрелку мало по сравнению с неправильным или сравнительным местным влиянием на нее в этот же момент времени. Магнит, с помощью которого были выполнены эти наблюдения, представляет собою стальной стержень длиной в 2 фута, шириной в $1\frac{1}{2}$ дюйма и толщиной в четверть дюйма; он, как понятно, не поддается внезапным импульсам. Воаможно, что короткий подвижной магнит выявил бы много случаев, когда неправильное отклонение оказалось бы в несколько сот раз больше среднего. Тем не менее все неправильности и подавляющие влияния близких масс поддаются исключению, если брать среднее из наблюдений за несколько лет; таким способом достигается истинный результат, к которому можно применять выдвинутую гипотезу и таким образом ее проаерить.

2947. Возвращаясь на короткое время к годичной вариации (2882), я могу отметить, что она была в значительной мере рассмотрена при обсуждении суточной вариации. Распределение магнитных явлений по месяцам, сделанное полковником Сабайном для Гобартона, Торонто, Св. Елены и для других мест, оказалось чрезвычайно поучительным и важным, в особенности для мест, расположенных между тропиками и вблизи последних. Оно дает для годичной вариации анализ того же вида, какой для суточной вариации дает распределение по часам. Каждый месяц, при сравнении его кривой с кривыми для других месяцев, излагает собственную свою историю и в то же время связывает предшествующий ему месяц с последующим.

2948. Мне представится позднее случай проследить эти месячные средние, но в настоящий момент я отмечу, что действие годичного приближения и удаления Солнца, как оно выявляется из этих средних, находится в согласии с гипотезой о близких и дальних действиях (2945). Гобартон и Торонто расположены в противоположных полушариях, так что Солнце, приближаясь к одному из этих мест, удаляется от другого, и в силу этого величина вариаций в них изменяется в противоположных направлениях. Ниже приведена средняя для каждого месяца, выведенная в случае Гобартона из данных за семь лет, а в случае Торонто — из данных за два года.

	Гобартон Южн. шир. 42°52'.5	Торонто Сев. шир. 43°39'.35
Январь	11.66	6.51
Февраль	11.80	6.40
Март	9.50	8.50
Апрель	7.26	9.52
Май	4.56	10.34
Июнь	3.70 Зима	11.99
Июль	4.61	12.70 Лето
Август	5.89	12.68
Сентябрь	8.24	9.72
Октябрь	11.01	7.59
Ноябрь	12.05 Лето	5.75
Декабрь	11.81	4.47 Зима

Эти две станции находятся на широтах, которые отличаются друг от друга лишь на 47', и максимальная разность между атмосферными действиями летом и зимой в этих местах отличается столь же мало; она составляет в Гобартоне, находящемся на более высокой широте, 8/35, а в Торонто — 8/23.

2949. Согласно Дову, северное полушарие бывает в июле теплее, чем южное полушарие, на 17°.4 Фаренгейта, а зимой холоднее лишь на 10°.7. Соответствующие числа таковы:

Июль. Северное полушарие $71^{\circ}.0$	} $62^{\circ}.3$ для всего земного шара
Южное полушарие $53^{\circ}.6$	
Январь. Северное полушарие $48^{\circ}.8$	} $54^{\circ}.15$ для всего земного шара
Южное полушарие $59^{\circ}.5$	

Средняя за весь год составляет $59^{\circ}.9$ для северного полушария и $56^{\circ}.5$ для южного. Следовательно, как это дальше показывает Дов, в июле, когда Солнце освещает части земной поверхности, состоящие из суши и воды, температура бывает на 8° выше, чем в январе, когда оно находится над водными пространствами, и под влиянием той же причины средняя температура южного полушария на $3^{\circ}.4$ ниже средней для северной половины земного шара. Разность между январской и июльской температурой составляет в северном полушарии $22^{\circ}.2$, а в южном — только $5^{\circ}.9$. Эти разности столь своеобразны по своему распределению и столь велики по размеру, что они должны влиять на распределение магнитных сил Земли; однако имеющихся данных еще недостаточно для того, чтобы мы могли выявить эти результаты. Сэбайн на основании своего анализа наблюдений считает вероятным, что величина общей суммы земной магнитной силы увеличивается а то время, когда Солнце находится в южных знаках (зодиака), т. е. во время нашей зимы (2891). По теоретическим соображениям я ожидал бы, что должны иметь место именно такие результаты, во всяком случае в тех местах (земного шара), где наклонение не очень велико; в самом деле, более холодная атмосфера должна лучше проводить магнитные силовые линии, и следовательно, системы линий вокруг Земли должны в такое время как бы сгущаться в более холодных местах. Представляется, однако, сомнительным, покажет ли магнитная стрелка эту разность, так как наверху силовые линии не удерживаются, как в придуманном выше примере (2922), и могут свободно собираться из мирового пространства. Однако из того, что было сказано, ясно, что такое заключение можно будет сделать с некоторой степенью уверенности только на основании наблюдений

которые должны быть проведены достаточно равномерно в обоих полушариях.

2950. Если мы когда-нибудь хорошо изучим годичную вариацию для ряда стаций в различных частях обоих полушарий, то это поможет нам получить данные, с помощью которых можно будет составить себе представление, на какой глубине может залегать магнитная сила. Действительно, так как можно ожидать, что на весьма обширных пространствах земной поверхности эта сила подвергается колебаниям благодаря годичным изменениям температуры (2884), то эти колебания будут отличаться по своему характеру и величине в соответствии с тем, на какой глубине — большей или меньшей — расположен источник этих линий.

2951. Наблюдается еще целый ряд изменений магнитной силы — непериодических или же таких, период которых не связан с Солнцем; именно они производят упомянутые только что неправильные изменения, превосходящие другие (2945); они связаны, как я предполагаю, с местными изменениями в атмосфере; я позволю себе вкратце остановиться на некоторых своих соображениях по этому вопросу.

2952. *Изменение давления атмосферы над данной частью земной поверхности должно вызывать изменение магнитного состояния этой местности.* Мы наблюдаем его в виде разности уровня ртути в 3 дюйма, т. е. одной десятой части веса атмосферы. Но кислород в некотором данном объеме парамагнитен пропорционально своему количеству (2780); поэтому представляется невозможным, чтобы количество его над данной областью земной поверхности, все равно, как его считать: как раньше, по объему или по весу в данном объеме у земной поверхности, чтобы оно могло измениться на долю, доходящую до одной десятой части всей его величины, и чтобы при этом не произошло соответствующего изменения в распределении магнитной силы: при увеличении его количества или барометрического давления, линии должны сгущаться, магнитная сила стано-

виться более интенсивной, а при понижении давления должны получаться противоположные результаты.

2953. В каждом месте, расположенном близ границ пространства, где давление воздуха увеличивается или уменьшается, происходят, по всей вероятности, изменения в направлении силовых линий, и эти изменения должны становиться особо заметны, когда данная точка расположена между двумя местами, и в одном из них атмосфера накапливается, а из другого уходит. Достаточно ли велики вызываемые этими изменениями действия (я полагаю, что они должны происходить), чтобы их можно было заметить на коротком расстоянии с помощью наших магнитных приборов, это — вопрос, который должен разрешиться в дальнейшем. Делать предположение о существовании определенной причины полезно, так как знать о существовании причины, ее природе и действии важно для подготовки лучших средств наблюдения и для определения возможных его результатов.

2954. *Ветры и сильные потоки воздуха наверху* часто могут сопровождаться магнитными изменениями, если только они длятся некоторое время. Постоянное течение вроде пассата может производить постоянное действие; но если распределение магнитных силовых линий в атмосфере находится в некотором данном состоянии, зависящем от состояния в это время атмосферы, то возникает нетер, который перемешивает области холодного и теплого воздуха или делает воздух в одном районе более плотным, чем в другом, или переходит с места на место и уравнивает области находившиеся раньше в различных условиях; тогда каждое изменение будет сопровождаться соответствующим изменением в распределении магнитной силы, которое, быть может, мы позднее будем в состоянии отмечать с помощью наших приборов. Даже приливы и отливы в воздухе должны оказывать некоторое влияние, хотя последнее может быть слишком незначительным, чтобы его удалось заметить.

2955. Выпадение *дождя или снега* может теоретически быть причиной изменений магнитных отношений в том месте, где

оно происходит, ибо оно изменяет температуру в этом месте и освобождает его от некоторого количества растворенного диамагнитного или нейтрального вещества. *Шторм с градом* в летний день влияет на магнитную стрелку. *Облака* могут оказать заметное влияние несколькими путями: или тем, что создают отличие от соседних областей чистого воздуха, или тем, что поглощают солнечные лучи, вследствие чего получается значительное нагревание в различных местах на различных высотах атмосферы, или же тем, что в большей или меньшей степени препятствуют выделению тепла на земной поверхности. Те массы более теплого или холодного воздуха, о которых говорят метеорологи и которые благодаря своей прозрачности незаметны для глаза, будут оказывать соответствующее свое влияние. И можно высказать предположение, которое не будет слишком невероятным, что теплый и обедненный кислородом воздух большого города, как Лондон, может влиять на расположенные поблизости от него приборы, а если это так, то он будет влиять на них неодинаково в различное время, в зависимости от направления ветра.

2956. Вообразим себе на поверхности Земли пятно, которое представляет здесь результирующую влияний находящейся над ней атмосферы, и представим себе, как оно передвигается, когда под влиянием различных, отчасти уже упомянутых выше причин, оно ходит туда и сюда, как оно продвигается еще вместе с Солнцем; тогда можно составить себе представление о том, каким образом оно может влиять на различные рассеянные по Земле обсерватории. Я полагаю, что его путь, поскольку дело касается восточного и западного направления, отчасти отражен в фотографических записях Гринвича и Торонто, но его влияние здесь смешано с влиянием других причин изменения. Это пятно может быть концентрированным или диффузным; оно может исчезнуть и вновь где-нибудь появиться; может даже одновременно существовать два или больше таких пятен, и они могут быть достаточно сильны, чтобы вызывать колебания помещенной между ними магнитной стрелки.

2957. Северное или южное сияние едва ли могут быть независимыми от магнитного строения атмосферы, так как они протекают в области последней и, быть может, в (пустом) пространстве над ней. Обычно сияние бывает в таких широтах, в которых воздух, благодаря различию в температуре и количестве, находится в определенном магнитном отношении к воздуху на экваторе, и магнитный характер сияния и среды, в которой оно происходит, связывает их друг с другом; поэтому исследование и некоторая степень понимания последней приведет нас, вероятно, к лучшему познанию первого. Уже установлена связь между сиянием и магнитными возмущениями и бурями. Со временем, возможно, будет установлена такая связь между сиянием и атмосферными изменениями, какой в настоящее время мы и не подозреваем; так как это предположение имеет под собою принципиальное обоснование, то оно, по-видимому, заслуживает того, чтобы его обсудить.

2958. Могут ли магнитные бури Гумбольдта вызываться изменениями в атмосфере? Это — вопрос, по поводу которого я сделаю следующие замечания. Предположим, что в атмосфере наступил магнитный покой и что все местные или неправильные отклонения остались на время неизменными; если тогда в каком-либо месте произойдет изменение, оно мгновенно будет ощущаться повсюду на всей Земле, соразмерно расстоянию от того места, где произошло это изменение. Оно должно ощущаться мгновенно, так как импульс должен распространяться главным образом или в значительной мере не через вещество Земли или воздуха, а через (пустое) пространство над ними; ибо линии там должны испытывать действие при изменении в той части их, которая проходит в атмосфере; как я себе представляю, они должны повлиять и на другие линии в (пустом) пространстве около нашего земного шара, а последние, в свою очередь повлияют на те части линий, которые, проходя вниз к Земле, сообщают определенное направление магнитным стрелкам, расположенным внизу. Я полагаю, что в (пустом) пространстве магнитные силовые линии не зависят от вещества

и не связаны с ним (2787, 2917), а потому передают свои изменения со скоростью света или более высокой скоростью — даже мгновенно, что, как мы полагаем, свойственно силовым линиям тяготения; а если это так, то магнитное возмущение в одном месте будет мгновенно ощущаться на всем земном шаре.

2959. Однако трудность заключается в том, чтобы представить себе атмосферное изменение, достаточно протяженное и внезапное, чтобы его можно было заметить повсюду одновременно среди изменений более местного характера, происходящих непрерывно. Но представим себе, что в результате компенсации противоположных действий или по какой-нибудь другой причине в двух или нескольких местах в один и тот же момент времени наступил перерыв в этих возмущениях; тогда в этих местах могло бы обнаружиться совместное действие возмущения, причем это было бы возможно и в том случае, если бы причина его была очень слаба и даже совершенно незаметна в том месте, где она произошла. Возмущение, которое будет произведено одновременным изменением на площади с диаметром в 600 или 800 миль, посередине этой площади будет меньше, чем на концах радиуса в 1000 миль.

2960. Встает чисто принципиальный вопрос о том, в какой мере воздушные массы могут *приводиться в движение* пронизывающей их магнитной силой. Когда мы подвергаем два пузырька с кислородом различной плотности действию сильного магнита с интенсивным силовым полем, то механическое вытеснение одного из них другим оказывается чрезвычайно сильным. В природе имеются огромные объемы участвующего в явлении воздуха, имеется разность интенсивности магнитной силы Земли на различных широтах, где, можно думать, эти массы могут быть расположены; имеется и разность температур; достаточны ли все они для того, чтобы компенсировать небольшие доли кислорода в воздухе и сравнительно малые отклонения в плотности? На этот вопрос в настоящее время невозможно ответить. Дифференциальный результат движения, как было показано, очень велик, между тем как пря-

мой результат, например давления, не только очень мал, но равен нулю (2774, 2750), а атмосфера представляет собою область, где происходит дифференциальное действие огромных масс.

2961. По вопросу о различии интенсивности Гей-Люссак и Био на основании своих наблюдений заключают,¹ что на высоте в четыре мили магнитная сила одинакова с силой на поверхности Земли. Однако г. Купфер (Kupffer) выводит из данных Гей-Люссака, что на указанной высоте имело место небольшое ослабление силы, а профессор Форбс (Forbes) на основании своих опытов, произведенных в различных местах Европы,² заключает, что по направлению вверх сила уменьшается. Такое уменьшение может быть естественным результатом различия расстояния от источника земной магнитной силы; или, что является более вероятным, оно может вызываться различием содержания кислорода там и на поверхности Земли. Согласно сообщению Гей-Люссака о воздухе, взятом наверху, его плотность относилась к плотности воздуха внизу, как 0.5 к 1.0. Таким образом, парамагнитная сила, которая прибавляется к (пустому) пространству наверху в том месте, где был взят воздух, должна составить не более половины той силы, какая прибавляется внизу благодаря присутствию здесь более плотной атмосферы. Это, как я полагаю, должно произвести некоторое изменение в распределении магнитной силы. Почти наверняка это будет иметь место на экваторе, где силовые линии параллельны общему направлению атмосферы (2881). Полагаю, что это будет иметь место, по отношению к горизонтальной составляющей магнитной силы, и на той широте, на которой Гей-Люссак и Био производили свой воздушный полет. Точно так же возможно, что наблюдатели находились в таком отношении к более тепловому или более холодному воздуху в своем окружении, что они наблюдали различие,

¹ Annales de Chimie, Ann. XIII, LII, стр. 86.

² Edin. Phil. Trans., 1836, XIV, стр. 25.

вызванное или, скорее, измененное некоторыми из описанных только что обстоятельств (2951).

2962. Доказывают ли данные, полученные Гей-Люссаком и Био, что расстояние вызывает уменьшение силы, или нет, но мы знаем, что *существуют* большие изменения по направлению от магнитного экватора к северу и югу; а Гумбольдт и Бессель (Bessel) утверждают, что от экватора до западных берегов Баффинова залива магнитная сила увеличивается вдвое. И если столь малое количество кислорода, как одна треть кубического дюйма, будучи подвергнуто действию сильного магнита, способно проявить силу, равную одной десятой части грана, то мы можем легко представить себе, что огромная масса кислорода, содержащаяся уже в небольшом количестве миль нагретой или охлажденной атмосферы, способна компенсировать большую разность магнитной силы, а потому, при переходе с одного места на другое, вызовет потоки в виде аэтроа, источником которых является магнитная сила. В таком случае получается связь между магнитами и бурями, и магнитная сила Земли должна участвовать в механических смещениях и колебаниях атмосферы, и будет вызывать в некоторых случаях течения, которых без нее не было, а в других случаях будет противодействовать потокам, которые иначе могли бы возникнуть, смотря по тому, каким образом действуют большие разностные отношения, с помощью которых она проявляет свое влияние (2757): действуют ли они в одну сторону с другими естественными причинами движения воздуха или им противодействуют. Такие движения должны оказать свое действие на магнитные силы, так что последние должны перераспределяться; таким образом, в атмосфере должны происходить магнитные бури как материальные, так и потенциальные, подобно тем бурям последнего рода, существование которых подозревалось в Земле.

2963. Заканчивая настоящее сообщение, я должен выразить свою благодарность двум своим любезным и талантливым друзьям — полковнику Сэбайну и профессору Кристи — за ин-

терес, который они проявили к данному вопросу, а первому из них — за крайнюю готовность, с какой он позволил мне воспользоваться его наблюдениями и выведенными из них данными. При этом однако я отнюдь не хотел бы внушить кому-нибудь мысль, будто они несут какую-нибудь ответственность за те не совсем обычные взгляды, которые я взял на себя смелость изложить. Я должен откровенно признать, что многое из написанного мною основано на весьма недостаточном обсуждении данного вопроса, но я полагаю, что в изложении физической причины вариаций, которую я решился предложить, может заключаться некоторая основа истины, а потому, не колеблясь, ее изложил, считая, что она послужит прогрессу науки. Магнитные отношения и свойства кислорода совершенно ясны, отчетливы и имеют под собою экспериментальное основание (2774, 2780); перенос этих свойств на атмосферу нельзя назвать гипотетическим, так как атмосфера, будучи только смесью кислорода и азота, точно так же, как было доказано, обладает указанными свойствами (2862).¹ Ее магнитные свойства изменяются под влиянием причин, действующих на нее в естественных условиях и дающих ей возможность производить некоторые из тех явлений, которые я попытался в общих чертах описать.

2964. Если атмосфера, даже только отчасти, является причиной наблюдаемых магнитных вариаций, то очень важно установить и отличить такой источник действия хотя бы и несовершенно; ибо тогда внимание правильно и сознательно направляется на действия и явления, какие он способен вызывать. Намеченная причина обладает тем преимуществом, что она наблюдается периодически в те же периоды, что и большой класс явлений, которые, по предположению, вызываются той же причиной; и если по началу соответствие будет наблюдаться лишь в общих чертах, тем не менее это соответствие значительно усилит свое притязание на наше внимание. Она обладает тем

¹ Philosophical Magazine, 1847, XXXI, стр. 406, 409.

преимуществом, что поясняет и даже подсказывает много других магнитных явлений, помимо периодических; и она возникла перед нашим взором в такой момент, когда мы не представляем себе ясно какой-либо другой причины вариаций и вынуждены смутно относить их за счет воображаемых электрических токов в воздухе или в пространстве над ним или же внизу в Земле.

2965. Причина первоначальной силы, равно как и причина вековых изменений, нам неизвестны. Но представим себе, что мы рассматриваем Землю как магнит и умеем определенно отличать внутренние действия от внешних, а таким образом отделить большой класс явлений от остальных явлений; тогда мы могли бы точнее определить, что нам следует узнать и в том, и в другом направлении; мы могли бы более четко указать проблемы, требующие своего разрешения; и в нашем обладании оказалось бы гораздо больше способов к тому, чтобы правильно оценить каждый новый намек природы относительно источника силы и тех явлений, которые она перед нами обнаруживает.

2966. Магнитный характер кислорода кажется мне удивительным. Кислород в воздухе, это — то же, что железо в Земле. Весьма достопримечательно также почти полное исчезновение этого его свойства, когда он вступает в соединения, например, с азотом, углеродом и даже с железом, магнетизм которого он приводит в состояние, значительно уступающее магнетизму равного веса металла и кислорода. Наш ум поражает также наумительный контраст его с азотом, который его разбавляет; этот контраст напоминает также о том различии, какое существует между ними по отношению к статическому электричеству (1464) и вспышке молнии. Хлор, бром, циан и их химические аналоги не имеют никакого магнитного сходства с кислородом. В этом отношении, как и во всех своих химических действиях, кислород стоит в природе особняком.

2967. Предстоит еще много поработать над вопросом об отношении кислорода к магнетизму атмосферы.

Торонто. — Зап. долгота 77°5'. Сев. широта 43°40'. Приблизительная
Суточная вариация склонения по отдельным месяцам
Возрастающие числа обозначают движение юга

Среднее время в Торонто	Пол- день 0 ч.	1 ч.	2 ч.	3 ч.	4 ч.	5 ч.	6 ч.	7 ч.	8 ч.	9 ч.	10 ч.	11 ч.
Январь . . .	0:87	0:00	0:00	0:53	1:44	2:28	2:89	3:47	4:43	4:53	4:39	4:06
Февраль . . .	1.78	0.00	0.06	0.94	1.58	1.91	2.73	3.13	4.02	4.44	4.69	4.45
Март	1.44	0.01	0.00	0.59	1.74	2.90	3.82	4.77	5.63	6.60	6.47	6.86
Апрель . . .	1.25	0.00	0.16	1.02	2.76	4.12	5.14	6.31	7.05	7.14	7.60	7.66
Май	1.16	0.00	0.29	1.56	3.24	5.11	6.08	6.27	6.18	6.75	7.36	7.49
Июнь	1.37	0.00	0.02	0.94	2.53	4.35	5.45	6.11	6.10	6.66	6.66	6.87
Июль	1.53	0.09	0.00	0.84	2.18	3.98	5.20	5.77	6.31	6.34	7.31	7.38
Август	1.11	0.00	0.73	2.61	4.52	6.12	7.60	7.52	8.05	8.97	8.51	8.40
Сентябрь . . .	0.03	0.00	0.76	2.92	4.62	6.04	6.78	6.83	7.62	7.84	7.83	7.08
Октябрь . . .	0.48	0.00	0.31	1.38	2.38	3.06	3.84	4.33	4.92	5.76	5.68	5.48
Ноябрь	0.75	0.00	0.34	1.37	2.21	2.91	3.96	4.89	5.16	5.70	5.54	5.26
Декабрь . . .	1.20	0.18	0.00	0.61	1.67	2.56	3.30	3.89	4.39	4.62	4.95	4.48

Средняя суточная вариация наклона по отдельным
Возрастающие числа обозначают движение юга

Январь . . .	1.02	0.77	0.53	0.22	0.00	0.09	0.16	0.21	0.25	0.33	0.34	0.38
Февраль . . .	0.86	0.61	0.36	0.12	0.01	0.00	0.09	0.12	0.19	0.26	0.27	0.31
Март	1.02	0.77	0.47	0.14	0.00	0.00	0.12	0.22	0.24	0.35	0.40	0.44
Апрель	0.99	0.77	0.54	0.17	0.05	0.00	0.14	0.35	0.49	0.53	0.49	0.61
Май	0.83	0.52	0.22	0.06	0.00	0.11	0.27	0.33	0.47	0.62	0.64	0.66
Июнь	0.89	0.60	0.26	0.05	0.00	0.00	0.16	0.34	0.53	0.68	0.73	0.83
Июль	0.67	0.55	0.17	0.07	0.00	0.06	0.17	0.24	0.39	0.40	0.51	0.56
Август	0.85	0.51	0.21	0.00	0.02	0.04	0.25	0.40	0.42	0.44	0.48	0.55
Сентябрь . . .	1.35	0.82	0.35	0.10	0.00	0.10	0.29	0.49	0.53	0.55	0.57	0.63
Октябрь . . .	0.93	0.67	0.39	0.14	0.00	0.06	0.21	0.30	0.37	0.39	0.40	0.49
Ноябрь	0.94	0.75	0.45	0.22	0.11	0.18	0.12	0.18	0.20	0.20	0.23	0.33
Декабрь . . .	0.91	0.88	0.51	0.27	0.05	0.01	0.02	0.16	0.21	0.27	0.33	0.30
Средние часо- вые	0.94	0.69	0.37	0.13	0.02	0.05	0.17	0.28	0.36	0.42	0.45	0.51

для западное склонение 1925'. Среднее северное наклонение 75°15'
 для июля 1842 до июня 1848 г. включительно
 для или верхнего конца магнита на запад

Накло- нение 13 ч.	13 ч.	14 ч.	15 ч.	16 ч.	17 ч.	18 ч.	19 ч.	20 ч.	21 ч.	22 ч.	23 ч.	Средние суточные
3.66	3.42	3.63	3.87	4.46	3.84	3.88	4.44	5.48	5.80	4.79	3.03	3.30
4.31	3.81	3.54	4.07	3.97	4.86	4.95	5.20	5.97	5.70	4.64	2.53	3.43
6.04	6.42	6.55	6.34	6.69	6.59	7.10	8.30	9.38	9.40	7.15	4.22	5.21
7.39	7.32	7.65	7.82	8.08	8.33	9.46	10.09	10.20	9.10	6.87	3.74	6.09
7.40	7.26	6.72	7.10	7.80	9.70	11.02	12.16	12.03	10.28	6.90	3.52	6.39
6.77	6.50	6.37	6.36	7.29	9.03	11.34	12.34	12.09	10.54	7.67	4.04	6.12
7.67	7.06	6.42	6.37	6.86	8.53	10.54	12.01	12.22	10.69	7.65	4.27	6.13
8.14	7.69	7.65	7.83	8.24	9.50	12.09	13.89	13.79	11.51	7.31	3.73	7.31
7.50	7.66	7.53	7.77	8.45	8.38	9.79	11.16	10.24	8.60	5.34	2.25	6.37
5.00	5.21	4.89	5.16	5.82	5.74	5.50	6.39	7.32	7.02	5.17	2.63	3.89
4.51	3.79	3.80	4.51	4.44	4.99	4.95	5.70	6.31	6.08	4.57	2.35	3.92
4.09	3.49	3.04	3.56	3.92	4.02	3.81	4.18	4.50	5.22	4.67	2.83	3.30

для месяцев с июля 1842 до июня 1848 г.
 для возрастающее наклонение

0.47	0.54	0.58	0.45	0.33	0.28	0.22	0.21	0.36	0.54	1.04	1.06	0.43
0.37	0.45	0.49	0.44	0.41	0.30	0.27	0.44	0.69	0.70	0.79	0.86	0.39
0.45	0.53	0.50	0.50	0.46	0.46	0.47	0.62	0.81	0.95	1.00	1.05	0.50
0.56	0.59	0.64	0.61	0.60	0.66	0.74	0.80	0.90	1.03	1.16	1.16	0.61
0.76	0.86	0.87	0.89	0.92	1.04	1.00	1.01	1.11	1.29	1.30	1.12	0.70
0.84	0.90	0.91	0.98	1.03	1.05	1.08	1.12	1.17	1.27	1.37	1.19	0.75
0.62	0.56	0.66	0.78	0.83	0.87	0.81	0.80	0.88	1.03	1.14	0.93	0.57
0.53	0.64	0.65	0.73	0.74	0.84	0.89	1.00	1.09	1.25	1.26	1.13	0.62
0.68	0.70	0.70	0.75	0.57	0.65	0.68	0.95	1.28	1.64	1.85	1.71	0.75
0.62	0.45	0.40	0.33	0.22	0.22	0.32	0.55	0.85	1.04	1.15	1.11	0.48
0.33	0.31	0.21	0.22	0.12	0.07	0.00	0.08	0.42	0.14	0.89	1.00	0.32
0.38	0.34	0.28	0.22	0.14	0.08	0.09	0.00	0.17	0.34	0.66	0.81	0.31
0.55	0.57	0.57	0.58	0.53	0.54	0.55	0.63	0.81	0.93	1.13	1.10	0.54

Торонто. — Средняя суточная вариация полной силы
 Возрастающие числа обозначают возрастающую си
 Цифры дают изменени

Среднее время	0 ч.	1 ч.	2 ч.	3 ч.	4 ч.	5 ч.	6 ч.	7 ч.	8 ч.	9 ч.	10 ч.	11 ч.
Январь . . .	.00 005	.00 011	.00 017	.00 023	.00 022	.00 024	.00 023	.00 023	.00 023	.00 020	.00 019	.00 015
Февраль . . .	006	012	019	022	024	026	026	027	025	023	019	017
Март	004	011	019	026	029	031	031	031	028	025	020	014
Апрель . . .	012	020	031	039	045	045	044	039	034	027	020	012
Май	004	013	015	031	038	042	038	035	029	025	017	011
Июнь	003	008	017	025	029	031	030	028	022	018	014	011
Июль	015	019	030	038	044	047	043	039	031	026	021	015
Август	027	034	044	042	057	057	051	046	041	032	023	010
Сентябрь . .	029	043	053	060	060	056	052	050	044	038	034	029
Октябрь . . .	013	021	027	032	032	033	033	034	031	026	023	018
Ноябрь	007	014	022	026	028	025	025	028	024	018	015	011
Декабрь . . .	004	010	019	020	023	021	021	021	019	018	017	012
Средние . . .	011	018	026	032	036	037	035	033	029	025	020	015

Средняя температура воздуха по отдельным месяцам с ию

Январь . . .	27°8	28°3	28°6	28°5	28°0	27°1	26°3	25°8	25°5	25°3	26°3	24°6
Февраль . . .	27.4	28.2	28.5	28.5	28.0	26.9	25.6	24.6	23.8	23.2	22.7	22.2
Март	33.8	34.4	35.0	34.9	34.3	33.6	31.9	30.5	29.5	28.6	28.0	27.3
Апрель . . .	47.6	48.5	49.0	49.0	48.6	47.9	46.1	43.5	41.8	40.7	39.8	39.3
Май	59.0	59.9	60.2	60.3	60.3	59.9	58.1	55.2	52.6	50.7	49.7	48.8
Июнь	66.7	67.5	67.9	68.3	68.5	68.1	66.6	63.9	60.6	58.4	57.0	56.1
Июль	72.9	73.7	74.5	74.8	74.7	74.3	72.7	69.2	65.1	62.9	61.8	60.7
Август	73.0	73.9	74.5	74.8	74.6	74.1	72.5	68.4	65.3	63.6	62.4	61.6
Сентябрь . .	63.9	64.5	64.9	64.9	64.7	63.7	61.1	58.3	57.1	56.0	54.9	54.2
Октябрь . . .	49.7	50.3	50.5	50.3	49.6	47.8	45.8	44.7	43.9	43.1	42.3	41.6
Ноябрь	39.5	40.0	40.1	39.9	39.0	37.7	36.9	36.3	35.9	35.7	35.3	34.9
Декабрь . . .	29.9	30.4	30.7	30.5	29.8	28.9	28.2	27.9	27.5	27.3	27.0	26.9
Средние . . .	49.27	49.97	50.37	50.39	50.01	49.17	47.65	45.69	44.05	42.98	42.27	41.52

по отдельным месяцам с июля 1842 до июня 1848 г.
 в градусах Фаренгейта. Среднее значение полной силы в Торонто 13.9
 и дюймов полной силы

12 ч.	13 ч.	14 ч.	15 ч.	16 ч.	17 ч.	18 ч.	19 ч.	20 ч.	21 ч.	22 ч.	23 ч.	Средние суточные
000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000
010	009	004	003	004	005	008	009	010	003	000	000	012
020	005	003	004	003	006	009	010	016	004	000	001	013
030	002	002	002	003	003	010	013	013	007	002	000	014
040	007	003	000	009	011	013	012	012	009	006	006	019
050	002	002	003	008	010	015	013	009	003	000	000	015
060	002	002	001	006	011	014	014	010	005	002	000	013
070	004	000	002	005	011	016	017	015	014	010	002	020
080	001	003	000	006	018	026	026	024	019	019	021	026
090	007	000	001	004	009	018	022	028	015	016	021	030
100	003	005	002	000	005	011	014	018	011	008	006	017
110	004	001	003	000	003	007	009	008	002	001	003	011
120	008	006	007	003	003	007	006	006	006	001	000	011
008	005	003	002	004	008	013	014	014	008	005	006	017

с июля 1842 до июня 1848 г. в градусах шкалы Фаренгейта

25.96	23.95	23.94	21.96	23.92	23.90	23.97	23.96	23.99	24.98	26.90	27.91	25.948
22.0	21.7	21.3	20.9	20.5	20.2	20.0	19.9	20.9	22.9	24.9	26.3	23.80
27.3	26.8	26.3	26.2	25.8	25.5	25.0	25.9	27.8	29.9	31.6	32.8	29.71
30.1	38.9	37.9	37.3	37.0	36.6	36.8	39.2	41.5	43.6	45.2	46.6	42.55
48.0	46.9	46.3	45.6	45.1	45.2	47.6	50.6	53.0	55.2	56.8	58.0	53.04
55.7	54.8	54.1	53.3	52.7	52.9	55.6	58.5	60.8	62.7	64.4	65.6	60.86
59.8	58.9	58.3	57.6	56.9	56.9	59.8	63.4	66.0	68.2	70.1	71.5	66.02
60.7	60.0	59.4	58.7	58.3	58.1	59.6	63.2	66.3	68.7	70.6	72.1	66.43
53.8	53.3	52.7	52.2	51.6	51.1	51.7	54.2	57.0	59.5	61.5	62.9	57.90
41.0	40.4	40.1	39.9	39.5	39.4	39.6	40.4	42.8	45.6	47.5	48.9	44.35
34.3	34.0	33.7	33.4	33.2	33.3	33.6	33.6	34.6	36.2	37.7	38.8	36.15
26.6	26.0	25.7	25.5	25.5	25.5	25.1	25.0	25.4	26.6	27.9	29.1	27.44
41.16	40.41	39.95	39.35	39.11	38.97	39.84	41.46	43.33	45.32	47.02	48.31	44.48

С. Петербург. — Восточная долгота 38°18'. Север
Средняя суточная вариация склонения по отделъ
Возрастающие числа обозначают движение юж

Среднее время	Полдень 0 ч. 21½ м	1 ч. 21½ м.	2 ч. 21½ м.	3 ч. 21½ м.	4 ч. 21½ м.	5 ч. 21½ м.	6 ч. 21½ м.	7 ч. 21½ м.	8 ч. 21½ м.	9 ч. 21½ м.	10 ч. 21½ м.	11 ч. 21½ м.
Январь . . .	0:27	0:00	0:36	1:24	1:59	1:99	2:39	3:28	4:03	4:65	4:56	4:65
Февраль . . .	0:84	0:00	0:09	0:57	1:55	2:84	3:54	3:63	4:03	5:18	5:67	5:49
Март	0:89	0:00	0:04	1:15	2:88	4:16	5:36	6:29	6:73	6:78	7:40	7:84
Апрель . . .	1:59	0:00	0:36	2:17	4:03	5:54	7:04	7:93	8:33	8:02	9:30	9:17
Май	1:02	0:00	0:62	2:13	3:68	5:49	6:96	7:44	7:18	6:82	7:44	8:24
Июнь	1:77	0:00	0:00	1:37	2:92	4:52	5:76	6:25	6:25	6:56	7:13	7:13
Июль	1:46	0:04	0:00	1:11	2:39	3:94	4:96	5:27	5:98	5:98	6:78	7:49
Август	0:27	0:00	0:40	2:44	4:16	5:94	7:04	6:73	7:49	7:27	7:35	7:27
Сентябрь . .	0:57	0:00	0:84	2:57	4:30	6:33	6:78	7:49	7:97	8:06	8:33	7:49
Октябрь . . .	0:31	0:00	0:48	1:77	3:59	4:08	4:87	5:76	6:02	6:56	6:91	6:20
Ноябрь	0:09	0:00	0:36	1:55	1:90	2:71	2:79	3:15	3:81	4:39	4:47	4:34
Декабрь . . .	0:53	0:00	0:36	1:24	1:82	2:39	2:79	2:97	4:03	4:56	4:56	4:52
Средние . . .	0:80	0:00	0:33	1:61	2:90	4:16	5:02	5:52	5:99	6:24	6:66	6:65

Средняя температура воздуха по отдельным мѣсяцам

Январь . . .	20°28	20°71	20°67	20°41	19°82	19°89	19°73	19°71	19°74	19°76	19°67	19°49
Февраль . . .	18.34	18.58	18.70	18.65	18.27	17.35	16.88	16.52	16.32	16.09	15.95	15.67
Март	25.61	26.30	26.97	27.01	27.01	26.13	24.74	23.88	23.20	22.44	21.94	21.31
Апрель . . .	37.85	38.07	38.58	38.81	39.53	38.63	36.54	34.62	33.35	32.38	31.42	30.72
Май	53.46	53.80	54.31	54.72	55.10	54.29	52.23	49.84	47.91	46.19	45.38	43.90
Июнь	63.03	63.48	63.83	64.36	64.97	64.07	61.90	59.97	58.19	56.48	55.04	54.07
Июль	66.44	66.93	67.21	67.46	67.93	67.26	65.28	63.61	62.01	60.57	59.56	58.86
Август	67.10	68.00	68.56	68.69	69.23	68.56	65.73	63.70	62.26	60.89	60.08	59.22
Сентябрь . .	54.50	55.66	55.91	55.78	55.83	54.56	52.62	51.16	50.15	49.43	48.89	48.31
Октябрь . . .	41.92	44.80	42.76	41.96	41.78	40.92	40.30	39.89	39.56	39.31	38.86	38.52
Ноябрь	29.73	30.22	30.88	29.75	29.26	28.96	28.83	28.67	28.58	28.41	28.52	28.49
Декабрь . . .	26.04	26.45	26.40	26.27	26.12	25.91	25.70	26.02	25.52	25.48	25.48	25.32

широта 59°57'. Среднее западное склонение 6°10'
 ным месяцам от 1841 до 1845 г. включительно
 ного или верхнего конца магнита на запад

12 ч. 21' м.	13 ч. 21½ м.	14 ч. 21½ м.	15 ч. 21½ м.	16 ч. 21½ м.	17 ч. 21½ м.	18 ч. 21½ м.	19 ч. 21½ м.	20 ч. 21½ м.	21 ч. 21½ м.	22 ч. 21½ м.	23 ч. 21½ м.	Средние суточные
4.43	3.72	3.77	3.10	2.57	2.22	2.35	2.17	2.08	1.86	1.42	1.02	2.49
5.27	4.52	4.34	4.65	4.34	3.90	4.03	3.77	3.50	3.23	2.61	1.46	3.29
6.69	6.51	5.76	6.11	6.38	6.16	6.65	6.56	6.73	6.38	4.96	2.79	5.05
8.08	8.46	8.73	8.59	9.17	9.30	9.48	10.01	10.68	9.75	7.58	4.61	7.01
8.55	8.73	8.82	9.66	10.23	10.72	11.12	11.39	11.12	9.92	7.49	3.54	7.01
7.49	8.28	8.68	9.70	10.23	10.94	11.30	11.39	11.52	10.10	7.35	4.12	6.70
7.66	7.71	8.42	8.55	9.30	9.52	9.83	9.75	9.04	8.46	6.96	3.90	6.02
8.02	8.11	8.06	8.55	9.30	9.88	10.19	10.19	9.44	8.42	5.67	3.15	6.47
7.04	7.31	7.40	6.78	7.04	6.91	7.27	7.31	7.13	6.25	4.12	1.95	5.72
5.71	5.18	4.78	4.39	4.16	3.99	4.21	4.83	5.09	4.65	3.32	1.59	4.10
3.68	3.06	2.75	2.35	2.22	1.82	1.82	1.90	1.77	1.77	0.93	0.57	2.26
3.68	3.10	2.88	2.53	2.04	1.82	1.77	1.77	1.82	1.68	1.28	0.93	2.29
6.41	6.22	6.20	6.25	6.42	6.43	6.67	6.75	6.66	6.04	4.47	2.47	4.87

от 1841 до 1845 г. включительно. Шкала Фаренгейта

19938	19933	19929	19919	19904	18990	18979	18979	18974	18981	19924	19998
15.55	15.48	15.39	15.19	14.97	14.88	14.76	14.65	15.19	15.66	16.61	17.35
20.70	20.07	19.62	19.26	18.84	18.54	18.34	18.74	19.87	21.38	22.95	24.53
30.07	29.55	29.08	28.61	28.36	28.42	29.21	30.63	32.16	33.75	35.39	36.79
43.16	42.37	41.83	41.47	41.56	42.73	44.19	46.06	47.88	49.57	51.17	52.65
53.26	52.58	52.00	51.50	52.27	53.33	54.95	56.57	58.21	59.72	59.02	62.15
58.05	57.33	56.86	56.48	56.68	57.53	58.86	60.59	62.06	63.43	64.76	65.90
58.14	57.60	57.20	56.57	56.14	56.73	57.65	59.45	61.29	63.12	64.71	66.06
47.75	47.25	46.85	46.44	46.26	46.06	46.17	47.21	48.76	50.56	52.20	53.37
38.32	38.14	38.00	37.85	37.73	37.67	37.53	37.71	38.28	39.11	40.12	41.04
28.47	28.45	28.42	28.27	28.13	28.04	28.00	27.95	28.07	28.42	28.83	29.37
25.21	25.12	24.96	24.85	24.85	24.92	25.03	25.03	25.14	25.25	25.39	25.79

Вашингтон. — С. Ш. Западная долгота 77°2'. Северная широта 38°54'.
Средняя суточная вариация склонения в минутах и температура по
Возрастающие числа обозначают движение юж

Среднее время	Полдень 0 ч. 12 м.	2 ч. 12 м.	4 ч. 12 м.	6 ч. 12 м.	8 ч. 12 м.	10 ч. 12 м.
Январь 1841—42	4.10	5.20	3.96	2.52	0.87	0.68
Февраль 1841—42	3.55	5.28	4.22	2.89	1.59	0.94
Март 1841—42	6.34	7.51	6.26	4.25	2.88	2.31
Апрель 1841—42	6.56	8.33	6.42	4.41	3.22	1.97
Май 1841—42	7.72	8.57	6.36	4.45	3.82	3.47
Июнь 1841—42	8.55	9.47	8.00	5.33	4.91	4.24
Июль 1840—41	8.42	9.87	8.07	5.75	4.57	3.52
Август 1840—41	10.94	10.81	7.95	6.00	4.03	3.55
Сентябрь 1840—41	8.76	8.44	5.43	4.45	2.62	3.31
Октябрь 1840—41	5.65	5.83	4.35	2.47	1.41	0.58
Ноябрь 1840—41	4.69	4.79	3.33	1.60	0.51	0.74
Декабрь 1840—41	3.93	4.90	3.39	1.92	0.10	0.36

Темпе

Среднее время	Полдень 0 ч. 12 м.	2 ч. 12 м.	4 ч. 12 м.	6 ч. 12 м.	8 ч. 12 м.	10 ч. 12 м.
Январь 1841—42	38°28	40°83	40°18	36°68	35°47	34°24
Февраль 1841—42	40.03	42.51	42.28	38.22	35.38	33.86
Март 1841—42	51.39	53.61	53.28	49.96	46.20	44.37
Апрель 1841—42	57.68	59.81	60.20	57.21	52.18	49.12
Май 1841—42	66.37	68.48	68.69	65.93	59.83	56.70
Июнь 1841—42	79.32	81.85	82.75	76.89	72.29	68.70
Июль 1841	81.13	81.53	84.60	81.33	74.93	71.56
Август 1840—41	78.70	80.73	80.09	75.93	71.48	68.00
Сентябрь 1841	74.66	76.50	76.30	72.30	68.59	64.90
Октябрь 1841	55.30	57.00	56.20	52.94	48.40	46.60
Ноябрь 1841	48.00	49.20	48.50	47.30	44.20	43.20
Декабрь 1841	39.20	41.30	40.60	37.95	36.26	34.70

Среднее западное склонение $1^{\circ}25'$. Среднее северное наклонение $71^{\circ}20'$
шкале Фаренгейта в течение указанных ниже месяцев 1840, 1841, 1842 г.
ного или верхнего конца магнита на восток

12 ч. 12 м.	14 ч. 12 м.	16 ч. 12 м.	18 ч. 12 м.	20 ч. 12 м.	22 ч. 12 м.	Средние суточные
1.01	1.62	1.66	1.71	0.91	0.29	2.04
0.84	1.26	0.81	0.82	0.60	0.35	1.76
2.50	3.00	1.71	1.13	0.00	1.76	3.30
2.24	1.35	0.73	0.46	0.00	2.18	3.15
3.25	3.05	2.63	0.33	0.00	4.25	3.99
4.05	4.32	3.44	0.63	0.00	4.53	4.79
3.60	3.40	2.99	0.98	0.00	3.62	4.56
4.48	4.64	4.04	1.35	0.00	5.89	5.30
2.83	2.86	2.44	0.87	0.00	4.22	3.85
1.41	1.80	1.51	1.35	0.00	1.75	2.34
1.14	1.41	0.82	0.71	0.00	1.83	1.79
0.62	1.53	0.93	2.00	1.02	0.87	1.79

ратура

12 ч. 12 м.	14 ч. 12 м.	16 ч. 12 м.	18 ч. 12 м.	20 ч. 12 м.	22 ч. 12 м.
32.937	32.910	31.971	30.953	31.963	36.996
32.58	31.22	30.51	30.18	31.44	36.72
42.48	41.26	40.06	39.87	42.28	48.06
47.90	46.91	46.12	46.49	49.93	54.02
55.19	53.34	52.42	55.50	59.72	63.23
66.83	66.04	65.07	68.26	73.63	77.37
68.78	68.09	66.78	70.64	75.19	78.38
66.82	65.12	64.17	65.69	65.73	76.09
62.70	61.90	61.00	61.29	65.73	71.02
44.90	43.70	42.30	41.70	45.00	51.61
41.80	40.70	39.40	38.80	39.50	44.10
33.50	33.16	32.20	31.60	31.69	36.00

Озеро Атабаска. — Западная долгота 118°18'. Север
Суточная вариация склонения в течение месяцев октябрь,
Возрастающие числа обозначают движение

Среднее время	12 ч. 55 м.	13 ч. 55 м.	14 ч. 55 м.	15 ч. 55 м.	16 ч. 55 м.	17 ч. 55 м.	18 ч. 55 м.	19 ч. 55 м.	20 ч. 55 м.	21 ч. 55 м.	22 ч. 55 м.	5 мин. до полудня 23 ч. 55 м.
1843												
Октябрь	1:13	7:49	6:23	18:95	21:32	8:55	13:35	9:90	10:72	7:03	2:29	2:70
Ноябрь . .	3:73	5:17	6:74	9:07	10:35	10:80	9:40	8:80	7:63	6:54	1:10	0:00
Декабрь . .	3:04	6:16	5:57	5:65	9:23	7:61	9:78	6:73	6:58	5:33	1:94	0:55
1844												
Январь . .	5:69	8:48	6:97	12:57	16:29	10:05	9:97	10:02	9:96	7:95	4:99	2:10
Февраль . .	4:27	4:93	8:46	10:55	14:80	14:87	14:06	12:10	12:76	8:64	2:82	2:93

Форт Симпсон. — Западная дол
Суточная вариация склонения в те
Возрастающие числа обозначают движение юж

Среднее время	15 минут после полу- дня 12 ч. 15 м.	13 ч. 15 м.	14 ч. 15 м.	15 ч. 15 м.	16 ч. 15 м.	17 ч. 15 м.	18 ч. 15 м.	19 ч. 15 м.	20 ч. 15 м.	21 ч. 15 м.	22 ч. 15 м.	23 ч. 15 м.
1844												
Апрель . .	5:82	6:03	17:45	25:16	22:90	36:80	36:26	37:60	30:14	25:27	18:77	8:27
Май	1:56	7:77	11:71	15:63	17:19	23:73	28:22	32:69	29:80	20:29	15:51	9:49

широта $58^{\circ}41'$. Среднее восточное склонение 28°
ноябрь и декабрь 1843 г. и январь и февраль 1844 г.
южного или верхнего конца магнита на запад

0 ч. 55 м.	1 ч. 55 м.	2 ч. 55 м.	3 ч. 55 м.	4 ч. 55 м.	5 ч. 55 м.	6 ч. 55 м.	7 ч. 55 м.	8 ч. 55 м.	9 ч. 55 м.	10 ч. 55 м.	5 минут после полуночи 11 ч. 55 м.	Среднее время
0:00	0:29	0:02	0:98	0:49	2:88	1:88	3:75	3:47	3:30	8:42	0:49	13 сут. набл. в октябре 1843 г.
1:06	1:57	1:93	2:73	2:94	3:34	4:52	4:97	5:43	7:08	3:04	3:63	25 сут. набл. в ноябре 1843 г.
0:03	0:00	0:83	2:37	2:63	3:81	4:18	3:57	4:35	7:19	4:05	6:05	25 сут. набл. в декабре 1843 г.
0:39	0:00	2:75	1:67	2:47	3:63	4:72	5:15	5:44	3:97	6:71	2:18	25 сут. набл. в январе 1844 г.
1:55	0:00	1:48	3:24	3:76	4:52	4:96	5:48	5:58	4:99	6:98	5:40	25 сут. набл. в феврале 1844 г.

широта $121^{\circ}30'$. Северная широта $61^{\circ}52'$
южные месяцы апрель и май 1844 г.
южного или верхнего конца магнита на запад

15 минут после полудня 0 ч. 15 м.	1 ч. 15 м.	2 ч. 15 м.	3 ч. 15 м.	4 ч. 15 м.	5 ч. 15 м.	6 ч. 15 м.	7 ч. 15 м.	8 ч. 15 м.	9 ч. 15 м.	10 ч. 15 м.	11 ч. 15 м.	Среднее время
5:72	2:16	0:00	1:37	1:23	0:43	0:30	4:04	4:62	1:26	2:86	5:55	20 сут. набл. в апреле 1844 г.
4:74	3:75	0:70	0:75	0:80	0:00	0:19	1:90	6:72	3:51	2:29	1:67	18 сут. набл. в мае 1844 г.

Необходимо точно установить относительную величину его парамагнитной силы при различных температурах и при различных степенях разрежения, и я надеюсь это сделать с помощью изготовляемых ныне крутильных весов (2783). Я имею полную надежду, что этот большой вопрос путем как опыта, так и наблюдения получит надлежащее освещение и испытание, а потому даю ему место в настоящих экспериментальных исследованиях.

2968. Едва ли можно думать над вопросом об атмосферном магнетизме без того, чтобы пред нами не встал другой большой вопрос (2442). Какова в природе конечная цель этого магнитного свойства атмосферы, ее способности подвергаться годичным и суточным изменениям и полной утраты этого свойства, когда она вступает в соединения при горении и дыхании? Нет сомнения в том, что такая цель, а может быть, и несколько целей, существует, так как в природе нет ничего лишнего. В физических силах мы не находим никаких недочетов или избытков действия. Самый малый запас столь же важен, как и самый большой. Нет недостатка ни в чем, ничего нельзя сберечь.

Королевский Институт.

14 сентября 1850 г.

Дополнение

Поступило 12 ноября 1850 г.

Вышеприведенные таблицы данных [стр. 368—378], полученных в Торонто, С. Петербурге, Вашингтоне, на Озере Атабаска и в Форте Симпсона, переданные мне благодаря любезности полковника Сэбайна, до сих пор не были еще опубликованы. Данные для Гобартона и Гринвича находятся в томах наблюдений этих станций.

РАЗДЕЛ 33

Об атмосферном магнетизме (продолжение)

ГЛАВА II

Экспериментальное исследование законов магнитного действия атмосферы и их применение к отдельным случаям

2969. Полагая, что опыт может во многом содействовать разработке общих основ атмосферного магнетизма и быстро дать фактический материал, на котором ученые затем смогут воздвигать свои построения, я постарался изыскать некоторые средства, посредством которых можно было бы фактически представить действие нагретой солнцем атмосферы на магнитные кривые земли. Моей целью было получить некоторую центральную силовую установку, которая отклоняла бы эти кривые или линии — подобно тому, как они отклоняются в диамагнитном проводнике или в шаре нагретого воздуха (2877), и затем с помощью результатов, полученных на этой установке, подвергнуть проверке различные примеры, представляемые нам рассеянными по всей земле магнитными обсерваториями. Сначала я полагал, что будет удобно достичь поставленной цели посредством подковообразного магнита; я полагал, что можно воспользоваться линиями, проходящими от полюса

¹ Philosophical Transactions, 1851, стр. 85.

к полюсу, для того чтобы возмущать и располагать по-иному магнитную силу земли. Однако сравнительная слабость земной силы вблизи магнита и сильное превосходство полюсов последнего породили ряд неудобств; это побудило меня в скором времени отказаться от этого метода и прибегнуть к кольцеобразной катушке и гальваническому прибору. Принимая во внимание новое применение, какое здесь получила катушка, интерес, который представляют результаты, и указания, которые могут быть из них извлечены, мне извинят некоторую элементарность описания ее устройства и действия.

2970. Катушка была изготовлена приблизительно из 12 футов обмотанной медной проволоки, которая была свита в виде кольца, содержавшего около 25 витков и имевшего $1\frac{1}{2}$ дюйма во внешнем диаметре. Концы этой проволоки были обвиты друг около друга, чтобы нейтрализовать магнитное действие, какое они могли бы произвести; они были достаточно длинны, чтобы их можно было присоединить к гальванической батарее, а катушку все-таки можно было свободно перемещать. О необходимой величине магнитной силы в катушке можно судить на основании следующих соображений. Представим себе свободно подвешенную стрелку склонения и затем на некотором расстоянии от нее катушку с осью на продолжении стрелки; пусть катушка будет обращена к стрелке той стороной, которая на малых расстояниях должна вызвать отталкивание. Стрелка будет устанавливаться с некоторой силой в магнитном меридиане; при приближении катушки она будет устанавливаться с меньшей силой, а при определенном расстоянии она уже будет устанавливаться не в магнитном меридиане, а либо с той, либо с другой стороны от последнего. Существует определенное расстояние, при котором стрелка, находясь в магнитном меридиане, оказывается в положении неустойчивого равновесия, но за этим расстоянием ее равновесие устойчиво; это расстояние изменяется в зависимости от силы возбуждающего электрического тока. Сила катушки должна быть такова, что когда ось ее находится на продол-

жении стрелки, последняя должна находиться в состоянии устойчивого равновесия в меридиане. Одной пары пластин вполне достаточно для того, чтобы сделать катушку в такой мере магнитной, в какой это необходимо для расстояний от 4 до 24 дюймов. Когда стрелка установлена надлежащим образом с магнитом или с катушкой, расположенными к северу или югу от нее, как это было описано выше, то при перемещении магнита или катушки на запад ближайший конец стрелки перемещается на восток, и наоборот.

2971. Как известно, такая катушка обладает системой магнитных линий, которые проходят через ее ось, изгибаются наружу и, обойдя ее с внешней стороны, снова входят вдоль оси, так что круги магнитной силы повсюду перпендикулярны к электрическому току, проходящему через витки катушки. Таким образом, в любой момент времени я располагал источником магнитных силовых линий именно того вида, какой требовалось получить, наряду с силовыми линиями Земли, причем расположение этих сил совпадало с расположением сил при парамагнитной или диамагнитной поляризации (2865, 2877).

2972. Действительно, пусть рис. 213 представляет сечение, параллельное оси кольцеобразной катушки; тогда две окружности представят расположение магнитной силы в этом сечении, а стрелки покажут то магнитное направление, которое присуще силовым линиям, исходящим из северного конца магнита. Если такую систему внезапно создать среди магнитных линий Земли, то она воздействует на них в соответствии с положением катушки относительно направления земной силы. Выберем те два положения, при которых ось катушки параллельна естественному направлению силы, как оно обнаруживается с помощью свободной стрелки, помещенной в месте наблюдения; тогда получается два противоположных действия, которые в отношении внешних линий системы с катушкой соответствуют полярности парамагнитных и диамагнитных проводников. Так, например, если катушка поставлена так,

что полярность ее магнитных линий, проходящих вне кольца и в плоскости последнего, совпадает с полярностью земной магнитной силы, как это показано на рис. 214, то земные силы отклоняются указанным на рис. 214 образом, и магнитная стрелка, помещенная в *a* и занявшая свое положение под влиянием земного магнетизма, не будет стремиться изменить своего положения при приближении к ней катушки, хотя катушка будет на нее действовать теперь сильнее. В других точках линии *bac* она будет изменять свое положение, устанавливаясь



Рис. 213.

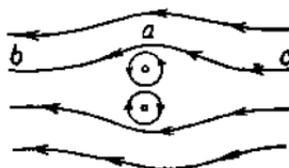


Рис. 214.

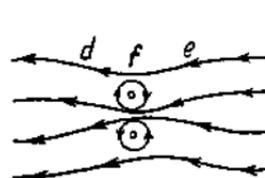


Рис. 215.

по касательной к кривой, и будет поэтому при передвижении вдоль этой линии (или вдоль соседних линий) отклоняться то в одну сторону, то в другую, но не будет оставаться параллельной самой себе, как это было бы, если бы электромагнитной катушки здесь не было.

2973. С другой стороны, если мы повернем катушку во второе положение (2972), то влияние на направление соседних силовых линий будет таким, какое показано на рис. 215. Если поместить стрелку в *d* и *e*, она снова отклонится от своего естественного положения, сообщаемого ей землей, но направление, в котором она отклонится, будет противоположно тому, в каком происходило бы отклонение, если бы стрелка находилась в соответственном положении при первой установке. Рис. 215 и показанное на нем положение вещей представляют парамагнитное расположение сил, рис. 214 изображал диамагнитное состояние.

2974. Я не хочу утверждать, что, как целое, все это расположились сил тождественно с тем, какое имеет место в случаях

парамагнитных и диамагнитных проводников. Здесь вместо действия земной магнитной силы введены независимые от нее системы, и поэтому центральную часть наших установок следует исключить; здесь существуют также притяжения внутри и отталкивания наружу, когда стрелка находится в a и f , чего не происходит, когда действуют только магнитные свойства (тел). Но за пределами этих систем с катушкой, на расстояниях от 2 дюймов до 2 или 3 футов, расположение, сообщаемое земным силовым линиям, вполне соответствует тому, какое производится диамагнитными или парамагнитными проводниками. Силовые линии, измененные вышеуказанным способом, и силовые линии, искривленные Солнцем и атмосферой в великом магнитном поле природы, сравнимы друг с другом в отношении их направления, и можно считать, что они друг друга могут представлять.

2975. Для того чтобы получить в простом виде результат действия такого центра силы на магнитные линии Земли, я установил по направлению стрелки наклона стержень, а у основания его плоскость, параллельную магнитному экватору в Лондоне. Затем я подвесил на коконовой нити небольшой магнит длиною в полдюйма таким образом, чтобы, вися, он был параллелен магнитному экватору; я приладил его так, чтобы он находился поблизости от плоскости у основания стержня, представляющего наклонение. После этого я соединил кольцеобразную катушку (2970) с гальванической парой, так что в любой момент можно было замкнуть ток; катушку я держал все время параллельно самой себе и плоскости магнитного экватора; ее можно было подносить к магнитной стрелке со всех сторон, сверху и снизу, и наблюдать при этом ее действие на стрелку. Так как моя цель заключалась в том, чтобы представить действие Солнца, то я направлял ток в катушку таким образом, чтобы верхняя сторона ее отталкивала северный конец магнитной стрелки; ибо в этом случае магнит, находящийся вне кольца, но в его плоскости, не должен был стремиться изменить свое положение, и расположение

сил земного магнетизма под влиянием катушки было такое же, как на рис. 214, т. е. такое, как у диамагнитного проводника.

2976. При подобного рода наблюдениях, и в особенности когда кольцеобразную катушку намеренно держат на значительном расстоянии от магнитной стрелки, не следует соединять катушку с батареей на все время и после этого перемещать ее по направлению к магнитной стрелке и около последней; лучше наметить то место, где желательнее наблюдать действие катушки, привести катушку туда и затем включить батарею: тогда легко наблюдать движение стрелки и ее направление. А если вследствие дальности расстояния движение магнитной стрелки слабо, то можно несколько раз замыкать и размыкать ток изохронно с колебаниями магнитной стрелки; таким образом можно скоро довести это действие до любой величины по желанию.

2977. Если принять магнитную стрелку за центр, то существуют некоторые связанные с ней положения, которые следует ясно себе представлять. Магнитная ось представляет собою линию, проходящую через центр свободной правильной магнитной стрелки параллельно направлению земных силовых линий, все равно, какого вида, в том месте, где могут производиться опыты. Плоскость магнитного экватора, это — плоскость, проходящая через центр магнитной стрелки нормально к магнитной оси. Плоскость магнитного меридиана, это — та плоскость, которая совпадает с магнитной осью, а также с направлением, в котором устанавливается магнитная стрелка склонения. Это положение занимают всегда магниты, которыми пользуются для наблюдения, что является следствием способа их подвешивания: если бы магнитная стрелка была перпендикулярна к механической оси, а последняя направлена по магнитной оси, то стрелка не заняла бы этого положения.

2978. Когда кольцеобразная катушка, установленная указанным выше образом (2975), была расположена где-нибудь в плоскости *магнитного меридиана*, то она вовсе не оказывала на стрелку склонения действия, которое бы стремилось изме-

нить ее положение. Когда катушка была установлена где-нибудь в плоскости магнитного экватора, то она не оказывала на стрелку никакого действия, которое заставило бы ее изменить свое направление. Это — единственные места, в которых катушка не влияет на положение магнитной стрелки.

2979. Эти две плоскости, в которых не происходит никаких изменений, разделяют пространство вокруг магнита на четыре квадранта, и когда катушка находится в одном из этих квадрантов, то она влияет на магнитную стрелку, изменяя ее склонение. Отклонение силовой линии в двух соседних квадрантах происходит в противоположных направлениях, так что при перемещении катушки из нейтральной линии в тот или другой квадрант склонение магнитной стрелки изменяется.

2980. Если катушка находится над магнитным экватором или под ним и если обвести ее вокруг магнитной оси, двигаясь по линии широты, то магнитная стрелка во время обвода совершает *одно* большое колебание вправо и другое влево. Положим, что этот опыт начинается с того, что катушка находится над экватором и в плоскости магнитного меридиана к северу от магнитной стрелки. Если теперь катушка будет двигаться через запад на юг и через восток к начальному своему положению, то северный конец магнитной стрелки пойдет сначала на запад; затем он остановится и вернется на восток, пройдя через среднее положение, и, наконец, вернется на запад и установится в первом, или исходном своем направлении. Когда катушка находится на магнитном востоке стрелки, отклонение, вызываемое ею, одинаково; то же самое имеет место, когда она находится на западе. Отклонение будет больше или меньше, но оно не будет уходить в другую сторону от нейтрального положения. Если катушка расположена к северу или к югу от магнитной стрелки и если катушка остается по одну и ту же сторону от магнитного меридиана, она не влияет на направление отклонения магнитной стрелки, но влияет на его величину. Когда катушка находится под магнитным экватором, то направление склонения меняется на противоположное, но

и в этом случае оно и теперь изменяется, пока катушка остается к востоку или западу от магнитной стрелки и от плоскости ее среднего склонения.

2981. Если обводить катушку вокруг магнитной стрелки в плоскости, перпендикулярной к плоскостям магнитного экватора и меридиана, и при этом последовательно проходить все четыре квадранта, то магнитная стрелка за время обвода совершает *два* колебания туда и назад (а не одно). Так, если вначале катушка будет находиться в нейтральном положении над магнитной стрелкой, затем пойдет на запад и вниз, а дальше на восточную сторону и вверх до первоначального своего положения, то северный конец стрелки сначала отклонится на запад, затем на восток, затем на запад, после этого на восток и, наконец, на запад в свое исходное или нейтральное положение.

2982. Если переносить катушку из нейтральных плоскостей (2978) в который-нибудь из квадрантов, то прежде всего возникает способность влиять на склонение магнитной стрелки, а затем эта способность непрерывно увеличивается, начиная от края квадранта; она достигает максимума в середине квадранта. Таким образом, максимальное отклонение на восток или запад происходит тогда, когда катушка находится в середине каждого квадранта. Итак, если перенести катушку из середины одного квадранта в середину соседнего, то в магнитной стрелке возникает лишь *одно движение*, например увеличение западного склонения, хотя направление склонения по отношению к среднему положению за это время изменяется на противоположное, и в некоторый момент магнитная стрелка не имела никакого добавочного склонения, а находилась в среднем положении. Точно так же, когда катушка движется по квадранту от одной нейтральной плоскости до другой, то хотя вызываемое ею отклонение стрелки не изменяет своего направления, а остается, например, все время западным, магнитная стрелка за это время проделывает два движения; она движется сначала на запад во время увеличения силы, а затем на восток во время ее уменьшения. Именно из-за этого оказывается, что

хотя магнитная стрелка *четыре* раза отклоняется, отходит от нейтрального или среднего своего положения и возвращается к последнему, пока катушка обходит ее по вертикальной плоскости, направленной с востока на запад (2981), однако магнитная стрелка прodelьывает только *два* полных колебания.

2983. Величина отклонения уменьшается при увеличении расстояния от катушки до магнитной стрелки, и наоборот.

2984. Были подвешены весьма наклонно к магнитной оси (2975) две другие магнитные стрелки; одна из них — северным концом вверх, другая — северным концом вниз, и я подверг их такому же действию катушки, как и прежнюю (2978). Действие, произведенное на них, было совершенно одинаково; никакого различия не обнаружилось, т. е. определенный конец двигался у них всегда одинаковым образом при одном и том же изменении положения катушки. Когда катушка находилась весьма близко, то при некоторых положениях действие на один полюс было несколько больше, чем на другой; но при удалении от них катушки это различие, которое легко объяснить на основании (2970), исчезало, и результаты получались чистые. Когда я ставил катушку выше или ниже продолжения магнитной стрелки, то это не создавало *никакого различия*, если только она оказывалась в одинаковом месте по отношению к магнитному экватору магнитных силовых линий земли, проходящих через магнитную стрелку.

2985. Я хотел установить природу того действия, какое такая катушка, стоящая всегда в данном, т. е. диамагнитном, положении (2975), может оказать на *наклонение*; для этого я подверг ее действию небольшую стрелку наклонения и получил следующие результаты. Магнитная стрелка могла двигаться в плоскости, проходящей через магнитный меридиан Лондона.

2986. Когда катушка находилась в плоскости магнитного экватора или в плоскости, перпендикулярной к той, в которой расположена механическая ось магнитной стрелки, то последняя совсем не отклонялась. При каждом другом положении катушка оказывала на магнитную стрелку некоторое

действие. Таким образом, как и раньше, указанные две плоскости разделили сферу действия катушки на четыре сегмента.

2987. Когда катушка переходит из одного квадранта в другой, направление, в котором происходит отклонение магнитной стрелки, как и раньше (2982), изменяется. Когда катушка находится в верхнем северном сегменте или в нижнем южном сегменте, то верхний, т. е. южный конец магнитной стрелки отклоняется к югу; когда катушка находится в верхнем южном сегменте или в нижнем северном, то верхний или южный конец магнитной стрелки отклоняется к северу. Если катушку обвести вокруг магнитной стрелки в направлении плоскости движения (стрелки), которая в данном случае является плоскостью магнитного меридиана, то конец магнитной стрелки, выйдя из среднего положения, в котором действия нет, движется сначала в одном направлении, например на север, а затем на юг, после этого снова на север и снова на юг, и наконец на север, чтобы вновь занять свое место покоя. Таким образом, в данном случае имеется два крайних отклонения в конце каждого направления, так же, как это было раньше, когда мы говорили о склонении магнита (2982).

2988. Другими словами, когда катушка находилась где-нибудь под магнитным меридианом, то *нижний* или северный конец магнитной стрелки устремлялся наружу или к внешней стороне катушки, как если бы он *отталкивался* осью катушки, но *притягивался* внешними кривыми силовыми линиями (рис. 216) (2992). Когда же катушка находилась над экватором, то отходил от катушки *верхний* или южный конец магнитной стрелки; его движение относительно катушки было в том же самом направлении, в каком двигался раньше нижний полюс.

2989. Я повернул рамку магнитной стрелки на 90° , вследствие чего плоскость, в которой магнитная стрелка могла двигаться, повернулась на 90° от магнитного меридиана. Благодаря этому повернулась на 90° и плоскость, в которой магнитная стрелка не испытывала на себе никакого действия, так что теперь она совпала с магнитным меридианом; плоскость,

проходящая с востока на запад, которая раньше была нейтральной, перестала быть плоскостью безразличия; теперь она проходила, наоборот, посередине сегментов через места наиболее сильного действия.

2990. Здесь при *наклонении* — так же, как и раньше при *склонении* — возможное действие катушки на магнитную стрелку определяется не направлением, в котором устанавливается магнитная стрелка, ибо последняя может быть нагружена или как либо иначе ограничена в своей подвижности (это можно сделать со всеми горизонтальными стрелками), но зависит от *направления* силовых линий у магнитной стрелки, которые вместе с катушкой определяют все. Безразлично, где находится катушка: выше продолжения магнитной стрелки или ниже, ибо пока она остается на одной и той же стороне от силовой линии, под влиянием которой магнитная стрелка действует, конец магнитной стрелки движется в одном и том же направлении, хотя в одном случае она и может идти по направлению к катушке, а в другом от нее отходить.

2991. Я подвесил магнитную стрелку таким образом, что она могла свободно двигаться во всех направлениях, и тогда я получил простое естественное действие от катушки или от диамагнитного шара (2877) на данной силовой линии, и это действие следует хорошенько запомнить. Действительно, хотя в целях практического наблюдения мы вынуждены разлагать положение магнитной стрелки на две части, склонение и наклонение, однако результаты в каждом отдельном случае гораздо легче сравнивать и запоминать, когда мы храним в уме для справки простой закон изменения силовой линии. Экваториальная плоскость и магнитная ось являются теперь единственными местами, в которых катушка может находиться, не оказывая влияния на положение магнитной стрелки. Первая из них указывает (для катушки) места, где магнитная стрелка имеет устойчивые положения, вторая же дает места устойчивого и неустойчивого ее положения, в зависимости от расстояния до катушки.

2992. Когда катушка находится вне плоскости и оси, то ближайший к ней конец магнитной стрелки отдаляется от нее, как бы отталкиваясь от нее. Если катушку обводить по кругу широты, то конец магнитной стрелки движется кругом вперед ее — совершенно так, как верхний конец магнитных стрелок в Гобартоне и Торонто по отношению к Солнцу в полуденные часы. Вместо того, чтобы двигать катушку вокруг магнитной стрелки, мы можем ставить стрелку в различные положения относительно катушки, и тогда рис. 216 покажет нам полу-

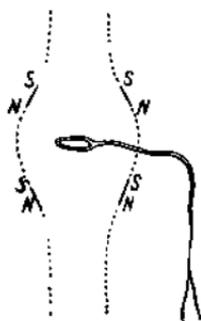


Рис. 216.

чающийся при этом результат. Последний чрезвычайно прост и находится в совершенном согласии с диамагнитным распределением вызываемых катушкой сил (2972); они показаны двумя пунктирными линиями.

2993. Дабы представить эти факты таким образом, чтобы их можно было применить для истолкования и пояснения естественных явлений, можно относительно *склонения* сказать, что когда катушка находится сверху магнитной стрелки в плоскости, имеющей наклонение, и, следовательно, над ее

магнитным экватором, то в случае, если она находится к востоку от магнитной стрелки, имеющей северное наклонение, она гонит южный или верхний конец стрелки на запад; если она находится к востоку от магнитной стрелки, имеющей южное наклонение [занимая, таким образом, противоположное прежнему положение (2972)], то она заставляет северный или нижний конец стрелки идти на запад. Создается впечатление, что она отталкивает конец свободной магнитной стрелки или ту часть магнитной линии, которая к ней ближе. Что касается *наклонения*, то можно сказать, что когда катушка стоит выше магнитной стрелки, она стремится оттолкнуть от себя верхний конец магнитной стрелки или силовую линию. Когда катушка находится к северу от магнитной оси, то она стремится направить верхний конец магнитной стрелки на юг, а когда она на-

ходится к югу от магнитной оси, то верхний конец стрелки идет на север. Как и в случае склонения, получается так, как будто ближайший конец магнитной стрелки или ближайшая к ней силовая линия отталивается. В действительности все (частные) случаи охватываются общим правилом: если катушка установлена диамагнитно (2975) для свободной магнитной стрелки, то — все равно, где она находится: выше стрелки или ниже ее, с той или с другой стороны от нее, ближайший конец магнитной стрелки как бы отталкивается, если только катушка не занимает нейтрального положения.

2994. Я повторил все эти опыты, перевернув катушку, для того, чтобы воспроизвести действие парамагнитного шара воздуха (2865, 2973). Я должен сказать одно, что явления получились совершенно те же по своей природе и порядку, но только в противоположном направлении. Они понадобятся нам при объяснении ночных и ранних утренних действий, вызываемых охлаждением атмосферы (3003, 3010).

2995. Для того чтобы законы отклонения могли выявиться в своей простоте, я подвесил магнитную стрелку в этих опытах в воздухе, а модель, изображающую солнечное действие, перемещал около нее во всех направлениях. Но в природе воздух находится только сверху от магнитной стрелки, а под ней магнит — Земля. Сверх того в естественных условиях линии в Земле (2919) привязаны к месту; это удерживает их под поверхностью Земли, стремится сообщить им на поверхности гораздо большее отклонение, чем они имели бы, если бы в Земле внизу они могли двигаться так же свободно, как в пространстве наверху.¹ И хотя это отклонение совпало бы с отклонением, которое вызывает катушка, когда она одна, тем не менее было

¹ Если обратиться к шаровой модели холодного воздуха (2874), то станет ясно, что если бы пространство под горизонтальными линиями *a*, *c* и *s. d.* было занято веществом, удерживающим в себе линии, то отклонения, показанные теперь в местах, расположенных ниже, проявились бы над удерживающими поверхностями и притом в гораздо большей степени, хотя вниз они распространились бы на гораздо меньшее расстояние

важно проверить его действие. Поэтому я взял стержневой магнит небольшой силы длиною в 30 дюймов и подвешивал над ним в разных местах магнитную стрелку с тем, чтобы можно было получить северное и южное наклонение желаемой величины или же полное отсутствие наклонения в близких к середине частях магнита. Было представлено также, в известной мере, как действует недостаток воздуха внизу; а для того, чтобы придать этому опыту большую показательность, я помещал иногда возле средней части магнита и под нею железные массы. Влияние на результаты, получаемые с катушкой, в сильной степени сказалось на *величине* отклонения, но не на его направлении. Когда же катушка оказывала влияние на направление магнитной стрелки, то это происходило в соответствии с приведенными выше законами.

2996. При рассмотрении явлений природы очень большое значение имеет магнитная ось, а также плоскости магнитного экватора и меридиана; это — те круги или плоскости, в которых не наблюдается отклонения. Поскольку в силу своей природы они изменяются при каждом изменении места склонения или наклонения, они требуют некоторых удобных средств для наглядного представления, и их действия едва ли можно понять без модели. Я изготовил глобус, на котором, отметив места наблюдений, я начертил магнитные меридианы этих мест согласно последним их определениям. Затем другим цветом я начертил для каждого места его магнитный экватор, проведя большой круг параллельно экваториальной плоскости стрелки склонения в данном месте. Я отметил на глобусе также средний путь Солнца для каждого месяца; с помощью булавок, втыкающихся в глобус, я обозначал часы до и после полудня в данном месте; таким образом я получил средство, с помощью которого можно с достаточной точностью определить, когда Солнце находится в том или ином квадранте и в какой части квадранта, когда оно проходит через нейтральную линию и каково его положение по отношению к месту наблюдения; ничего этого нельзя было бы достичь с помощью одних чертежей или ри-

сунков. Я нашел этот глобус весьма полезным. Я устанавливаю его обычно в определенном положении, а именно ось вращения направляю горизонтально, северный полюс — по правую руку, а астрономический меридиан места наблюдения — по направлению к зениту. Тогда наблюдатель может рассматривать глобус как бы с места восхода Солнца.

2997. Хотя таким образом у нас для стрелки, находящейся под (изучаемым) влиянием, созданы экспериментальные условия, похожие на те условия, какие создаются в природе благодаря присутствию Солнца (2920), я все же не могу утверждать, что их можно прямо без всяких изменений применять к явлениям природы; они могут только оказать существенную помощь в деле изучения этих явлений и рационального объяснения их действия. Атмосфера вовсе не безгранична; она обволакивает Землю со всех сторон в виде покрова; влияние, распространяясь из места действия, должно в отношении той доли его, которая проходит через ее массу (2920), искривляться вместе с искривлением атмосферы; и результаты, которые оно дает в каждом отдельном месте, могут быть точно определены лишь с помощью очень тонких вычислений, основанных на тщательных наблюдениях. Что касается выявления воздуха, то, полагаю, было бы очень интересно хотя бы в грубых чертах исследовать суточные вариации магнита на дне глубокой шахты, посередине ее и в устье. Результаты этого исследования могли бы нам много сказать о привязывающей (линии) силе Земли и о глубинах, до которых проникают отклонения магнитных силовых линий, и даже дать нам грубое представление об изменениях внутренней силы (или об отсутствии таких изменений), если их освободить от изменений, связанных с атмосферой.

2998. Другая причина, по которой результаты экспериментальных наблюдений не должны применяться без всяких оговорок, заключается в следующем. Если бы силовые линии Земли были совершенно правильными, то и изменения, вызываемые среди них Солнцем и воздухом, были бы также совершенно правильными. Но так как естественная система не является

правильной ни между тропиками (например, около Систерс Уок и около Лонгфорда на Св. Елене), ни на высоких широтах (например, у Гудзонова залива), то в результате этого могут и должны получаться очевидные несовпадения. Возможно, что наибольшие неправильности в распределении земного магнетизма имеют место на поверхности Земли и вблизи последней и что наверху они имеют стремление приспособиться друг к другу и создать более правильный порядок. Тем не менее влияние этих неправильностей должно распространяться очень далеко вверх, так что искривления магнитных меридианов или силовых линий, вероятно, не сглаживаются и не уменьшаются сильно в том районе, который совпадает с местом, где происходит атмосферное действие.

2999. Но хотя в огромном объеме, находящемся под влиянием Солнца, магнитные линии неправильны, тем не менее в результате получают расширение всего целого как системы и диамагнитная полярность. Нижние силовые линии будут испытывать на себе влияние верхних, и таким образом, хотя нельзя ожидать совершенного сходства между различными местами, тем не менее характер изменения на поверхности Земли окажется, вероятно, не столь неясным, как это может показаться сразу. Поэтому я полагаю, что глобус (2996) окажется весьма полезным для того, чтобы дать представление о вероятных влияниях магнитного меридиана и экватора, вызываемых пребыванием Солнца в двух главных квадрантах в каждый по желанию месяц года или час дня.

3000. Прохождение через магнитный меридиан важно, а после описанного выше опыта (2978) оно оказывается гораздо более важным, чем это казалось раньше (2942). Так как очень часто путь при этом прохождении образует угол с астрономическим, то оно должно иметь большое влияние при разрешении вопроса о том, когда суточное склонение изменяет свое направление. Место наибольшего действия и перемещение его на север или на юг по магнитной силовой линии в зависимости от того, каково было склонение: западное или восточное, по

отношению к катушке, изображающей Солнце, было подтверждено на опыте. Подтвердилось и дальнейшее наблюдение (являющееся следствием первого), что когда Солнце находится на равном расстоянии от места, расположенного севернее или южнее его, то его влияние гораздо сильнее на той стороне, где его путь образует острый угол с направлением склонения, чем на другой стороне, где этот угол является тупым. Так, когда катушка при перемещении ее с востока на запад проходила у расположенного к северу от нее места, имеющего западное склонение, то при равных расстояниях от катушки до магнита действие было более сильно на западной стороне этого места, чем на восточной.

3001. Прохождение Солнца через магнитный экватор тоже важно, так как тогда изменяется направление суточной вариации экспериментальной магнитной стрелки, и это тем больше чревато последствиями, что при большой величине естественного склонения во многих местах, даже далеко на севере и на юге, это прохождение осуществляется либо на восточной, либо на западной стороне от астрономического меридиана и происходит в такие часы, когда Солнце или холод оказывают наибольшее влияние. Также во всех тех местах, где наклонение мало, например на Св. Елене, а также на пути Солнца и вблизи него, оно может оказаться важно тем, что влияет на величину действия. Благодаря изменению местонахождения Солнца между тропиками и благодаря сильным изменениям наклонения и склонения от места к месту прохождение Солнца и действующей области через нейтральные плоскости должно происходить при самых разнообразных условиях; полагаю, что в деле уяснения этих условий большую помощь окажут данные вроде тех, какие были получены с помощью изложенных выше опытов и принципов. Солнце может в астрономическом смысле находиться к северу или к югу от магнитной стрелки, и все-таки склонение стрелки может не изменять своего направления (2980); или если где-нибудь имеется большое среднее склонение, как например в Гринвиче, то Солнце может

в астрономическом смысле находиться на востоке или на западе от него, и все-таки склонение может не изменять своего направления. Солнечная область может находиться на юге от какого-либо места, и все-таки она будет гнать его верхний конец дальше на юг (2990), ибо все зависит от ее положения по отношению к магнитному меридиану и магнитной оси, которые в большинстве случаев очень сильно удалены от астрономического меридиана и астрономической оси. Ко всем этим причинам изменчивости присоединяется еще привязанность силовых линий в Земле (2919), что придает явлениям еще больше разнообразия.

3002. В предыдущем сообщении я рассмотрел влияние воздуха только в том случае, когда его температура поднялась выше средней (2895), и пояснил его примером влияния Солнца в середине дня. *Теперь* я намерен рассмотреть влияние, оказываемое ночным холодом, который уменьшает температуру воздуха в данной области по сравнению со средней температурой его в этом месте. Когда часть воздуха указанным образом охлаждается, то его проводимость повышается. Совместно с более теплым воздухом в окружающих областях он отклоняет проходящие через тот и другой воздух магнитные силовые линии, как это было показано с помощью шара-модели (2864, 2874), и приобретает то, что я назвал полярностью проводимости (парамагнитной), подразумевая под этим просто, что силовые линии сгущаются к середине охлажденного воздуха.

3003. Теоретически влияние приходящей с востока холодной области воздуха заключается в том, что она заставляет магнитные силовые линии, когда они покидают Землю, продвигаться, т. е. изогнуться по направлению к этой области, так магнитные силовые линии в холодном воздухе и вблизи последнего, изгибаясь, втягиваются в него. А когда силовые линии, находящиеся непосредственно к западу от холодной области, войдут в нее или продвигнутся по направлению к ней, то находящиеся дальше на запад силовые линии, напряжение

которых частью понизится, тоже переместятся на восток, и таким образом получится действие, противоположное тому, какое производится Солнцем (2877, 2972), т. е. такое же самое, какое даст катушка при парамагнитном положении (2973, 2994). Верхние концы магнитных стрелок в местах, где существует наклонение, показывают это отклонение верхней части силовых линий, так как они движутся ими, вместе с ними и на них.

3004. Когда холод приближается, линии наклоняются по направлению к нему до тех пор, пока он оказывается в положении максимального действия в восточном квадранте; затем они идут назад (по своему склонению) впереди холода, пока и холод и (магнитная) линия (или магнитная стрелка) не окажутся в магнитном меридиане. После этого, когда холод уходит на запад, магнитная стрелка идет вслед за ним на запад до тех пор, пока он достигнет места максимального действия в западном квадранте (2982); затем, при уходе холода, магнитная стрелка возвращается на восток к среднему своему положению. При этом предполагается, что в рассматриваемое время не существует никакого другого влияния, помимо влияния холодной области. Таким образом, верхняя часть свободной магнитной стрелки в каждом данном месте стремится по направлению к холодной области — совершенно так же, как раньше она стремилась прочь от теплой области; и так же, как на склонении, холод действует и на наклонение. Когда холод оказывается на магнитном меридиане какого-либо места, расположенного между тропиками (например, на Св. Елене или в Сингапуре), то он усиливает здесь наклонение; в то же время он уменьшает наклонение в расположенных к северу и к югу от него местах, в которых наклонение значительно, что является прямым результатом изгибания силовых линий вовнутрь холодной области или по направлению к последней.

3005. Главные области тепла и холода на одной и той же широтной параллели следуют друг за другом не через равные промежутки времени. Трудно судить о соответствующих промежутках в верхних слоях атмосферы; но многие считают, что

максимум холода на Земле за период в двадцать четыре часа наступает спустя семнадцать часов после предшествующего полудня и только за семь часов до предстоящего полудня. Это приводит к необходимости рассматривать совместное действие теплового и холодного районов на отклонение силовых линий, в особенности в предполуденное время и в полдень. Если холодная область находится только в трех с половиною часах к западу от какого-нибудь места, и в то же время теплая область находится в трех с половиною часах к востоку от него, то вполне ясно, что совместное действие той и другой, так как обе они влияют в этом случае таким образом, что производят одинаковое отклонение, будет гораздо более сильно, чем влияние теплого или холодного воздуха в отдельности или чем соответствующее влияние в другие моменты времени, так как ни спустя двенадцать часов времени, ни в какой иной момент времени не будет наблюдаться эквивалентного сочетания условий. Так же обстоит дело с другими комбинациями теплых и холодных областей, влияние которых различно как по положению, так и по величине. Свободная магнитная стрелка поддерживается в состоянии напряжения линиями, которыми в свою очередь управляют теплые и холодные районы атмосферы. Она никогда, вероятно, не занимает среднего своего положения, а всегда располагается по равнодействующей этих вечно присутствующих и вечно меняющихся причин изменений.

3006. Так как Земля вращается под Солнцем, то в каждом месте, вообще говоря, атмосфера в течение двадцати четырех часов имеет максимум и минимум температуры. Но если посмотреть на весь земной шар в целом, то на нем существует один максимум и два минимума, т. е. на нем имеется область максимума температуры где-то под Солнцем на пути последнего и по одной области минимума в каждой из полярных областей. Но если мы говорим о двадцати четырех часах, то холодные области не находятся все время на полюсе, а *располагаются* в каком-либо пункте на большой широте и, вероятно, как

раньше, за семь или восемь часов до полудня. Протяженность, местоположение и величина действия этих холодных областей в значительной мере зависят от положения Солнца между тропиками. Ибо когда Солнце продвигается по направлению к одному из тропиков, то здесь протяженность холодной области и ее сила уменьшаются; в то же время значение теплой области возрастает. Когда сила влияния холодных областей на общее направление силовых линий указанным образом варьирует, меняется и их собственное положение, и в разное время они располагаются весьма различным образом по отношению к Солнцу в различные месяцы и этим путем производят весьма разнообразные действия. Эти-то различия, полагаю, и выявляют нам ночные и утренние действия в многочисленных обсерваториях, рассеянных по земному шару.

3007. Я перейду теперь к тому, что изложенные выше соображения, а также дополнительные знания, приобретенные с помощью опыта, применю к ранее рассмотренным местам, а также к некоторым новым местам, расположенным между тропиками, для того, чтобы объяснить, если мне это удастся, законы ночного действия, большего или меньшего запаздывания явлений по отношению к местному времени; указанного полковником Сэбайном различия направления вариации склонения в различные месяцы для одного и того же места и для одних и тех же часов дня; уменьшения наклонения в одном пункте и увеличения его в другом в одно и то же местное время. При этом необходимо будет все время принимать во внимание то место, которое по отношению к станции наблюдения можно рассматривать как центр теплого или холодного действия в данное время. Я имею в виду пользоваться для данной цели словом «область», понимая под ним не все протяжение нагретого или охлаждаемого воздуха и не центр его, а главное место измененной части воздуха. Совершенно ясно, что в некоторые дни марта или сентября весь воздух, находящийся к востоку от меридиана в 21 или 22 часа дня, можно рассматривать как теплый по сравнению с воздухом, находящимся к западу от

того же меридиана, и что не может существовать такой результирующей действия, которая была бы тождественной для всех мест.

3008. Нам следует вспомнить, что отклонение верхнего конца магнитной стрелки на восток и на запад, о котором я всегда говорю, осуществляется двумя путями. Магнитная стрелка движется столь же уверенно при удалении прямой причины действия, как она это делает, но только в противоположном направлении, под непосредственным действием на нее этой причины (2982). Отклонение на запад может оказаться следствием либо появления Солнца на востоке от места наблюдения, либо удаления его на запад после того, как оно прошло через меридиан и вызвало большое восточное отклонение.

3009. С. П е т е р б у р г имеет среднее западное склонение $6^{\circ}10'$ и северное наклонение $70^{\circ}30'$; поэтому хотя магнитный и астрономический меридианы не очень сильно наклонены друг к другу, тем не менее Солнце, или теплая область, доходит до первого на время от $20'$ до $40'$ раньше, чем до второго, и в результате этого время наибольшего солнечного действия, которое происходит в период от 20 часов до 1 часа, наступает раньше, чем это было бы при других обстоятельствах. Магнитный экватор стрелки (2977) образует угол около 40° с экватором Земли и, будучи столь значительно наклонен, он располагает два квадранта, имеющие наибольшее значение для точной вариации (2797), таким образом, что в С. Петербурге летом наиболее теплая область не только находится гораздо ближе к магнитной стрелке, но и проходит через места наиболее сильного действия квадрантов; аюмою, наоборот, она бывает дальше и в местах, где действие гораздо меньше. Это, как я думаю, и является причиной большого различия величины вариации склонения, а также ее характера: в ноябре, декабре и январе она составляет только $4.'47$ до $4.'65$, между тем как в июне она достигает $11.'52$.¹ (См. табл. II, рис. 217).

¹ Отклонение свободной стрелки наклонения на восток и на запад не передается надлежащим образом движениями горизонтальной стрелки,

3010. В декабре или январе, когда в С.Петербурге зима, отклонение под действием Солнца на восток почти исчезает. В 1 ч. оно заканчивается,¹ после чего верхний конец магнитной стрелки следует за Солнцем до 9 ч., переходя через среднее свое положение в 5 ч. Тогда он останавливается, а затем движется на восток до 16 или 17 ч., снова останавливается или почти останавливается до 21 ч., после чего начинается сильный солнечный отброс (sun swing), увлекающий его в крайнее восточное положение. Таким образом, здесь требуют объяснения два весьма важных пункта, а именно: почему стрелка движется на восток после 9 ч. и почему она не перемещается на запад от 13 ч. до 20 ч., а, наоборот, перемещается на восток или же стоит неподвижно. Объяснение заключается, по моему мнению, в следующем. С.Петербург находится в таком месте, где в силу его положения верхний холод, появляющийся вслед за ежедневным заходом Солнца, вызывает парамагнитное действие (2994, 3003). Это действие начинает с заходом Солнца возникать на востоке, и я полагаю, что около 9—11 ч. холодная область, приближающаяся с востока но на широте солнечного пути, который находится далеко на юге, а, вероятно, близко к широте С.Петербурга, оказывается в состоянии в 9—11 часов, когда стрелка стоит неподвижно, противодействовать остающемуся еще, быть может, стремлению (конца стрелки) двигаться на запад, а затем увлекать силовую линию и конец стрелки на восток до 17 ч. и там ее задерживать, после чего Солнце сообщает ей сильный отброс по направлению к востоку. Что холод, если принять во внимание вероятное его положение, поскольку в местах с различным наклоном угол отсчитывается на плоскостях, которые сами по себе образуют неодинаковые углы с наклоном, и в высоких широтах результат оказывается сильно преувеличенным. Но хотя, таким образом, нельзя сравнивать друг с другом различные места без поправки, вариации в одном и том же месте, как в С.Петербурге, можно сравнивать и сопоставлять друг с другом.

¹ С.Петербургские наблюдения производятся спустя 21½ минуты после каждого часа; но я привожу часы без минут, считая это достаточным для общих выводов.

вполне в состоянии направить конец стрелки на восток и что солнечная область не направляет ее на запад от 17 ч. до 20 или до 21 ч., — это, я полагаю, можно рассматривать, как вполне естественное следствие вероятного положения этих двух областей в промежуток между указанными моментами времени. Действительно, пусть Солнце (его место нам известно) представляет теплую область в 17 ч. Оно находится в это время в восточном квадранте под горизонтом; если бы оно могло действовать на стрелку сквозь Землю или в обход последней (2995), то оно сообщило бы ей движение на восток; Солнце остается в указанном квадранте до 19 ч. Затем в 19 ч. оно вступает в квадрант, в котором оно начинает оказывать на стрелку действие, направляющее ее на запад; но при этом оно находится в таком положении по отношению к магнитной стрелке в С.Петербурге [это можно усмотреть, если начертить линию на поверхности глобуса (2996) и сравнить ее с магнитным меридианом и наклоном] и в столь неэффективной части квадранта (2982), и, наконец, столь далеко, что оно не в состоянии погнать стрелку на запад, а может лишь, совместно с отступающей холодной областью, удержать ее на месте до 21 ч. или приблизительно до этого времени; солнечный отброс с запада на восток происходит, как и в других случаях. После этого с 1 ч. магнитная стрелка идет вслед за Солнцем; при этом с течением времени она постепенно задерживается и подпадает под влияние холодной области ближайших суток, как это уже было описано выше.

3011. Я предполагаю, что направленное на восток действие холода продолжается до 17 ч., а из этого, по всей вероятности, можно заключить, что до этого часа холодная область находится к востоку от С.Петербурга. Очень трудно говорить даже в самых общих чертах о местах и моментах времени столь мало изученных явлений, как холодные и теплые области в верхней атмосфере. Но если обратиться к температурам на поверхности земли в С.Петербурге, то я могу указать, что наибольший холод в январе бывает в 19 и 20 ч., на пять часов позд-

нее, чем в летние месяцы. Я могу также отметить здесь, с целью использовать это для летних месяцев, что максимум тепла смещается на три часа в *противоположном направлении*; следовательно, в то время, как летом промежуток между наиболее высокой и наиболее низкой температурами составляет лишь одиннадцать часов, зимой он составляет девятнадцать часов, как это можно видеть на таблице температур (стр. 372—373). Таким образом, в январе наиболее высокая температура бывает спустя лишь пять часов после наиболее низкой, что в общем находится в согласии с принятой нами причиной действий на магнитную стрелку.¹

3012. Так как я собираюсь сделать С. Петербург примером ночного действия вообще для объяснения соответствующих явлений в других местах, то я отмечу, что в явлениях, происходящих ночью, должна содержаться некоторая часть солнечного действия, проявляющегося одновременно с влиянием холода. Наблюдение показывает, что действие Солнца простирается очень далеко. В частности, в С. Петербурге Солнце, находясь у южного тропика и на меридиане, оказывается под углом от 80° до 90° к этой станции, и тем не менее наблюдения и кривые показывают нам, как велико оказываемое им влияние (3009). Где бы Солнце ни находилось, оно своим движением вызывает изменения, которые одновременно ощущаются на всем земном шаре; а в 9 и 10 часов оно находится в эффективной части того квадранта, который направил бы магнитную стрелку на восток, если бы Земля была замещена воздухом; и в демонстрационных опытах с катушкой (2995) послед-

¹ Что касается холода верхней атмосферы и наступления его максимума (по крайней мере, на некоторых уровнях) не в полночь, а спустя несколько часов, то столь часто мы в нашей стране видим ясную светлую ночь, потом, перед самым восходом солнца, наблюдаем возникновение на большой высоте облачной завесы, а затем ее растворение и исчезновение! В этом случае появление облаков указывает время наибольшего холода наверху при их возникновении, а их распад — на быстрое изменение в противоположную сторону, в сторону увеличения тепла.

ния именно так направляет стрелку, когда в промежутке устанавливаются магнит. Таким образом, ночное действие должно быть наибольшим зимою, как действительно это и есть, ибо в это время холод бывает наиболее интенсивным, а также потому, что с ним совпадает влияние того, что Солнце далеко. Весьма вероятно, что многие из странных искажений ночного действия, которые проявляются в кривых Гобартона, Торонто и некоторых других мест, связаны с тем, каким образом указанные две причины (а, может быть, еще и другие) комбинируются в различные часы дня.

3013. Хотя между 17 ч. и 21 ч. склонение изменяется очень мало или не изменяется совершенно, и в это время вовсе не обнаруживается отклонения на запад (3010), тем не менее я ожидал бы в это время некоторого заметного влияния на склонение, и полагаю, что оно должно быть в сторону его увеличения; но мне не удалось получить таблицы суточной вариации склонения.

3014. Относительно февраля можно сделать те же замечания; но так как теперь Солнце переходит из южных знаков (зодиака) и приближается к С.Петербургу, то сила его нарастает; последнее явствует из того, что вызываемое холодом отклонение на восток оказывается в 15, 16 и 17 ч. меньше прежнего более чем на полминуты (градусной), что сила Солнца совершенно преодолевает его и затем производит новое движение на запад между 17 ч. и 18 ч., перед тем, как начинается отброс на восток. В марте это действие оказывается еще более поразительным: парамагнитное отклонение на восток приостанавливается в 14 ч., а следующее за ним диамагнитное отклонение на запад продолжается до 20 ч.; затем следует рывок (на восток). В апреле западное отклонение, вызываемое теплой областью, начинается уже в 13 ч. и продолжается до 20 ч., причем оно весьма сильно. Интересно взглянуть на таблицу температур за эти месяцы, хотя бы в том виде, как они были получены на поверхности Земли. С каждым месяцем вызываемое холодом отклонение на восток прекращается все

раньше и раньше: в январе и апреле оно прекращается соответственно в 17 ч. и 13 ч. Температурный минимум также отстывает назад, приходится в те же месяцы соответственно на 20 ч. и 16 ч. Наоборот, максимум тепла при переходе от зимних месяцев к летним *передвигается вперед*, причем он одновременно сильно увеличивается. Таким образом влияние солнечного отброса сказывается как в *передвижении вперед* времени изменения, так и в *увеличении* размера вариации.

3015. В мае и июне ночное отклонение или отклонение холодом на восток исчезает или проявляется лишь в небольшой задержке, а с полночи приближение солнечной области отклоняет конец магнитной стрелки на запад. Взглянув на глобус (2996), мы поймем, что так оно и должно быть. Солнце находится в это время приблизительно на северном тропике, когда оно проходит около С.Петербурга, и сравнительно близко к последнему. Свободная стрелка наклона совершила бы за двадцать четыре часа один оборот в том же направлении, что и солнечная область, но на противоположном конце соединяющей их линии. Если бы стрелка находилась в астрономическом полюсе Земли и обладала большим наклоном, то она описала бы почти окружность, двигаясь при этом почти равномерно. Но так как в одной части равномерного суточного движения теплой области стрелка фактически находится гораздо ближе к последней, чем в другой части, то в первом случае угол, который тогда проходит радиус-вектор, соединяющий ее с этой областью, гораздо больше, чем в тот период, когда стрелка находится далеко от теплой области. Отсюда — большая скорость движения между 20 ч. и 1 ч., а также возникновение того явления, которое я обычно называю солнечным отбросом с запада на восток.

3016. Из таблицы кривых (рис. 215) можно усмотреть, что в С.Петербурге мы имеем прекрасный образец тех выводов, на которые столь настойчиво обращает внимание полковник Сэбайн в своем сообщении о явлениях на Св. Елене.¹ Эти же

¹ Philosophical Transaction, 1847, стр. 51.

явления имеют место в Гобартоне, Торонто и в других местах; а именно, здесь существует вариация склонения в различных направлениях в одни и те же часы различных месяцев. Так, в рассматриваемом здесь случае конец стрелки движется на восток в течение промежутка от 13 ч. до 20 ч. в октябре, ноябре, декабре, январе и феврале, но он движется на запад в те же часы в апреле, мае, июне, июле и августе. Кривые марта и сентября занимают среднее положение. Но это различие, я думаю, вполне объясняется приведенной выше гипотезой (3010, 3015), и я уверен, что столь же удовлетворительные объяснения будут найдены для Св. Елены (3045) и других мест (3022, 3039, 3065).

3017. Парамагнитный характер отклоняющего на восток действия холода после 10 ч. в зимние месяцы можно было бы, вероятно, пояснить с помощью наблюдений над наклоением в течение того же периода времени; ибо когда холодная область проходит к югу от С.Петербурга, то наклонение уменьшается благодаря парамагнитному действию, но увеличивается благодаря диамагнитной результирующей; и то, каким образом эти два элемента направления, т. е. наклонение и склонение, комбинируются в некоторый данный момент времени, является очень важным для полного выяснения магнитного действия атмосферы. Я не имею возможности сообщить соответственные данные для С.Петербурга. Вариации полной силы тоже в большой мере содействовали бы освещению этого вопроса. Безусловно было бы неправильно пытаться объяснить следствия принятой для явления причины, рассматривая лишь один из трех элементов. Что нам необходимо знать, в конце концов, это — полные изменения свободной магнитной стрелки в смысле ее положения и в отношении силы. Все эти изменения важны, и все следует рассматривать совместно. Я полагаю, что без объединенного их рассмотрения теория вариаций не может продвигаться очень далеко.

3018. Г р и н в и ч дает прекрасный образец ночных обстоятельств и различных направлений магнитной вариации для одних и тех же часов в различные месяцы. В этих отно-

шениях он очень сильно походит на С.Петербург, но представляет сверх того дополнительный интерес благодаря наличию большого западного склонения¹ и влиянию, оказываемому этим на места активных квадрантов (2979, 3000) и на моменты вариационных явлений (рис. 218). Если отметить его положение на глобусе (2996), то станет видно, что экваториальная плоскость не играет, по всей вероятности, большой роли в полуденном действии, и что солнечная, или теплая, область летом проходит почти через середину двух главных квадрантов. Последнее обстоятельство, а также близость ее в это время, должны привести к тому, что полуденный отброс на восток будет очень велик. Зимой теплая область находится дальше и в гораздо более слабых частях квадранта, так что этот отброс должен быть гораздо более слабым, что на самом деле и имеет место. Наибольшая вариация летом составляет 11'.30, а наименьшая зимою — лишь 5'.88. В апреле, мае, июне, июле и августе большое отклонение на запад южного или верхнего конца магнитной стрелки происходит в 19 ч. 20 м., а крайнее восточное положение он занимает в 1 ч. 20 м. Это последнее положение остается неизменным в течение всего года, но крайнее отклонение на запад в течение остальных (холодных) семи месяцев бывает в 9 ч. 20 м. и 11 ч. 20 м.,² т. е. оно приближается к полуночи; оно превосходит тогда утреннее отклонение на запад. Таким образом, влияние в летнее время Солнца, ослабляющего влияние ночного холода (3005), вполне очевидно. Вполне очевидно также, каким образом возрастает ночное действие до тех пор, пока оно не становится преобладающим в зимние месяцы, вследствие усиления действия холода (3006), когда Солнце находится у южного тропика и в более слабых частях сегментов. Каковы основы этого дей-

¹ Среднее западное склонение 22°51'. Среднее северное наклонение 69°.

² См. кривые (табл. II, рис. 218). Наблюдения имеют лишь через каждые два часа, так что нельзя ожидать большой точности при указании времени определенного изменения.

ствия, которые я принял для объяснения явлений, изложено выше для случая С.Петербурга (3010 и др.).

3019. Магнитный меридиан находится далеко на востоке от астрономического меридиана, когда через него проходит теплая область, в особенности зимою, так как Солнце пересекает его в 10 часов, а летом — около 11 часов. Поэтому зимою отброс должен происходить раньше, чем летом, хотя благодаря более медленному угловому движению теплой области по отношению к Гринвичу (3015) он должен тогда занимать больше времени; и все-таки, как это было сказано раньше (3018), вследствие дальности он должен быть меньше по размерам. Все это, по-видимому, находится в замечательном согласии с действительностью. Отброс начинается зимою в 17 ч., но не раньше 19 ч. летом, и заканчивается в одинаковое время как зимою, так и летом, а именно в 1 ч. и, таким образом, зимою он длится большее время, чем летом. Он начинается раньше, так как магнитный меридиан пересекается тогда раньше, чем летом. Ясна также причина, по которой это удлинение происходит за счет более раннего начала движения, а не за счет более позднего конца. В самом деле, благодаря склонению теплая область зимою оказывается в те же часы утром менее смещенной на восток от магнитного меридиана, а после полудня гораздо более смещенной от него на запад, чем это бывает летом. Поэтому зимою отброс начинается раньше, и хотя он длится тогда дольше, конец его совпадает с концом отброса в летнее время, поскольку, по крайней мере, об этом можно судить на основании этих двухчасовых наблюдений.

3020. Так как область предшествует Солнцу, то величина среднего склонения здесь должна вызывать более раннее наступление дневного отброса, т. е. он должен начинаться раньше, чем в Гобартоне, и в особенности чем в Торонто, если только этому не помешают другие причины вариации. Он и начнется раньше, чем в Торонто, но конец его происходит в то же время. Как начало, так и конец происходят на час раньше, чем в Гобартоне. Последнее различие вызывается, как я пола-

гаю, различием среднего склонения. Я думаю, что для Торонто мы найдем другую причину, влияющую на время (3032).

3021. Нам следует также вспомнить, что зимою Солнце, или теплая область, проходит через магнитный меридиан за два часа до того, как она проходит через астрономический меридиан. Благодаря этому ее влияние, сообщающее западное положение южному или верхнему концу магнитной стрелки, прекращается зимою гораздо раньше, чем летом и, возможно, даже раньше, чем прекращается ее приближение. Поэтому направленное на восток последующее влияние на стрелку должно стать больше, что в действительности имеет место. Это направленное на восток влияние должно увеличиться также вследствие того, что после прохождения теплой области через магнитный меридиан ее действие на стрелку должно быть сравнительно велико, так как путь ее образует с магнитным меридианом до прохождения тупой угол, а после прохождения — острый (3000), и, таким образом, оно становится более сильным. Ко всем указанным выше источникам действия следует прибавить еще влияние в это время холода с далекого запада (3005).

3022. Различие в направлении перед 19 ч. (3016) в Гринвиче очень заметно, как в этом можно убедиться, если взглянуть на месячные кривые (рис. 218). Южный или верхний конец магнитной стрелки идет на запад в мае, июне, июле и августе от 12 ч. до 19 ч., т. е. от полуночи до семи часов пополудни, но в октябре, ноябре, декабре и январе он идет в те же часы на восток. Рассмотрим сначала какой-нибудь летний месяц, например июнь. Верхний конец магнитной стрелки находится на западе при продвижении Солнца (как это и должно быть) до 19 ч., когда оно находится почти посередине своего пути через восточный квадрант; а с точки зрения расстояния и углового соотношения с магнитным меридианом теплая область находится тогда, вероятно, в том месте, где она обладает наибольшей способностью вызывать отклонение конца магнитной

стрелки на запад.¹ В течение последующих шести часов магнитная стрелка движется к крайнему восточному положению, проходя, согласно наблюдениям, четвертую часть всего отброса за первые два часа, половину его в следующие два часа и четверть за оставшиеся два часа; таким образом, движение несомненно происходит сначала с быстро возрастающей, а затем с быстро убывающей скоростью. При этом прохождении области Солнце находится в течение примерно двух третей всего времени в восточном квадранте и в течение одной трети — в западном. Путь его в течение последней трети образует с Гринвичем основание почти равностороннего треугольника, так что все это время оно находится близко от магнитной стрелки и, следовательно, оказывает на нее сильное действие (3000). В 1 ч. Солнце находится в таком положении относительно этого угла, что если предположить, что область находится несколько впереди Солнца, то она окажется в таком месте, где она может проявить максимум действия, отклоняющего на восток. Поэтому после того как область перейдет на запад, она заставляет магнитную стрелку повернуть за ней с востока на запад, что она и делает. Магнитная стрелка продолжает идти на запад, проходя через *среднее* свое за месяц положение около 7 ч. За это время, немного позднее 6 ч., Солнце оставило западный сегмент, перейдя через магнитный экватор. В Гринвиче оно еще не зашло, и если оно может еще производить какое-либо действие, то, имея в виду сегмент, в котором оно теперь находится (2979). Это действие будет заключаться в том, что оно все еще будет уводить конец магнитной стрелки *на запад*. Конец стрелки и на самом деле продолжает идти на запад, только медленно, после 10 ч., от 10 ч. до 15 ч. несколько

¹ Не следует забывать, что обратное движение из крайнего восточного или западного положения происходит не тогда, когда Солнце, или теплая область, проходит через нейтральную линию или из одного квадранта в другой, а когда она проходит через точку наибольшего своего действия в квадранте (2982).

быстрее, а затем после восхода Солнца он движется еще быстрее на запад, как он и должен это делать, вплоть до 19 ч. и, наконец, как и раньше, возвращается рывком на восток. Вся эта последовательность очень проста и, очевидно, является естественным результатом той причины, которая была принята вначале. Нет сомнения, что сюда приводят также действия охлаждения, но холодная область убывла по своей интенсивности и протяжению (3006), отошла на север, и ее действие в сочетании с указанным выше действием проявляется, по-видимому, в том, что оно вызывает лишь некоторые колебания в величине скорости изменения.

3023. Для зимы рассмотрим январь. Так как в течение всех месяцев отклонение на восток бывает наибольшим в 1 ч., после того как Солнце проходит через меридиан, то начнем цикл с этого момента времени. В 1 ч. верхний конец магнитной стрелки находится в крайнем восточном положении; величина вариации не составляет и половины того, чему она равнялась летом, так как Солнце находится теперь очень далеко. Солнце и теплая область проходят через меридиан около 21 или 22 ч.; поэтому в часы, предшествующие этому моменту и в следующие за ним, вызываемое им действие, побуждающее стрелку двигаться с запада на восток, достигает полного размера. В 1 ч. магнитная стрелка поворачивает на запад, идя вслед за уходящим Солнцем, и продолжает делать это быстро в течение семи или восьми часов, т. е. до 9 ч. В этот промежуток времени теплая область, а также холодная область раннего утра находятся в таких квадрантах и положениях, что если они вообще оказывают какое-либо действие, подобное тому, какое было показано в опытах (2975, 2995), то они должны направить конец магнитной стрелки на запад от среднего его положения или удержать его на месте. Затем происходит следующее: стрелка остается неподвижной до 11 ч.; после этого в полночь и до 15 ч. она идет на восток, снова остается совершенно или почти неподвижной в течение двух часов, потом опять движется на восток, сначала медленно, а затем быстрее до 1 ч., когда

она достигает максимального своего отклонения на восток и доходит до того места, из которого она вышла.

3024. Это ночное действие представляет собою другой пример действия холодной области, подобный тому, который мы видели при рассмотрении С. Петербурга (3010). Мне кажется, что к 11 ч. непосредственное действие Солнца и следующий за ним поворот на запад заканчиваются, что после этого холодная область, приходящая с востока, действует своими парамагнитными свойствами (при одновременном дополнительном влиянии Солнца с другой стороны земного шара) и направляет магнитную стрелку на восток, что она и должна делать (2994, 3010) до 14 ч. или 15 ч. При своем движении на восток магнитная стрелка не достигает своего среднего положения, но задерживается еще на 1' к западу от него. А причина того, что она остается здесь от 15 ч. до 17 ч., а затем начинает снова все дальше и дальше двигаться на восток под действием Солнца, заключается, вероятно, в том, что когда Солнце поднимается в южный тропик, то оно в соответствии со своим расстоянием и положением постепенно вводит в действие образовавшуюся вдали теплую область; с последней одновременно действует ближайшая холодная область; сначала теплая область приостанавливает действие холодной, а затем по мере своего продвижения начинает действовать в согласии с ней; в конце концов она занимает ее место.

В результате этого около 1 ч. начинается отброс — сначала медленный, а затем быстрый, с запада на восток. Каким образом это происходит, можно с удобством усмотреть с помощью глобуса (2996): здесь видно, как Солнце расположено в южном полушарии и в обоих магнитных сегментах; то же можно видеть на кривых, изображающих вариации (рис. 218).

3025. Рассмотрим другой, промежуточный месяц, например март. В 1 ч. верхний конец магнитной стрелки находится в крайнем восточном положении; затем до 9 ч. он, как и раньше (3023), идет вслед за Солнцем. От 9 ч. до 11 ч. он стоит на месте; после этого происходит парамагнитное действие холода с вос-

тока, и стрелка до 13 ч. движется на восток. Тогда она останавливается, причем это происходит на два часа раньше, чем прежде, так как теперь Солнце появляется в Гринвиче уже в 6 ч. и в более благоприятном для действия положении как по отношению к магнитному меридиану, так и в отношении того сегмента, в котором оно теперь находится; таким образом, магнитная стрелка в течение одного-двух часов должна уклоняться к западу. Затем она остается почти неподвижной до 19 ч., после чего происходит большой солнечный отброс. Сохранение западного положения, но при отсутствии дальнейшего смещения на запад между 15 ч. и 19 ч., вполне совместимо с южным местоположением теплой области; весьма вероятно, что в это время *наклонение* увеличивается; последнее явление вполне гармонизировало бы с положением вещей в то же время.

3026. Другие месяцы, с происходящими в течение их явлениями, находятся по ту или другую сторону от марта. Соответствующий месяц в противоположной части года (сентябрь) совершенно схож с мартом; исключением являются те явления, которые зависят от того, за каким месяцем следует рассматриваемый: за более теплым или более холодным, чем он сам (3053). Таким образом, Гринвич дает прекрасную иллюстрацию того, как (наша) гипотеза применяется для объяснения различия направления в одни и те же часы в течение различных месяцев (3016, 3022), а также существования ночного действия и его перехода в отчетливо заметное отклонение на восток ранним утром.

3027. Хотя *Гобартон* и *Торонто* (рис. 219 и 220) находятся в противоположных полушариях, явления в них настолько схожи, что их можно рассматривать одновременно. Очень важное сравнение явлений в этих двух местах было уже сделано полковником Сэбайном в отношении вариаций склонения, наклонения и полной силы.¹ При рассмотрении на глобусе

¹ Hobarton Observations 1850, т. I, стр. XVIII и др.; также Philosophical Transactions, 1847, стр. 55, и 1850, стр. 201, 215 и др. (См. кривые, табл. III, рис. 219, 220, и таблицы для Торонто, стр. 368—371).

(2996) распределение квадрантов оказывается почти одинаковым: Солнце находится в двух главных квадрантах, восточном и западном, приблизительно от 18 ч. до 6 ч., т. е. в течение дня. Летом Солнце находится в той части квадрантов, которая способна оказывать более сильное влияние, чем та, где она бывает зимою, и результат этого можно усмотреть в различии величины вариации склонения. В Гобартоне последняя составляет 12'.05 летом и лишь 3'.63 зимою. В Торонто она равна летом 14', а зимою 5'.2. Ночное действие в обоих местах по своему характеру весьма сходно; что достаточно хорошо объяснено в рассмотренных ранее случаях (3010, 3024) на основании (нашей) гипотезы.

3028. Полковник Сэбайн сообщил данные, посредством которых можно сравнить с гипотезой и применить к последней вариации наклоения и полной силы в Гобартоне и Торонто, но я не решаюсь заниматься этими данными в настоящем общем обзоре, так как их следует рассматривать совместно с вариациями склонения и произвести их сравнения для каждого часа в каждом отдельном месте. Вариация наклоения в Гобартоне бывает наибольшей в местное лето и составляет тогда 2'.18, а наименьшей — зимою, а именно 1'.28, как этого и можно было ожидать. Большая вариация наклоения, как и склонения, происходит в дневное время. Наклоение бывает наибольшим, когда солнечная область проходит через меридиан. Максимум наклоения наступает не в один и тот же час в разные месяцы: он бывает в 23 ч. в декабре, феврале и марте, в 24 ч. в сентябре, в 1 ч. в июне и июле. При перемещении максимального наклоения перемещаются также и точки минимального наклоения по обе стороны от первого, так что вся кривая перемещается во времени в порядке указанных выше месяцев. Имеется еще одна особенность, а именно в некоторые месяцы, например в декабре, феврале, быстрее протекает переход от *наибольшего* наклоения к *наименьшему*, а в другие месяцы, например в июне, июле, сентябре, от *наименьшего* наклоения к *наибольшему*. Вариация наклоения в Торонто,

хотя в некоторых отношениях и обладает своими особенностями, в общем, можно сказать, имеет тот же характер.

3029. Относительно вариации полной силы в обоих этих местах я пока сошлюсь лишь на томы трудов полковника Сэбайна и на изложенные в них наблюдения.

3030. Существует замечательное различие во временах суточных изменений в Гобартоне и Торонто; на него обратил внимание полковник Сэбайн. Оно заключается в том, что во втором из этих мест изменения происходят примерно на час раньше, чем в первом. Если бы это было связано со склонением, то изменения должны были бы происходить раньше в Гобартоне, так как здесь Солнце доходит до магнитного меридиана раньше, чем до астрономического, и в одинаковые часы по местному времени оно после полудня занимает здесь более благоприятное положение в квадранте, чем в Торонто. Тем не менее в Гобартоне изменения происходят позднее, чем в Торонто.

3031. Обратимся к рассмотрению *времени* солнечного отброса с запада на восток; середина его должна была бы быть где-то близко от момента, когда теплая область проходит через магнитный меридиан (2982); эта середина дает, таким образом, приблизительное представление об относительном положении области и Солнца. В *Гобартоне* солнечный отброс происходит от 21 ч. до 2 ч., т. е. в течение пяти часов, а Солнце проходит через магнитный меридиан примерно посередине этого промежутка времени, а именно в 23 ч. 20 м. Но, согласно высказанному только что предположению, как раз в этот момент должна проходить через магнитный меридиан и теплая область; таким образом, по-видимому, Солнце и теплая область в этом месте достигают меридиана одновременно. В *Торонто* тот же отброс происходит зимою в течение четырех часов, а именно от 21 ч. до 1 ч., а летом — в течение пяти часов, от 20 ч. до 1 ч. Серединой последних пяти часов являются 22½ часа, и в этот момент теплая область должна проходить через магнитный меридиан, а так как последний почти совпадает с астрономическим

меридианом, то получается, что указанная область проходит через меридиан почти на $1\frac{1}{2}$ часа раньше Солнца. Если произвести подобное же сравнение для зимы, то получится, что область предшествует Солнцу почти на час.¹

3032. Указанное выше предварение теплой области в Торонто я склонен в значительной мере отнести за счет географического распределения суши и воды в этом месте. Атлантический океан находится на восток, а континент Америки — на запад от этой станции, и, как позволяют думать карты Дова и полученные им результаты, температура может подниматься выше и быстрее над сушей, чем над водой, и таким образом для Торонто теплая область может возникнуть раньше времени или Солнца. В случае с Гобартоном обстоятельства складываются иначе: здесь между приближающимся Солнцем и станцией наблюдения находится суша, и последняя стремится удержать теплую область в воздухе позади, стремится привести к тому, чтобы время прохождения теплой области совпало со временем прохождения Солнца. Таким же образом можно, по-видимому, объяснить и то обстоятельство, что летом в Торонто различие оказывается бóльшим, чем зимой; для этого следует принять во внимание положение Солнца в эти два времени года по отношению к распределению суши и воды.

3033. Хотя температура на поверхности земли весьма плохо говорит про температуру наверху (2937), но, поскольку можно принять, что она все же дает такие указания, это согласуется с изложенной выше точкой зрения. Послеполуденный максимум температуры наступает в Гобартоне раньше, чем в Торонто; в первом из этих мест он бывает в 2 ч. и притом очень регулярно, а минимум температуры — в 16—19 ч.,

¹ По поводу того, что результирующая тех влияний, которые заставляют конец магнитной стрелки двигаться на запад, идет впереди Солнца, мы должны вспомнить, что предшествующий холод, находящийся, быть может, всего на семь часов к западу, своим влиянием на общую систему кривых содействует отклонению магнитной стрелки на запад в то время, когда Солнце находится на востоке и даже на меридиане (3005).

причем летом он бывает раньше, а зимою позже. В Торонто максимумы бывают от 2 до 4 часов, а минимумы — в 16—18 часов. Летом максимумы бывают позднее, чем зимою; минимумы же, как и в Гобартоне, бывают зимою позднее, чем летом. Средняя температуры в Торонто ниже, чем в Гобартоне, и составляет в первом из них $44^{\circ}.48$, а во втором $53^{\circ}.48$. Размах вариации температуры тоже больше в Торонто и составляет здесь 43° , а в Гобартоне лишь 18° .

3034. Представляется вероятным, что во многих местах земного шара могут происходить явления замедления и ускорения в прохождении местной части теплой области через данный пункт; эти явления следует установить для каждой местности и для различных времен года в последней. В пункте, занимающем положение, противоположное Торонто, будет иметь место и противоположное явление, т. е. замедление, и вследствие этого может случиться, что магнитные стрелки на одной и той же широте будут испытывать на себе действие а весьма различные моменты по местному времени, и они будут его испытывать регулярно каждые двадцать четыре часа. Область будет в это время совершать свое суточное обращение, но скорость его частей в различных местах и в различные периоды его движения будет изменяться, причем это будет происходить в неодинаковой степени и порядке для различных широт и для различных участков одной и той же параллели. Будет, вероятно, изменяться даже время, в течение которого продолжается действие (например, солнечный отброс): в одном месте влияние будет задерживаться на более долгий срок, а в другом исчезать быстрее, аналогично двум состояниям устойчивого и неустойчивого равновесия.

3035. *Мыс Доброй Надежды*.¹ Эта станция наблюдения расположена на $18^{\circ}33'$ восточной долготы и $33^{\circ}56'$ южной широты. Среднее склонение составляет здесь 29° на запад, а наклонение — $53^{\circ}15'$ на юг (рис. 221). Из величин накло-

¹ См. таблицы, стр. 438—441, и кривые вариаций (табл. III, рис. 221).

нения, если принять во внимание положение этого места, следует, что магнитный экватор проходит здесь почти через астрономические полюсы и что, таким образом, в любое время года путь Солнца пересекает его почти под прямым углом и в один и тот же час, а именно — спустя примерно 20' после 7 ч. утра и вечера, т. е. в 19 ч. 20 м. и в 7 ч. 20 м. Но благодаря большому склонению Солнца зимой на Мысе Доброй Надежды бывает в астрономическом меридиане за два часа до того, как оно доходит до магнитного меридиана, а там же летом — больше чем за полчаса до этого момента.

3036. Солнце проходит наклонно через оба главных квадранта и почти одинаково пересекает их центральные части, но благодаря западному направлению среднего склонения оно в течение всех месяцев гораздо ближе к Мысу Доброй Надежды, когда находится в восточном квадранте, чем когда находится в западном, и таким образом обнаруживающееся здесь явление, т. е. движение на запад до начала полуденного рывка, должно быть более сильным, чем движение на восток после его окончания; это и происходит на самом деле. Это стоит в ярком и резком контрасте к Гринвичу; там наблюдается подобное же среднее склонение и почти в том же размере; но Гринвич находится к северу от солнечного пути, и, следовательно, светило проходит через его магнитный меридиан раньше 12 ч. и затем в течение некоторого времени еще приближается к станции наблюдения. В результате получается явление, противоположное тому, какое мы имеем на Мысе Доброй Надежды, ибо движение на восток после окончания полуденного отброса оказывается более сильным, чем движение на запад до указанного движения; все это можно хорошо видеть на кривых рис. 221.

3037. За образец месяца, в течение которого на Мысе Доброй Надежды разыгрываются зимние явления, мы выберем июль; мы найдем, что дневной отброс здесь очень слаб, как это и должно быть, так как Солнце находится на северном тропике и далеко от станции наблюдения, и отброс к востоку закан-

чивается в 3 часа, когда Солнце уже почти за час до того прошло через магнитный меридиан. Затем верхний или северный конец магнитной стрелки движется в течение двух часов на запад, идя вслед за Солнцем до 5 ч., когда светило на Мысе Доврой Надежды стоит низко и приближается к закату. После этого конец магнитной стрелки медленно движется на восток до 10 ч., затем немного быстрее до полуночи (проходя через среднее свое положение в 11 ч.), еще быстрее до 16 или 17 ч., и еще более быстро до 19 ч., когда оно достигает своего крайнего восточного положения. Я полагаю, что это явление следует отнести за счет холода, который в эти часы приближается с востока и своим парамагнитным действием (3003) гонит конец магнитной стрелки на восток. На поверхности Земли максимум холода бывает в этом месяце в 17 или 18 ч., и, поскольку это так, данный результат находится в соответствии с описанным выше явлением. В 19 ч. Солнце при своем восходе не только прекращает отклонение стрелки на восток, но быстро гонит ее назад, и она очень быстро движется на запад почти до 23 ч.; в это время начинается отброс с запада на восток, который, завершая суточную вариацию, заканчивается в 2 или 3 ч., после чего магнитная стрелка идет на запад, следуя, как и раньше, за Солнцем. В этом солнечном отбросе можно усмотреть влияние наклонного положения магнитного меридиана (3000). В самом деле, хотя вначале Солнце находится лишь в течение одного часа к востоку от астрономического меридиана, оно в течение полных трех часов находится к востоку от магнитного меридиана. Так как указанный отброс занимает около четырех часов, то теплая область находится, по всей вероятности, близко к магнитному меридиану примерно в $12\frac{1}{2}$ или в 1 ч.

3038. Январь — летний месяц на Мысе Доврой Надежды. Дневной рывок бывает тогда от 21 ч. до часу или до 2 ч. После 2 ч. верхний конец магнитной стрелки следует за Солнцем на запад до 6 ч.; в течение дальнейших двух часов он движется немного на восток; затем он снова медленно движется на запад; все это явление протекает таким образом, как будто на востоке

появляется холодная область, которая затем проходит над данным местом и удаляется на запад; температура внизу в это время держится в пределах 2° около минимума. Это ночное действие, увлекающее магнитную стрелку на запад (3004), медленно протекает до 15 ч. или 16 ч., причем ему содействует повышение температуры на востоке, заставляющее магнитную стрелку двигаться все быстрее на запад до 20 ч. Достигнув максимального своего отклонения в этом направлении, стрелка в 21 ч. поворачивает назад и отбросом отклоняется в крайнее восточное положение; при этом величина вариации более чем вдвое превышает ту же величину в июле, т. е. в зиму Мыса Доброй Надежды.

3039. Я думаю, что вышеизложенное правильно объясняет противоположные движения магнитной стрелки в июле и январе, т. е. зиму и лето на Мысу. Зимой парамагнитное действие холодного воздуха продолжается от 12 ч. до 19 ч., причем оно держится дольше по восточную сторону от магнитного меридиана. По мере его продвижения к нему присоединяется влияние солнечной области, и оба они в 19 ч. увлекают стрелку на запад, ибо хотя эти две области производят противоположные действия, но они находятся в это время на противоположных сторонах от магнитного меридиана (3005). Летом холодная область обладает гораздо меньшей силой, раньше¹ возникает, скоро проходит, так как позади него находится летнее Солнце, и тогда она до известной степени помогает Солнцу увлекать магнитную стрелку на запад.

3040. Некоторые другие месяцы еще более поразительны по своим летним явлениям. В феврале магнитная стрелка между 21 ч. и 1 ч. испытывает отброс с запада на восток на $8'$; затем от 1 ч. до 3 ч. она почти не изменяет своего положения; от 3 ч. до 6 ч. она следует за Солнцем на запад; от 6 ч. до 16 ч. она изменяет свое положение очень незначительно, обнаруживая около 8 ч. лишь слабый след движения на восток,

¹ Минимум температуры внизу бывает на три часа раньше.

а после 16 ч. она движется все более и более быстро на запад, так что в 21 ч. она оказывается в крайнем западном положении, готовая быть отброшена назад при прохождении солнечной области. Легко установить явления и в другие, промежуточные месяцы; оказывается, что в течение их явления протекают в прекрасном согласии с теми же основными положениями гипотезы. Как это видно из сопоставления, почти во всех случаях каждый месяц до известной степени содержит в себе черты предшествующего месяца, хотя на Мысе Доброй Надежды это проявляется не столь сильно, как в некоторых других местах (3053). Кривые декабря и января более похожи друг на друга.

3041. Время, в течение которого происходит солнечный отброс, чрезвычайно хорошо иллюстрирует влияние наклонного положения магнитного меридиана (3000). В ноябре, декабре и январе оно протекает от 20 ч. до 1—2 ч. В течение этих месяцев Солнце пересекает астрономический меридиан приблизительно за полчаса до того, как оно доходит до магнитного меридиана. В октябре, феврале и марте оно бывает позднее, а именно от 21 ч. до 2 или 3 ч., так как в эти месяцы Солнце проходит через магнитный меридиан позже (несколько больше, чем на час), чем оно достигает магнитного меридиана. В сентябре, апреле и мае оно бывает еще позднее, а именно от 22 ч. до 2 или 3 ч., и теперь проходит еще больше времени, пока Солнце достигает магнитного меридиана. В июне, июле и августе отброс бывает позднее всего, а именно от 23 ч. до 3 ч., и Солнце соответственно позже доходит до магнитного меридиана. То, что я описываю как прохождение Солнца, конечно, верно и по отношению к идущей впереди него теплой области, но я предпочитаю говорить о видимом образе, чем о невидимой реальности, так как он более просто приводит в связь соображения о времени.

3042. Наклонение на Мысе Доброй Надежды изменяется в течение двадцати четырех часов своеобразно, что, как я думаю, связано с его средней величиной. Последняя такова,

что результирующие теплового и холодного действия для Мыса Доброй Надежды по временам оказываются над линией наклоения, а по временам — под ней, причем это бывает не только в различные времена года, но, как мне думается, в некоторые времена года даже в различные часы дня. Потребовалось бы много внимания, чтобы разобраться во всем этом явлении. В июне, июле и августе, когда Солнце и его теплая область находятся далеко на север от Мыса Доброй Надежды, наклонение при прохождении этой области, по-видимому, увеличивается, что должно вызвать вращение верхнего конца магнитной стрелки, подобное тому, какое имеет место в Гобартоне (2909). Но в ноябре, декабре, январе, феврале, марте и апреле наклонение в это время уменьшается, и вызываемое этим вращение полюса происходит в противоположном направлении, т. е. так, как на Св. Елене (3057) и в Сингапуре (3061, 3067).

3043. Замечательны суточные изменения интенсивности на Мысе Доброй Надежды. От октября до апреля интенсивность имеет главный максимум в 19 или 20 ч.; около полудня она, по мере прохождения Солнца, уменьшается до своего минимума; затем она постепенно увеличивается до второго максимума около 4 или 5 ч. и, уменьшившись немного около 8 или 9 ч., достигает своего главного максимума следующим утром около 18 или 19 ч. От мая до сентября главный максимум бывает в 21 или 22 ч., а за ним следует минимум в 1 ч. или в 2 ч., вызываемый дневным действием. Потом наступает в 5 ч. максимум, а спустя тринадцать или более часов — второй минимум, почти столь же низкий, как первый, и только за три часа до главного максимума. Таким образом, этот максимум расположен между двумя минимумами, лежащими вблизи от него с обеих сторон.

3044. Это именно те месяцы, в течение которых верхний конец магнитной стрелки движется на восток ранним утром до 19 ч., и это как раз тот час, когда бывает минимум интенсивности. От 18 или 19 ч. до 21 ч. интенсивность возрастает

до максимума, в точности в то время, когда силовые линии движутся на запад перед солнечной областью — перед своим быстрым поворотом на восток; а когда они возвращаются туда в своем быстром беге, интенсивность снова падает до минимума и остается на этом минимуме до 1 ч. или до 2 ч., как раз когда отброс закончился. Здесь имеется очень тесная связь, и странно видеть конец магнитной стрелки обращенным на восток с минимальной силой в 18 ч. и затем снова то же самое в 1 ч., если при этом вспомнить, что за указанное время он выполнил свой отброс с востока на запад и затем обратно на восток.

3045. *Св. Елена*.¹ Это — станция наблюдения, которую полковник Сэбайн отметил как представляющую очень большой интерес, так как она расположена вблизи линии наименьшей силы между тропиками и обладает небольшим магнитным наклоном.² Здесь он обратил также внимание на удивительный факт, что в некоторые месяцы магнитная стрелка идет в одном направлении, а в другие месяцы, в те же часы дня, она идет в противоположном направлении.³ Де ла Рив пытался объяснить это явление,⁴ но Сэбайн показал, что данное им объяснение неудовлетворительно.⁵

3046. *Св. Елена* — небольшой остров в южном Атлантическом океане, удаленный приблизительно на 1200 миль от ближайшей суши. Он лежит на $5^{\circ}40'$ зап. долготы и $15^{\circ}56'$ южн. широты. Среднее склонение здесь $23^{\circ}30'$ на запад, а среднее склонение 22° на юг. Таким образом, здесь к дневному действию Солнца имеют отношение три квадранта, в особенности когда светило находится к югу от экватора. Южнее самой *Св. Елены* Солнце бывает в ноябре, январе и феврале или приблизительно в этот период; в течение остальной части

¹ См. таблицы, стр. 442—445, и кривые вариаций (табл. IV, рис. 223).

² *Magnetical Observations, St. Helena, 1840 до 1843.*

³ *Philosophical Transactions, 1847, стр. 51.*

⁴ *Annales de Chimie et de Physique, March 1849, XXV, стр. 310.*

⁵ *Proceedings of the Royal Society, May 10, 1849, стр. 821.*

года оно бывает севернее острова. Некоторое время Солнце проходит через астрономический меридиан ранее, чем достигает магнитного меридиана, а в остальное время имеет место противоположное явление. В дополнение ко всем этим особенностям Св. Елена представляет собою место с большими местными различиями, и сверх того наклонение здесь столь мало, что дневное влияние Солнца почти всегда действует в сторону его подавления и уменьшения.

3047. В июне и июле Солнце на Св. Елене встает в юго-восточном квадранте; спустя примерно час оно переходит в северо-восточный квадрант и пересекает последний у южного его конца; оно находится тогда на полпути в квадранте, примерно на одной трети его длины, т. е. приблизительно на 60° от южного конца. Оно оставляет этот квадрант около 1 ч. 20 м., пересекая в это время магнитный меридиан (следовательно, пересекая последний на указанный выше промежуток *позже* прохождения через астрономический меридиан); войдя в третий, или северо-западный квадрант, оно проходит через него наклонно по направлению к северному его окончанию. Во время нашей зимы, в декабре и январе, Солнце на Св. Елене, как и раньше, тоже восходит в юго-восточном квадранте, но теперь оно остается в нем до 22 ч., пребывая долгое время в местах сильного действия. Затем оно вступает в северо-восточный квадрант к югу от Св. Елены, но не остается в нем и двух часов, причем оно находится тогда лишь в наиболее слабой его части. Оно снова оставляет его ранее, чем доходит до астрономического меридиана, затем вступает в северо-западный квадрант, скользая близ южной его стороны, и когда остается едва две трети часа до ухода из этого квадранта, оно на Св. Елене заходит.

3048. Так как июнь дает здесь такое сочетание условий, которое больше всего приближается к условиям на станциях наблюдения, расположенных далее на юг, как Гобартон или Мыс Доброй Надежды, то я рассмотрю прежде всего вариации за этот месяц. Северный или верхний конец магнитной стрелки

находится тогда приблизительно в своем среднем положении в полночь, т. е. в 12 ч. Он перемещается на восток (сначала медленно) до 16 ч., затем все более и более быстро до 19 ч.; здесь он приостанавливается и затем столь же быстро движется на запад приблизительно до 22 ч.; после этого он лишь мало меняет свое положение до 3 ч., а затем движется *на запад* до 5 ч., после чего идет медленно на восток до 12 ч. и дальше, как это было сказано выше, до 16 и 19 ч. Движение на восток с полночи и перед этим я отношу за счет парамагнитного действия холода, который, как и раньше (3003, 3025, 3037), падвигается с востока. Быстрое нарастание движения на восток от 16 ч. до 19 ч. согласуется с увеличением холода ранним утром, а также с тем обстоятельством, что Солнце и представляющая его область переходят тогда из юговосточного квадранта в северовосточный и должны находиться недалеко от нейтральной линии, так как это — время наиболее быстрого движения магнитной стрелки. Когда Солнце вступает в северовосточный квадрант, оно прежде всего приостанавливает движение на восток, как это и происходит в 19 ч., а затем превращает его в движение на запад (3014), которое, в полном соответствии со всеми прежними наблюдениями, продолжается до 22 ч. Стрелка задерживается тогда несколько западнее своего среднего положения до 1 ч., когда она еще не дошла до совпадения с магнитным меридианом, а после указанного часа она до 3 ч. немного смещается на восток. Это действие в течение промежутка от 22 до 3 ч. я рассматриваю как отброс к востоку. Изучение влияния на глобусе (2996) дает мне основание думать, что малая величина смещения стрелки при этом рывке вполне согласуется с относительным положением Св. Елены и теплой области, при одновременном влиянии положения активных и нейтральных частей пересекаемых в течение этого времени квадрантов. От 3 до 5 ч. конец магнитной стрелки движется на запад, идя вслед за Солнцем, а это явление находится в согласии с предположением, что предшествующая задержка магнитной стрелки в восточном положении от 22 ч.

до 3 ч. происходила под действием Солнца. Затем медленное движение ее на восток от 5 ч. до полуночи и позднее является результатом действия наступающего холода.

3049. Полковник Сэбайн показал, что месяцы май, июнь, июль и август можно отнести к одной группе, так что я не буду говорить отдельно о каждом из них. Обнаруживая существующие между ними аналогии, они в то же время указывают на наличие переходов к другим месяцам и от последних. Рассмотрим сентябрь. Начиная с 7 ч., переходя через полночь и до 16 ч., магнитная стрелка стоит почти в среднем своем положении. От 16 ч. до 18 ч. верхний, или северный, конец магнитной стрелки движется на восток под влиянием холода раннего утра. То обстоятельство, что отклонение на восток происходит теперь целиком на час ранее, чем это было указано выше (3048), находится в полном согласии с основными положениями, так как путь Солнца и его диамагнитной области теперь гораздо ближе к станции наблюдения, чем это было раньше, ибо теперь она располагается у экватора. От 18 ч. до 22 ч. Солнце гонит конец магнитной стрелки на запад, в соответствии со всеми прежними наблюдениями, а затем между 22 ч. и 24 ч. происходит отброс с запада на восток и задержка стрелки в крайнем восточном положении еще в течение часа. Здесь мы имеем, как я думаю, превосходный пример быстроты этого перехода. Солнце находится еще к северу от Св. Елены, но теперь оно настолько ближе к ней, что *тот же самый угол* с востока на запад относительно места наблюдения оно проходит за время, вдвое меньшее того, которое нужно было для солнечного действия в июне (3041). Затем конец магнитной стрелки движется от 1 ч. до 6 ч. на запад, следуя, как и в других случаях, за Солнцем; после этого от 6 ч. до 9 ч. он движется немного на восток под действием вечернего холода на востоке; он остается вблизи среднего своего положения до тех пор, пока больший холод перед восходом Солнца (3005, 3011) не забирает его еще дальше на восток между 16 ч. и 18 ч. наступающего дня.

3050. Если взглянуть на кривые вариаций (рис. 223), то можно увидеть, что кривая для следующего месяца, октября, замечательна в том отношении, что, будучи по общему своему характеру схожей с кривой для сентября, она по сравнению с ней сильно сдвинута, и это явление вызывается, по-видимому, тем обстоятельством, что Солнце теперь доходит до широты Св. Елены или почти так. Согласно моему предположению, здесь имеет место слабое ночное действие (3010), и в полночь магнитная стрелка находится в среднем своем положении и медленно движется на запад; но тут предшествующий восходу Солнца большой холод, вступая в действие на востоке, уравновешивает и задерживает продвигавшиеся стрелки на запад и даже заставляя ее, как и раньше, слегка переместиться на восток на час или два, до 18 ч. И солнечная область находится в 16 ч. в таком квадранте (юговосточном), что если бы он мог действовать на магнитную стрелку, то вместе с холодом в ближайшем или северовосточном квадранте он погнал бы стрелку на восток. К 18 ч. как идущая впереди холодная область, так и следующая за ним солнечная оказываются продвинувшимися в соответствующих квадрантах столь далеко, что соединенное их действие увлекает конец магнитной стрелки, как и раньше, на запад до 20 ч., и потом происходит движение с запада на восток, продолжающееся до 24 ч. Почему в октябре последнее начинается раньше, длится дольше и почти вчетверо превышает по своему размаху сентябрьское быстрое движение, это, по-видимому, объясняется тем обстоятельством, что солнечная область доходит в это время до широты Св. Елены и потому действует по отношению к магнитному меридиану сильнее, да вдобавок начинается раньше и действует дольше; кроме того, вследствие того, что среднее склонение — западное, солнечная область раньше доходит до точек, одинаково отстоящих от магнитного меридиана, и раньше пересекает последний; наконец, к его действию прибавляется накопленное действие прежних месяцев (3053).

3051. Магнитная стрелка начинает возвращаться из крайнего восточного положения в 1 ч., т. е. раньше, чем в предшествующие месяцы, так как магнитный меридиан пройден раньше; она идет вслед за Солнцем до 4 ч.; тут она останавливается. Затем вечернее или ночное действие, вызываемое появляющимся на востоке холодом, увлекает магнитную стрелку обратно на восток до 10 ч., а с продвижением его по квадранту оно заставляет магнитную стрелку снова идти назад (3004) до 12—13 ч., когда она оказывается в среднем своем положении. Затем, по-видимому, холодная область до 16 ч. гонит ее на запад; потом расстояние до нее увеличивается, и она освобождает магнитную стрелку, предоставляя последней возможность идти назад на восток до 18 ч.; здесь она оказывается еще на западе от своего нормального положения, и тогда восходящая солнечная область, возможно, при поддержке холода, который ей предшествует и который в это время находится, вероятно, в магнитном меридиане или по ту сторону последнего, гонит ее на запад перед началом отброса.

3052. В декабре и январе Солнце находится к югу от станции. Это не вызывает никакого изменения в общем характере кривой за эти месяцы. Согласно гипотезе, оно и не должно их вызывать, за исключением одного обстоятельства: хотя Солнце находится очень близко к Св. Елене и к его собственному влиянию в это время присоединяется накопленное действие предшествующих месяцев (3050, 3053), Солнце пребывает в более слабых частях квадранта, а в главном сегменте оно находится почти в углу и близко к тому месту, где взаимно пересекаются две нейтральные плоскости; поэтому его влияние должно уменьшиться; так оно и есть на самом деле, ибо в ноябре и феврале отброс больше, чем в декабре и январе. В декабре он происходит в то же время, что и в октябре, хотя в этом последнем месяце Солнце пересекает магнитный меридиан после полудня, а в первом — до полудня. Однако эти два момента времени разнятся лишь на полчаса, а наблюдения следуют, вероятно, недостаточно часто друг за другом,

чтобы дать возможность выделить их особое влияние за время четырехчасового промежутка. Сверх того здесь могут сказаться помехи, вызываемые накоплением причин. Декабрьская кривая всеми своими участками лежит несколько западнее, чем соответствующие участки октябрьской кривой.

3053. *Накопление действия* предшествующих месяцев очень важно и хорошо представлено на Св. Елене (3050). Так, если взять сентябрьскую кривую и сравнить ее с октябрьской, или с кривой за следующий месяц, то мы получим большое различие вполне определенного рода. А если сравнить сентябрь с таким месяцем, в течение которого Солнце возвращается от южного тропика, а не движется, наоборот, к последнему, то когда оно достигает того положения, какое оно занимало в октябре, снова выявляется поразительное различие. Для еще одного сравнения следующим месяцем является март. До 20 ч. кривая этого месяца изменяется подобно октябрьской кривой, но верхний конец магнитной стрелки все время оказывается почти на полминуты к востоку от его положения в октябре. В октябре магнитная стрелка начинает свое быстрое движение с запада в 20 ч. и достигает крайнего восточного положения в 24 ч.; в марте она движется на запад до 21 ч., затем идет назад и достигает крайнего восточного положения в 1 ч.; таким образом, здесь этот отброс происходит на час позже, и в течение этого времени конец магнитной стрелки стоит от полминуты (угловой) до минуты западнее, чем в октябре. Я думаю, что это различие вызывается накоплением действия (предыдущих) месяцев от октября до марта, в течение которого тепло в северном полушарии уменьшалось, а в южном увеличивалось. Подобные результаты в другие месяцы указывают на вероятность того, что действие атмосферы, хотя оно и вызывается Солнцем, отстает от светила, если иметь в виду астрономическое положение последнего в течение всего года, и что вследствие этого, приближаясь к тропику и удаляясь от последнего, Солнце оказывает, по-видимому, в первом слу-

чае меньше, а во втором больше действия, чем это следует по его местонахождению в это время.

3054. Однако и в тех случаях, когда обстоятельства, по-видимому, одинаковы, все же обнаруживается различие. Так, например, изменения в промежуток от марта до апреля в одном направлении, а от сентября до октября — в другом направлении должны были быть одинаковы, за исключением небольшого влияния отставания (3053), которое должно было бы проявиться в обоих случаях. Тем не менее на кривых Сэбайна март и апрель находятся *между* сентябрем и октябрем и близко друг к другу, между тем как другие два месяца оказываются друг от друга далеко. Это явление я отношу за счет различия условий в двух полушариях в отношении тепла (Дов). От сентября до октября Солнце уходит из полушария, средняя летняя температура которого на $17^{\circ}.4$ выше средней температуры другого полушария в течение его зимы; а в марте и апреле оно оставляет полушарие, средняя летняя температура которого лишь на $10^{\circ}.7$ выше температуры другого полушария в течение его зимы (2949). Эти различия должны стремиться отделить друг от друга сентябрь и октябрь и сблизить март и апрель, как это действительно можно увидеть на картах кривых (рис. 223).

3055. Мне незачем входить в дальнейшее рассмотрение вариации склонения на Св. Елене; сделанные выше замечания относятся к линиям и для других месяцев. Мне кажется, что поставленный полковником Сэбайном важный вопрос о причине различия направления в различные месяцы (3045) получил в настоящее время ответ для рассматриваемой станции, равно как и для других станций, расположенных на весьма различных широтах, где только это различие выявилось (3016, 3022, 3039).

3056. *Наклонение* на Св. Елене дает картину очень простой по своему характеру суточной вариации; оно достигает максимума в 7 ч. и минимума в 22 и 23 ч., даваясь лишь в одну сторону. Следовательно, оно идет к своему минимуму посе-

редине солнечного рывка конца стрелки, т. е. верхний конец магнитной стрелки идет на запад и опускается от 16 ч. до 19 или 20 ч., и таким образом наклонение в это время уменьшается; затем он поворачивает на восток, пока не доходит до нейтрального положения, а наклонение тем временем продолжает уменьшаться все более. Магнитная стрелка продолжает затем двигаться на восток, завершая свое быстрое движение, но теперь наклонение увеличивается. В 24 или в 1 ч. стрелка движется в обратном направлении (если говорить о склонении) вслед за Солнцем на запад, но наклонение продолжает еще возрастать. В 5 или 6 ч. движение на запад почти прекращается, и спустя час наклонение достигает своего максимума.

3057. Итак, когда Солнце и его область проходят мимо, они уменьшают наклонение, придавливая верхние концы силовых линий книзу, а когда они уходят, то эти линии поднимаются (2926, 2937), и наклонение увеличивается. Таким образом, эллипс или кривая, представляющая движение верхнего конца магнитной стрелки на Св. Елене, при восходе Солнца на востоке находится наверху с запада, затем опускается вниз и идет далее низом обратно на восток; здесь она подымается вверх с тем, чтобы в ближайшие двадцать четыре часа повторить то же движение. Это направление противоположно направлению движения эллипса, представляющего движение магнитной стрелки в Гобартоне, где наблюдается такое же южное, но более сильное, наклонение. Но это находится в совершенном согласии с гипотезой. Действительно, так как область находится наверху в воздухе, то она лежит сверху от угла, образуемого наклонением с горизонтом на Св. Елене; поэтому она должна оттеснить вниз силовую линию и уменьшить наклонение. В Гобартоне область, находясь в тропической местности, лежит внутри угла, образуемого линией наклонения с горизонтом; поэтому она отклоняет силовые линии вверх и этим *увеличивает* наклонение. Таким образом, в указанных выше двух местах части эллипса, которые с точки зрения склонения соответствуют друг другу по времени и на-

правлению, отличаются противоположными изменениями наклоения.

3058. С и н г а п у р.¹ Это — очень интересная станция: находясь на восточной долготе $103^{\circ}53'$, она имеет лишь $1^{\circ}16'$ северной широты и, таким образом, расположена у самого экватора. Склонение составляет здесь тоже лишь $1^{\circ}40'$ на восток, а наклонение — 12° на юг. Она находится также близко к проходящей вокруг Земли линии наименьшей силы. Магнитный экватор стрелки почти параллелен земному экватору, а расположение квадрантов (2929) очень просто, поскольку магнитный и астрономический меридианы почти совпадают друг с другом. Во время нашего лета Солнце проходит в дневное время через северные квадранты, восточный и западный; в период нашей зимы — через южные квадранты, восточный и западный. А в некоторые месяцы оно проходит через все четыре квадранта, следуя почти точно по нейтральной линии магнитного экватора.

3059. Поэтому если бы силовые линии были свободны, т. е. если бы их ничто не удерживало в земле (2919), то на основе гипотезы мы могли бы ожидать лишь малых, а то и никаких изменений на магнитной стрелке, в особенности в течение того месяца, когда Солнце находится над магнитным экватором. Но так как существует наклонение, а силовые линии, управляющие магнитной стрелкой, прикреплены к земле (2929) в южном направлении, имея в то же время возможность свободно двигаться на север в воздухе и в (пустом) пространстве, то в данном случае происходят вполне согласные по своему характеру изменения как склонения, так и наклонения. Если мы примем это во внимание, то, полагаю, не встретимся ни с какими затруднениями при анализе месячных результатов на основе нашей гипотезы.

¹ См. таблицы, стр. 446—449, и кривые вариаций (табл. IV, рис. 222). Данные для Сингапура выведены из новых весьма ценных работ капитана Эллиота (Elliot).

3060. Прежде всего кривые суточной вариации настолько схожи, из месяца в месяц, с кривыми на Св. Елене, что объяснение их, данное там, достаточно и для настоящего случая (3048). Солнечный отброс происходит в тот же период, и при этом получается действие (3054, 2949), которое, как я полагаю, зависит от характера обеих полушарий. Имеются однако замечательные различия в последней части солнечного оборота, а также в ночные часы от 5 до 14 ч. Величина вариации представляется незначительной, но это вызывается главным образом тем обстоятельством, что горизонтальная плоскость, на которой мы ее отсчитываем, почти совпадает со свободной магнитной стрелкой, и таким образом упомянутая выше поправка (3009, выноска), необходимая для того, чтобы получить истинное значение вариации, оказывается здесь очень незначительной.

3061. Рассмотрим первым, как и на Св. Елене, июль; верхний конец магнитной стрелки движется на восток, как и раньше, до 19 ч. под влиянием утреннего холода, после чего останавливается и гонится Солнцем на запад до 22 ч., когда он быстро устремляется вниз; понизу он идет до 3 ч. на восток; ватем до 7 ч. он идет вслед за Солнцем на запад. В этот момент он останавливается и затем поворачивает в другую сторону, ползя все дальше и дальше на восток под влиянием приходящего холода (3065). В июле магнитная стрелка до 19 ч. идет несколько дальше на восток, затем на запад до 23 ч., и вновь на восток до 4 ч. Таким образом, солнечный отброс происходит теперь на час позже, чем в июне, что, как я полагаю, связано с накоплением тепла над сушей (3054), а также с замедляющим влиянием солнца (3053). В августе конец магнитной стрелки идет на восток до 19 ч., дальше, чем в июле, и дальше, чем во все остальные месяцы. Затем он движется до 23 ч. далеко на запад впереди Солнца, после чего начинается солнечный отброс; он продолжается до 5 ч., как будто теплая область отстает от Солнца, быть может, даже на 2 часа. Продолжительность этого отброса сильно удлинена, что вполне естественно, так как это место лежит на экваторе и, следовательно, под

Солнцем. В сентябре движение на восток меньше, движение на запад меньше и солнечный отброс также меньше. Апрель подобен сентябрю, за исключением того обстоятельства, что последний обнаруживает влияние предшествующего нагревания полушария (3053).

3062. Затем, имеется четыре месяца в году — ноябрь, декабрь, январь и февраль, когда Солнце находится на юге от Сингапура и в течение всего дня в южных квадрантах (3058). При восходе Солнца (от 16 до 17 ч.) верхняя часть силовой линии идет на запад (нижняя часть ее закреплена в Земле) до 19 или 20 часов. Солнце находится в это время в юговосточном квадранте, и можно было бы, пожалуй, *ожидать*, что северный или верхний конец магнитной стрелки будет двигаться на восток, если вообще будет происходить какое-либо изменение. Имеется, однако, две или три причины, основанных на нашей гипотезе, по которым этого не должно произойти. Прежде всего для того, чтобы это явление имело место, не должно вообще существовать наклона; далее, если бы наклона и не было, то Солнце находится столь близко к нейтральной линии магнитного экватора, что отклонение, если бы оно имело место, было бы весьма незначительным. С другой стороны, силовые линии имеют наклонение на юг, и, следовательно, удерживаются в Земле; Солнце движется по нейтральной линии и при своем приближении должно было бы отклонить всю силовую линию на запад, что не произвело бы никакого изменения склонения; но теперь оно оказывается в состоянии отклонить на запад лишь северные части линий, которые поднимаются с земли и уносятся вместе с общей системой линий, и этим вызвать движение магнитной стрелки на запад, что происходит на самом деле. Сверх того, хотя Солнце находится к югу от этой нейтральной линии, а также от Сингапура, имеется основание предполагать, что середина или результирующая тепловой области находится к северу от них обоих (3063), что должно содействовать описанному только что движению магнитной стрелки на запад.

3063. В самом деле, вспомним результаты, полученные Довом; они показывают, что северное полушарие, взятое в целом, теплее южного (2949). Далее, если мы взглянем на меридиан Сингапура, то найдем, что к северу от последнего имеется для создания более высокой температуры гораздо больше суши, чем к югу. И даже из местных температурных таблиц, которые приложены ниже, мы найдем, что май, июнь, июль и август являются в Сингапуре наиболее жаркими месяцами, а ноябрь, декабрь, январь и февраль — наиболее холодными. Все это склоняет нас к заключению, что теплая область атмосферы находится севернее по сравнению с местонахождением Солнца, а возможно даже севернее Сингапура (3067).

3064. В 20 ч. начинается солнечный отброс с запада на восток; он продолжается до 2 ч., после чего магнитная стрелка движется на запад, вслед за Солнцем, до 10 или 11 ч., когда она оказывается близкой к среднему своему положению; затем она продолжает медленно двигаться на запад до 17 ч., когда под действием утреннего Солнца она начинает двигаться на запад быстрее, примерно до 20 ч., а в это время опять начинается солнечный отброс на восток. Кривая этих месяцев очень проста по своему характеру: ночное или холодное действие представляется лишь незначительным и проявляется скорее в приостановке движения, чем в отчетливом движении на восток.

3065. Движение конца магнитной стрелки на восток в мае, июне, июле и августе и движение его на запад в ноябре, декабре, январе и феврале, происходящие в те же часы, до 19 ч., представляют собою поразительный контраст. Я отношу это различие за счет влияния холодной области, надвигающейся с востока в течение первых из указанных выше месяцев (3061), между тем как в течение последних месяцев ее нет. По отношению к последнему пункту нам следует опять принять во внимание, что теплая область находится к северу от экватора (3063) и что при движении Солнца на север и юг теплая область тоже движется вместе с ним, однако остается все же к северу

от него. Поэтому две холодные области, которые доходят до меридиана в более высоких широтах (3006) раньше Солнца, будут находиться в неодинаковых условиях по отношению к Сингапуру, так как холодная область на юге ближе к нему, чем холодная область на севере, и во всяком случае окажется более сильной. Таким образом, когда Солнце находится близко и у южного тропика, то теплая область, по всей вероятности, проходит над Сингапуром и, следовательно, занимает в это время такое положение, при котором она ближе всего к Сингапуру, сильнее всего и наиболее прямым образом действует; холодные же области оказывают в это время *наименьшее* действие на станцию и притом занимают наименее благоприятное по отношению к ней положение. Но когда Солнце находится у северного тропика, влияние теплой области уменьшается как из-за ее расстояния, так и из-за ее направления, а значение южной холодной области возрастает благодаря увеличению ее силы и большей близости; таким образом и возникает движение на восток перед 19 ч.

3066. Можно заметить поразительное различие между направлением ночных кривых на Св. Елене и в Сингапуре от 5 до 14 ч. В первом из этих мест конец магнитной стрелки стремится сначала на восток, а затем на запад; во втором, наоборот, он движется сначала на запад, а потом на восток. Это различие, как я думаю, объясняется тем, что на Св. Елене действие ночного холода значительно сильнее, чем в Сингапуре. В Сингапуре, как это было только что описано (3065), указанное действие проявляется в июне, июле и августе, но лишь в слабой степени и в поздний час. На Св. Елене, находящейся на 16° южной широты, действие холода должно, по приведенным выше причинам (3065), проявиться с большой силой, и отсюда получается движение на восток в 6 ч. и позже. На то, что причина заключается именно в этом, указывают до известной степени и таблицы температур. В самом деле, в Сингапуре разность между максимумом и минимумом температуры в течение двадцати четырех часов составляет лишь от 3 до 4° ,

а на Св. Елене она колеблется от $4^{\circ}5$ до 7° , и четыре пятых или даже пять шестых этого падения температуры происходит около 9 ч. Таким образом, за 4 или 5 ч. до этого на востоке появляется холодная область и вызывает отклонение на восток, которое и отмечается на кривых температурной таблицы.

3067. Вариация *наклонения* в Сингапуре замечательно проста и именно такова, какой ее можно было ожидать на основе нашей гипотезы. Солнечная или теплая область, проходя через меридиан, всегда находится над (силовыми) линиями и придавливает их книзу. Наклонение почти одинаково в течение всех месяцев; оно имеет наибольшую величину в ночное время и наименьшую в полдень. Оно остается почти постоянным от 8 до 18 ч.; затем, когда Солнце восходит, наклонение быстро уменьшается вплоть до 23 или 24 ч., после чего с заходом Солнца почти столь же быстро увеличивается (до 7 или 8 ч.). Вариация имеет наибольшую величину, когда Солнце находится над Сингапуром или на юг от него. Она бывает меньше всего в июне и июле, когда Солнце находится вблизи северного тропика. В декабре и январе, когда оно находится вблизи южного тропика, вариация значительно больше, чем в июне и июле; это, по-видимому, снова указывает на то, что теплая область находится главным образом к северу от области Солнца (3063).

3068. Вариация полной силы протекает просто: она бывает максимальной от 9 до 12 ч. и минимальной в 22 или 23 ч., близко к полудню. Вариация бывает наибольшей в апреле и октябре, т. е. в период равноденствия, а наименьшей — в декабре и июне, когда Солнце находится на тропиках. Сила бывает наименьшей к полудню, когда, как я предполагаю, воздух наверху бывает в наихудших условиях проводимости, вследствие чего помещенный в нем магнит проявил бы больше силы. Но как это может повлиять на кривые внизу на поверхности Земли, где они прижаты друг к другу, не совсем ясно, а равно и весь вопрос об интенсивности является слишком неопределенным и, по-моему, слишком сложным, чтобы я мог его здесь с пользой рассмотреть.

Мыс Доврой Надежды. — Восточная долгота 18°30'. Южная
Средняя суточная вариация склонения по
Возрастающие числа указывают на движение се

Среднее время	Полдень 0 ч.											
		1 ч.	2 ч.	3 ч.	4 ч.	5 ч.	6 ч.	7 ч.	8 ч.	9 ч.	10 ч.	11 ч.
Январь . .	4.11	5.43	5.50	5.04	4.64	4.29	3.96	4.16	4.43	4.36	4.27	4.13
Февраль . .	5.51	7.48	8.21	7.86	7.06	6.11	5.74	5.83	5.90	5.82	5.74	5.69
Март . . .	5.34	6.74	7.29	6.93	6.17	5.48	5.32	5.33	5.42	5.39	5.28	5.40
Апрель . . .	4.07	5.00	4.76	4.21	3.75	3.53	3.42	3.39	3.44	3.45	3.51	3.56
Май	1.83	2.49	2.81	2.92	2.50	2.15	2.17	2.31	2.33	2.30	2.45	2.41
Июнь	0.74	1.27	1.87	1.87	1.36	1.05	1.11	1.19	1.24	1.34	1.49	1.63
Июль	0.60	1.18	1.96	2.09	1.54	1.06	1.06	1.09	1.19	1.31	1.46	1.74
Август . . .	0.62	1.52	2.50	3.23	2.93	2.22	2.27	2.34	2.46	2.56	2.49	2.64
Сентябрь . .	1.58	2.64	3.22	3.27	2.94	2.57	2.64	2.73	2.75	2.76	2.82	2.84
Октябрь . . .	4.90	5.81	5.96	5.23	4.29	3.69	3.84	4.05	4.09	4.17	4.18	4.16
Ноябрь . . .	5.19	6.15	6.36	5.98	5.43	4.98	5.08	5.26	5.32	5.39	5.37	5.37
Декабрь . . .	4.64	5.48	5.51	5.08	4.47	4.41	4.24	4.42	4.54	4.60	4.66	4.67

Средняя суточная вариация наклоения по отдель
Возрастающие числа указывают на увеличива

Январь . .	0.03	0.00	0.34	0.56	0.72	1.00	1.25	1.35	1.46	1.51	1.50	1.41
Февраль . .	0.13	0.00	0.44	1.05	1.55	1.91	2.01	2.14	2.14	2.09	2.94	1.94
Март	0.11	0.00	0.46	1.05	1.45	1.86	2.09	2.21	2.16	2.02	1.94	1.79
Апрель . . .	0.00	0.49	1.05	1.55	1.76	1.89	2.16	2.21	2.11	2.06	1.88	1.65
Май	0.00	0.38	0.70	0.86	1.08	1.16	1.27	1.31	1.49	1.59	1.39	1.32
Июнь	0.41	0.53	0.58	0.76	0.64	0.79	0.96	1.22	1.34	1.40	1.29	1.22
Июль	0.62	0.64	0.59	0.64	0.77	0.87	1.18	1.20	1.46	1.43	1.43	1.21
Август . . .	0.12	0.38	0.76	0.99	1.16	1.27	1.34	1.60	1.55	1.52	1.45	1.30
Сентябрь . .	0.00	0.23	0.66	1.09	1.40	1.65	1.78	1.68	1.75	1.75	1.40	1.27
Октябрь . . .	0.00	0.08	0.53	1.17	1.75	1.98	1.98	1.89	1.88	1.75	1.60	1.50
Ноябрь . . .	0.14	0.00	0.29	0.64	1.12	1.53	1.41	1.46	1.48	1.33	1.25	1.08
Декабрь . . .	0.13	0.30	0.87	1.22	1.40	1.53	1.78	2.01	2.04	1.81	1.70	1.57
Среднее . . .	0.14	0.25	0.61	0.96	1.23	1.45	1.60	1.69	1.74	1.69	1.49	1.44

широта 33°56'. Западное склонение 29°05'. Южное склонение 53°15'
отдельным месяцам за годы с 1841 по 1846
шриго или верхнего конца магнита на восток

Июль 12 ч.	13 ч.	14 ч.	15 ч.	16 ч.	17 ч.	18 ч.	19 ч.	20 ч.	21 ч.	22 ч.	23 ч.	Суточные средние	
3.98	3.79	3.56	3.32	3.09	2.87	2.61	2.01	1.15	0.37	0.36	1.39	2.93	3.28
5.78	5.73	5.55	5.50	5.38	5.27	4.90	3.36	1.28	0.00	0.82	2.96	4.93	4.93
5.34	5.52	5.59	5.54	5.52	5.39	4.95	3.22	1.04	0.02	1.26	3.44	4.66	4.66
3.53	3.98	3.96	4.07	4.17	4.32	4.15	3.29	1.32	0.00	0.39	0.06	3.30	3.30
2.64	2.83	2.87	3.10	3.24	3.36	3.80	3.91	2.31	0.68	0.00	0.62	2.42	2.42
1.74	2.00	2.04	2.25	2.22	2.28	2.59	3.21	2.38	0.86	0.00	0.10	1.58	1.58
2.03	2.22	2.23	2.32	2.46	2.61	3.08	3.56	2.74	1.35	0.28	0.02	1.71	1.71
2.77	2.91	3.01	3.32	3.45	3.63	4.35	4.98	3.65	1.74	0.36	0.00	2.71	2.71
2.91	3.05	3.06	3.19	3.22	3.36	4.33	4.10	2.43	0.84	0.00	0.49	2.65	2.65
4.16	4.15	3.96	3.79	3.63	3.40	2.78	1.37	0.14	0.00	1.27	3.18	3.59	3.59
5.34	5.13	4.84	4.55	4.15	3.41	2.05	0.68	0.00	0.57	2.19	3.88	4.28	4.28
4.62	4.36	4.07	3.74	3.38	2.63	1.42	0.39	0.04	0.55	2.05	3.56	3.62	3.62

ным месяцам года с апреля 1841 по июнь 1846 г.
ющееся склонение. Южное склонение 53°15'

1.37	1.40	1.30	1.22	1.18	1.10	0.94	0.99	0.97	0.92	0.66	0.23	0.98	0.98
1.70	1.63	1.65	1.56	1.63	1.70	1.66	1.94	2.26	2.08	1.45	0.66	1.56	1.56
1.79	1.46	1.35	1.46	1.45	1.50	1.51	1.69	1.81	1.66	1.00	0.41	1.38	1.38
1.45	1.18	1.18	1.07	1.22	1.12	1.10	1.10	1.48	1.53	0.92	0.33	1.35	1.35
1.16	0.89	0.93	0.89	0.76	0.68	0.30	0.15	0.53	0.66	0.56	0.12	0.84	0.84
1.04	0.96	0.89	0.81	0.73	0.78	0.36	0.00	0.07	0.38	0.36	0.43	0.75	0.75
1.07	0.95	0.77	0.87	0.67	0.60	0.28	0.00	0.18	0.51	0.64	0.56	0.80	0.80
1.16	1.04	0.84	0.83	0.63	0.68	0.27	0.00	0.13	0.33	0.43	0.30	0.84	0.84
0.91	0.97	0.56	0.81	0.51	0.73	0.18	0.31	0.07	0.35	0.03	0.12	0.84	0.84
1.28	1.23	1.20	1.10	1.09	1.07	1.07	1.09	1.04	0.77	0.36	0.05	1.14	1.14
0.99	0.94	0.90	0.87	0.87	0.94	0.80	0.62	0.46	0.26	0.06	0.00	0.81	0.81
1.50	1.48	1.47	1.50	1.50	1.40	1.05	0.81	0.48	0.15	0.02	0.00	1.15	1.15
1.28	1.18	1.09	1.08	1.02	1.02	0.79	0.72	0.79	0.80	0.54	0.27	1.04	1.04

Мыс Довой Надежды. — Средняя суточная вариация интенс
 Возрастающие числа указывают на
 Числа обозначают изменения в частях всей силы. При

Среднее время	Полдень 0 ч.	1 ч.	2 ч.	3 ч.	4 ч.	5 ч.	6 ч.	7 ч.	8 ч.	9 ч.	10 ч.	11 ч.
Январь . . .	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
Февраль . . .	000	003	018	031	041	047	048	039	036	038	040	044
Март	000	000	020	047	069	083	076	072	068	069	071	071
Апрель . . .	000	007	027	052	070	079	074	069	064	064	067	066
Май	000	017	040	058	070	071	068	065	060	059	059	060
Июнь	003	000	008	019	036	038	035	028	025	023	021	021
Июль	008	000	003	015	029	030	026	021	017	014	017	010
Июль	009	004	005	016	032	033	026	023	018	013	010	007
Август . . .	028	013	007	010	028	035	029	024	019	016	017	016
Сентябрь . .	007	000	005	015	023	028	021	017	013	012	013	012
Октябрь . . .	000	009	033	057	070	064	053	047	045	047	047	049
Ноябрь . . .	000	005	021	038	049	057	048	044	043	044	044	047
Декабрь . . .	000	003	015	029	037	035	034	030	027	026	028	031
Средние . . .	005	005	017	032	046	050	045	040	036	035	036	036

Средняя температура воздуха с апреля 1841 по

Январь . . .	73°16	73°30	73°03	72°43	71°52	70°30	67°94	66°11	65°45	65°01	64°51	64°10
Февраль . . .	74.04	74.07	73.63	72.85	71.74	70.36	68.20	66.69	66.13	65.75	65.34	64.93
Март	71.74	72.40	72.19	71.40	69.96	68.07	65.98	64.98	64.38	63.69	63.20	62.85
Апрель . . .	68.39	68.94	68.90	68.06	66.56	64.22	62.69	62.13	61.54	60.98	60.46	59.87
Май	62.32	62.55	62.43	61.74	60.49	58.99	58.08	57.41	56.81	56.39	55.85	55.48
Июнь	58.45	58.79	58.78	58.32	57.01	55.58	54.79	54.25	53.71	53.25	52.77	52.32
Июль	59.15	59.66	59.65	59.21	57.77	56.13	55.15	54.47	53.83	53.34	52.86	52.37
Август . . .	58.86	59.23	59.07	58.61	57.61	55.91	55.01	54.35	53.91	53.60	53.17	52.91
Сентябрь . .	61.60	61.79	61.68	60.87	59.85	58.02	56.78	56.09	55.62	55.22	54.58	54.47
Октябрь . . .	65.48	65.71	65.46	64.66	63.38	61.56	59.51	58.68	58.05	57.51	57.14	56.74
Ноябрь . . .	68.00	68.03	67.63	66.98	66.19	64.82	62.49	61.12	60.38	59.99	59.52	59.12
Декабрь . . .	71.02	71.23	70.84	70.21	69.63	68.23	65.69	63.94	63.19	62.64	62.07	61.59

ности по отдельным месяцам года с апреля 1841 по июнь 1846 г.
 увеличивающуюся интенсивность
 минимальная величина полной интенсивности — 7.5

Пол- ночь 12 ч.	13 ч.	14 ч.	15 ч.	16 ч.	17 ч.	18 ч.	19 ч.	20 ч.	21 ч.	22 ч.	23 ч.	Суточные средние
(M)	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
045	047	049	050	052	061	071	079	078	056	028	005	042
074	075	078	076	077	080	092	115	127	105	062	028	068
070	068	066	068	068	068	081	103	119	094	047	011	063
060	059	060	063	061	060	065	083	102	093	059	021	059
022	020	020	019	019	018	013	026	056	063	050	020	025
010	007	009	007	010	008	004	003	030	041	039	017	015
007	007	008	009	008	007	000	005	027	043	041	023	016
016	016	017	013	013	009	000	009	044	061	064	044	023
019	015	020	014	019	008	005	018	051	057	050	023	019
051	055	056	056	056	060	073	088	084	060	025	005	050
050	053	056	057	052	074	090	096	082	054	022	007	047
035	036	038	042	047	060	074	078	068	042	013	000	034
038	038	040	040	040	043	047	058	072	064	042	017	038

июнь 1846 г. включительно. Шкала Фаренгейта

63°77	63°54	63°32	63°06	62°85	63°18	65°20	67°24	68°78	70°05	71°46	72°59	67°58
64.54	64.23	64.00	63.60	63.41	63.12	64.46	66.33	67.94	69.72	71.62	73.10	67.91
62.37	62.06	61.69	61.44	61.15	60.97	61.31	63.03	65.39	67.48	69.50	71.00	65.76
59.53	59.27	59.00	58.80	58.40	58.28	58.17	59.49	61.82	64.14	65.95	67.35	62.62
55.37	55.21	55.05	54.81	54.59	54.32	54.04	54.44	56.42	58.48	60.09	61.29	57.61
52.16	51.86	51.69	51.53	51.21	50.95	50.80	50.83	52.20	54.42	56.17	57.42	54.14
52.08	51.72	51.42	51.19	50.96	50.83	50.51	50.88	52.67	54.94	56.87	58.28	54.41
52.71	52.31	52.07	51.87	51.54	51.19	51.15	51.88	53.19	55.57	57.05	58.30	54.63
54.36	53.95	53.64	53.31	53.10	53.20	53.13	54.94	56.90	58.61	59.94	60.94	56.77
56.70	56.33	56.11	55.88	55.64	55.63	57.14	59.08	61.00	62.75	64.07	65.04	59.97
58.82	58.43	58.00	57.69	57.48	58.14	60.55	62.50	63.96	65.27	66.50	67.50	62.46
61.18	60.82	60.49	60.17	59.91	60.83	63.41	65.80	67.17	68.42	69.62	70.42	65.35

Св. Елена. — Западная долгота 5°40'. Южная широта 15°56'.

Средняя суточная вариация склонения

Возрастающие числа указывают на увеличивающееся отклонение на восток
отклонение

Среднее время	Полдень 0 ч.	1 ч.	2 ч.	3 ч.	4 ч.	5 ч.	6 ч.	7 ч.	8 ч.	9 ч.	10 ч.	11 ч.
Январь . . .	3.72	3.19	2.41	2.03	2.09	1.84	1.92	2.41	2.80	2.90	2.86	2.81
Февраль . . .	4.53	4.51	4.11	3.39	2.80	2.55	2.61	3.02	3.21	3.35	3.48	3.52
Март	3.76	4.11	3.48	2.57	2.15	2.20	2.48	2.64	2.69	2.68	2.85	2.84
Апрель . . .	3.28	2.48	1.65	1.27	1.03	1.01	1.23	1.50	1.56	1.60	1.71	1.81
Май	0.71	0.44	0.57	0.71	0.55	0.21	0.25	0.48	0.56	0.72	0.78	0.90
Июнь	0.71	0.73	0.88	0.94	0.44	0.00	0.10	0.39	0.56	0.73	0.90	1.06
Июль	0.82	0.71	0.78	0.84	0.48	0.02	0.00	0.22	0.46	0.64	0.84	0.98
Август	0.11	0.00	0.40	0.86	0.82	0.42	0.25	0.52	0.68	0.78	0.88	1.02
Сентябрь . .	0.89	0.85	0.65	0.44	0.35	0.28	0.28	0.53	0.62	0.67	0.79	0.78
Октябрь . . .	4.41	4.35	3.43	2.06	1.23	1.32	1.80	2.04	2.21	2.34	2.45	2.43
Ноябрь	3.97	3.82	3.31	2.52	1.85	1.85	2.29	2.77	2.99	3.13	3.21	3.13
Декабрь . . .	3.65	3.48	2.70	1.94	1.66	1.85	2.15	2.58	2.93	3.12	3.20	3.13

Средняя суточная вариация наклонения по отдель
Возрастающие числа указывают на увеличивающееся

Январь . . .	0.14	0.46	1.07	1.49	2.18	2.53	2.77	2.91	2.87	2.83	2.77	2.63
Февраль . . .	0.23	0.61	1.33	2.00	2.39	2.78	3.01	3.15	3.12	2.98	2.86	2.73
Март	0.11	0.56	1.33	1.86	2.21	2.47	2.80	2.97	2.99	2.89	2.89	2.67
Апрель	0.45	0.89	1.54	2.14	2.53	2.83	3.05	3.17	3.26	2.88	2.97	2.63
Май	0.20	0.74	1.16	1.62	1.90	2.10	2.22	2.36	2.28	2.21	2.12	1.99
Июнь	0.18	0.56	1.04	1.58	1.65	1.91	2.21	2.26	2.24	2.12	2.02	1.98
Июль	0.30	0.60	1.06	1.44	1.82	2.01	2.42	2.47	2.40	2.35	2.21	2.04
Август	0.25	0.72	1.21	1.61	1.94	2.16	2.35	2.40	2.39	2.19	2.12	1.98
Сентябрь . .	0.18	0.70	1.29	1.72	2.02	2.19	2.40	2.40	2.32	2.13	2.01	1.99
Октябрь . . .	0.24	0.74	1.36	1.90	2.34	2.56	2.55	2.88	2.65	2.56	2.46	2.28
Ноябрь	0.08	0.27	0.74	1.19	1.63	2.00	2.35	2.45	2.38	2.30	2.18	2.07
Декабрь . . .	0.26	0.73	1.06	1.59	2.07	2.41	2.69	2.78	2.61	2.45	2.39	2.15
Средние . . .	0.22	0.63	1.18	1.68	2.06	2.39	2.57	2.68	2.63	2.49	2.42	2.26

Западное склонение $23^{\circ}38'$. Южное склонение $21^{\circ}40'$
за годы с 1841 по 1845 включительно
северного или верхнего конца магнитной стрелки. Среднее западное
 $23^{\circ}38'.6$

Пол- ночь 12 ч.	13 ч.	14 ч.	15 ч.	16 ч.	17 ч.	18 ч.	19 ч.	20 ч.	21 ч.	22 ч.	23 ч.	Суточные средние
2:63	2:43	2:23	2:01	1:73	1:68	1:50	0:59	0:00	0:57	1:75	3:15	2:13
3:42	3:22	3:12	2:98	2:83	2:75	2:64	1:14	0:00	0:31	1:52	3:34	2:85
2:80	2:77	2:68	2:70	2:69	2:70	2:96	1:90	0:26	0:00	1:13	2:72	2:49
1:96	1:92	1:92	2:00	2:16	2:22	2:47	2:15	0:62	0:00	0:82	2:57	1:70
1:02	1:09	1:11	1:18	1:32	1:57	2:04	2:58	1:50	0:32	0:00	0:49	0:88
1:17	1:22	1:25	1:29	1:40	1:66	2:16	3:31	2:69	1:39	0:75	0:69	1:10
1:08	1:14	1:14	1:24	1:31	1:46	2:02	3:11	2:58	1:31	0:63	0:67	1:02
1:02	1:02	1:04	1:18	1:27	1:61	2:37	3:43	2:52	1:19	0:36	0:05	0:99
0:75	0:64	0:61	0:65	0:70	0:95	2:12	1:89	0:85	0:17	0:00	0:43	0:70
2:23	2:00	1:92	1:81	1:72	1:74	1:99	0:49	0:00	0:72	2:08	3:61	2:10
2:96	2:68	2:46	2:22	1:97	1:80	1:53	0:21	0:00	1:03	2:22	3:41	2:39
2:89	2:64	2:40	2:17	1:93	1:73	1:38	0:32	0:00	0:86	2:09	3:32	2:25

для месяцев с январь 1841 по декабрь 1845 г.
северного или верхнего конца магнитной стрелки. Среднее южное склонение $21^{\circ}40'$

2:40	2:23	1:99	1:85	1:80	1:77	1:65	1:37	0:88	0:53	0:00	0:02	1:71
2:61	2:46	2:44	2:21	2:15	2:00	2:04	1:82	1:40	0:94	0:10	0:00	1:97
2:46	2:37	2:26	2:12	1:99	2:01	1:84	1:53	1:06	0:43	0:00	0:10	1:83
2:41	2:18	2:15	2:08	1:88	1:77	1:47	1:30	0:94	0:43	0:27	0:00	1:88
1:77	1:69	1:56	1:33	1:21	1:16	1:18	1:09	0:81	0:36	0:00	0:03	1:38
2:06	1:77	1:68	1:54	1:46	1:36	1:22	0:98	0:80	0:43	0:09	0:00	1:38
1:80	1:58	1:52	1:30	1:25	1:08	1:00	0:84	0:53	0:27	0:00	0:03	1:35
1:80	1:69	1:58	1:40	1:33	1:25	1:13	1:07	0:79	0:54	0:19	0:00	1:42
1:80	1:68	1:47	1:50	1:51	1:44	1:40	1:27	0:92	0:60	0:36	0:00	1:47
2:09	2:04	1:89	1:80	1:70	1:69	1:63	1:31	0:88	0:37	0:00	0:02	1:66
1:96	1:83	1:71	1:59	1:66	1:48	1:35	0:92	0:55	0:23	0:00	0:10	1:38
2:01	1:80	1:72	1:56	1:48	1:38	1:26	0:85	0:40	0:10	0:00	0:07	1:49
2:10	1:94	1:83	1:69	1:62	1:53	1:43	1:20	0:83	0:44	0:08	0:03	1:58

С в. Е л е н а. — Средняя суточная вариация полной интенсивности
 Возрастающие числа указывают на

Среднее время	Полдень 0 ч.	1 ч.	2 ч.	3 ч.	4 ч.	5 ч.	6 ч.	7 ч.	8 ч.	9 ч.	10 ч.	11 ч.
Январь . . .	.00 130	.00 129	.00 116	.00 098	.00 081	.00 063	.00 046	.00 027	.00 016	.00 004	.00 000	.00 001
Февраль . . .	117	109	092	077	063	050	029	014	007	001	002	003
Март	153	147	124	096	070	055	032	020	010	000	006	004
Апрель . . .	162	150	122	088	068	042	021	010	005	001	004	000
Май	163	142	115	087	065	049	036	023	016	011	004	000
Июнь	141	128	101	064	063	047	028	015	006	004	001	000
Июль	126	117	095	073	051	042	027	015	011	002	002	000
Август	139	126	103	077	053	038	026	013	004	001	000	000
Сентябрь . .	143	131	105	077	056	037	026	013	004	000	003	007
Октябрь . . .	135	123	105	088	070	051	030	015	007	001	000	005
Ноябрь	112	111	101	090	076	055	029	018	007	000	002	009
Декабрь . . .	116	110	105	089	071	051	027	011	004	000	000	003
Средние . . .	136	127	107	084	066	048	030	016	008	002	002	003

Средняя температура воздуха с

Январь . . .	67°68	68°05	67°93	67°79	67°30	66°04	64°58	63°39	62°93	62°62	62°42	62°27
Февраль . . .	69.14	69.61	69.85	69.59	68.95	67.89	66.59	65.43	64.91	64.66	64.46	64.32
Март	69.13	69.57	69.89	69.71	69.10	68.10	66.86	65.84	65.47	65.15	65.00	64.83
Апрель . . .	68.54	68.89	68.98	68.64	67.99	66.98	65.84	65.15	64.84	64.61	64.45	64.29
Май	65.76	66.01	66.09	65.84	65.17	64.11	63.56	63.32	62.73	62.13	62.03	61.88
Июнь	62.40	62.76	62.73	62.39	61.83	60.98	60.14	59.68	59.49	59.34	59.20	59.11
Июль	60.37	60.83	60.77	60.51	59.87	58.98	58.14	57.70	57.48	57.25	57.13	56.91
Август	59.68	59.99	60.12	59.72	59.11	58.11	57.23	56.83	56.60	56.45	56.32	56.20
Сентябрь . .	59.89	60.26	60.18	59.77	59.11	58.03	57.05	56.56	56.35	56.21	56.04	55.91
Октябрь . . .	61.50	61.98	61.91	61.31	60.46	59.31	58.18	57.57	57.64	57.12	56.99	56.84
Ноябрь	63.44	63.88	63.97	63.52	62.63	61.32	59.94	59.11	58.76	58.57	58.41	58.24
Декабрь . . .	65.19	65.81	65.87	65.72	64.88	63.62	62.17	61.10	60.70	60.46	60.27	60.12

Сумма по отдельным месяцам с января 1841 по декабрь 1845 г.
увеличивающуюся интенсивность

Пол- ночь 12 ч.	13 ч.	14 ч.	15 ч.	16 ч.	17 ч.	18 ч.	19 ч.	20 ч.	21 ч.	22 ч.	23 ч.	Суточные средние
.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
001	008	015	015	019	019	024	040	055	080	109	124	051
004	002	000	002	002	003	009	023	046	070	095	114	039
001	016	014	018	018	021	026	040	068	102	132	149	055
007	014	015	016	025	024	024	031	054	090	102	150	051
008	008	011	018	019	019	025	034	048	095	132	159	054
002	003	004	004	004	009	013	022	042	075	110	137	043
003	005	006	011	015	018	019	024	038	068	097	116	041
002	005	009	015	015	016	016	018	037	068	103	131	039
011	014	018	024	022	024	023	022	038	069	101	134	046
011	013	019	020	019	020	017	032	058	093	123	135	050
011	014	016	017	017	017	026	048	071	087	105	112	048
003	006	008	010	011	012	024	046	064	086	107	117	045
006	009	011	014	015	017	021	032	052	082	110	132	047

1841 по 1845 включительно

62906	61988	61966	61960	61949	61939	61937	61984	62979	64909	65938	66955	63998
64.13	63.96	63.78	63.59	63.51	63.44	63.42	63.62	64.43	65.72	67.08	68.24	65.87
64.65	64.50	64.31	64.17	64.15	64.03	64.05	64.29	65.08	66.39	67.35	68.38	66.24
64.11	64.02	63.88	63.77	63.66	63.51	63.49	63.69	64.50	65.70	66.74	67.86	65.60
61.67	61.57	61.40	61.24	61.19	61.19	61.04	61.06	62.01	63.22	64.11	65.22	63.05
59.00	58.86	58.74	58.61	58.56	58.53	58.47	58.52	59.13	60.16	60.98	61.80	60.07
56.81	56.72	56.60	56.51	56.43	56.36	56.31	56.38	57.07	58.09	58.90	59.69	57.99
56.10	55.98	55.76	55.68	55.53	55.50	55.39	55.56	56.20	57.22	58.07	58.96	57.17
55.82	55.67	55.51	55.37	55.29	55.21	55.21	55.44	56.12	57.18	58.31	59.14	57.07
56.64	56.48	56.30	56.18	56.11	56.01	56.06	56.50	57.38	58.61	59.71	60.73	58.23
58.08	57.90	57.71	57.62	57.55	57.43	57.53	58.03	58.94	60.20	61.35	62.35	59.84
59.95	59.75	59.57	59.47	59.34	59.31	59.39	59.77	60.69	61.97	63.03	64.19	61.77

Сингапур. — Северная широта 1°16'. Восточная долгота 103°53'.
Среднее часовое колебание магнитного склона
Возрастающие числа указывают на движение се

Среднее время	Полдень 0 ¹ / ₄ ч.	1 ¹ / ₄ ч.	2 ¹ / ₄ ч.	3 ¹ / ₄ ч.	4 ¹ / ₄ ч.	5 ¹ / ₄ ч.	6 ¹ / ₄ ч.	7 ¹ / ₄ ч.	8 ¹ / ₄ ч.	9 ¹ / ₄ ч.	10 ¹ / ₄ ч.	11 ¹ / ₄ ч.
Январь . . .	2.04	2.52	2.79	2.72	2.52	2.24	2.11	2.18	2.04	1.97	1.84	1.70
Февраль . . .	2.31	2.92	3.13	3.06	2.79	2.52	2.31	2.31	2.18	2.04	1.90	1.90
Март	1.29	1.43	1.63	1.77	1.63	1.43	1.29	1.09	0.95	0.88	0.82	0.82
Апрель . . .	0.34	0.61	0.75	1.02	1.16	1.16	0.95	0.82	0.61	0.54	0.61	0.68
Май	0.07	0.48	0.82	1.16	1.36	0.95	1.02	0.88	0.75	0.68	0.75	0.82
Июнь	0.20	0.41	0.54	0.61	0.54	0.34	0.14	0.00	0.00	0.00	0.07	0.20
Июль	0.07	0.41	0.61	0.88	1.02	0.88	0.48	0.34	0.27	0.20	0.27	0.34
Август	0.20	0.68	1.02	1.56	1.63	1.84	1.43	1.29	1.09	1.02	1.02	1.16
Сентябрь . .	0.48	0.88	1.36	1.63	1.63	1.56	1.50	1.29	1.16	1.09	1.02	1.09
Октябрь . . .	1.90	2.31	2.31	2.18	1.97	1.77	1.77	1.63	1.50	1.36	1.29	1.29
Ноябрь	2.45	2.92	2.99	2.86	2.45	2.11	1.97	1.84	1.70	1.56	1.36	1.36
Декабрь . . .	2.52	2.99	2.99	2.99	2.86	2.45	2.18	2.04	1.97	1.84	1.70	1.63

Средняя суточная вариация наклона по отдел
Возрастающие числа указывают на увеличивающееся

Январь . . .	0.00	0.43	0.98	1.28	1.90	2.07	2.38	2.57	2.62	2.71	2.76	2.76
Февраль . . .	0.04	0.64	1.24	1.75	2.00	2.21	2.56	2.82	2.94	3.02	3.10	3.07
Март	0.06	0.29	0.75	1.36	1.75	1.88	2.22	2.55	2.65	2.70	2.74	2.72
Апрель	0.28	0.82	1.54	2.09	2.47	2.71	3.04	3.00	3.27	3.36	3.41	3.49
Май	0.00	0.32	0.80	1.17	1.62	1.96	2.29	2.34	2.42	2.43	2.42	2.20
Июнь	0.04	0.20	0.57	0.98	1.44	1.50	2.20	2.25	2.19	2.16	2.10	2.07
Июль	0.00	0.15	0.45	0.89	1.34	1.76	2.10	2.16	2.19	2.20	2.20	2.07
Август	0.12	0.34	0.69	1.01	1.35	1.68	1.99	2.32	2.21	2.27	2.26	2.28
Сентябрь . . .	0.41	1.00	1.60	1.94	2.11	2.32	2.58	2.69	2.78	2.82	2.85	2.84
Октябрь	0.38	1.17	1.94	2.38	2.48	2.59	2.86	3.07	3.23	3.29	3.34	3.23
Ноябрь	0.16	0.63	1.37	1.96	2.32	2.68	2.88	2.87	3.02	3.08	3.07	3.06
Декабрь	0.09	0.54	1.13	1.62	1.92	2.26	2.53	2.66	2.85	2.86	2.85	2.86
Средние	0.13	0.54	1.09	1.54	1.89	2.14	2.47	2.61	2.70	2.74	2.76	2.72

Восточное склонение $1^{\circ}40'$ (прибл.). Южное склонение 12° (прибл.)
 ния по отдельным месяцам 1843, 1844 и 1845 гг.
 шрилого или верхнего конца магнита на восток

Полдень $12\frac{1}{4}$ ч.	$13\frac{1}{4}$ ч.	$14\frac{1}{4}$ ч.	$15\frac{1}{4}$ ч.	$16\frac{1}{4}$ ч.	$17\frac{1}{4}$ ч.	$18\frac{1}{4}$ ч.	$19\frac{1}{4}$ ч.	$20\frac{1}{4}$ ч.	$21\frac{1}{4}$ ч.	$22\frac{1}{4}$ ч.	$23\frac{1}{4}$ ч.	Суточные средние
1.63	1.63	1.50	1.43	1.29	1.02	0.61	0.00	0.00	0.41	0.82	1.22	1.59
1.97	1.90	1.90	1.90	1.84	1.70	1.29	0.54	0.00	0.00	0.34	1.43	1.84
0.88	0.88	0.88	0.82	0.82	0.82	0.32	0.48	0.00	0.07	0.54	1.02	0.96
0.82	0.95	0.95	0.95	0.88	0.82	1.16	0.95	0.34	0.00	0.20	0.41	0.70
1.09	1.16	1.29	1.36	1.36	1.43	2.11	2.24	1.43	0.68	0.27	0.00	0.75
0.41	0.54	0.61	0.68	0.68	0.82	1.36	1.56	0.82	0.41	0.00	0.14	0.46
0.54	0.68	0.82	0.75	0.82	1.16	1.63	1.97	1.29	0.54	0.14	0.00	0.67
1.22	1.36	1.43	1.50	1.50	1.70	2.52	2.79	1.77	0.75	0.14	0.00	1.27
1.16	1.22	1.29	1.29	1.36	1.43	1.97	1.77	0.75	0.20	0.00	0.20	1.14
1.43	1.36	1.36	1.29	1.22	1.09	1.16	0.54	0.14	0.00	0.27	1.02	1.33
1.43	1.43	1.36	1.29	1.16	1.02	0.48	0.00	0.00	0.27	0.82	1.63	1.51
1.56	1.56	1.56	1.50	1.43	1.16	0.61	0.00	0.00	0.41	1.02	1.77	1.70

ним месяцам в течение 1843, 1844 и 1845 гг.
 наклонение. Приблизительное южное наклонение 12°

2.66	2.71	2.71	2.72	2.72	2.72	2.73	2.52	1.97	1.09	0.32	0.02	1.97
3.08	3.03	2.98	2.99	2.97	2.97	3.03	2.88	2.35	1.21	0.40	0.00	2.22
2.72	2.67	2.71	2.72	2.72	2.75	2.75	2.54	1.84	0.75	0.11	0.00	1.91
3.43	3.40	3.33	3.29	3.29	3.27	3.15	2.92	2.18	1.15	0.28	0.00	2.46
2.38	2.40	2.42	2.46	2.52	2.51	2.25	1.87	1.25	0.49	0.03	0.00	1.69
2.15	2.21	2.15	2.20	2.21	2.29	2.02	1.71	1.25	0.69	0.22	0.00	1.53
2.18	2.19	2.19	2.21	2.21	2.27	2.02	1.74	1.28	0.69	0.27	0.05	1.53
2.26	2.20	2.18	2.22	2.21	2.22	1.93	1.68	1.30	0.62	0.14	0.00	1.56
2.85	2.79	2.74	2.75	2.75	2.79	2.66	2.39	1.66	0.79	0.15	0.00	2.09
3.33	3.23	3.22	3.20	3.24	3.20	3.25	2.96	2.18	1.14	0.21	0.00	2.46
3.06	3.03	3.02	2.95	3.01	3.00	3.15	2.80	2.01	1.04	0.17	0.00	2.26
2.76	2.76	2.72	2.69	2.65	2.69	2.44	2.38	1.81	1.08	0.34	0.00	2.02
2.74	2.72	2.70	2.70	2.71	2.72	2.62	2.37	1.76	0.89	0.22	0.01	1.98

Сингапур. — Средняя суточная вариация полной интенсивности
 Возрастающие числа указывают на
 Числа выражают колебания в частях всей силы.

Среднее время	Полдень 0 1/4 ч.	1 1/4 ч.	2 1/4 ч.	3 1/4 ч.	4 1/4 ч.	5 1/4 ч.	6 1/4 ч.	7 1/4 ч.	8 1/4 ч.	9 1/4 ч.	10 1/4 ч.	11 1/4 ч.
Январь . . .	.00 086	.00 066	.00 047	.00 030	.00 028	.00 021	.00 015	.00 009	.00 009	.00 003	.00 002	.00 000
Февраль . . .	099	080	061	042	027	024	013	008	004	000	000	002
Март . . .	114	085	055	035	026	020	013	007	003	001	000	002
Апрель . . .	122	094	065	040	029	020	016	011	005	003	005	002
Май . . .	104	081	060	036	020	013	014	011	010	006	006	000
Июнь . . .	096	075	051	026	011	042	004	004	001	000	000	000
Июль . . .	100	081	056	033	019	013	007	007	004	004	002	000
Август . . .	101	081	055	033	016	009	010	005	006	000	002	002
Сентябрь . .	093	065	037	029	018	009	009	008	002	001	000	003
Октябрь . . .	102	073	050	036	029	024	013	007	003	000	000	001
Ноябрь . . .	080	063	044	030	021	015	009	003	001	000	001	000
Декабрь . . .	077	061	044	031	026	021	012	004	000	000	001	002
Средние . . .	098	075	052	033	022	019	011	007	004	002	002	001

Средняя температура воздуха, наблюдаемая на стандартном

Январь . . .	79°7	79°5	80°0	79°5	79°7	79°1	79°0	78°4	78°5	78°0	78°1	77°5
Февраль . . .	80.7	81.6	81.2	82.1	81.2	82.1	80.2	80.6	79.7	80.2	79.2	79.8
Март . . .	81.4	82.1	81.7	82.3	81.6	82.0	80.9	81.5	80.5	81.2	80.1	81.0
Апрель . . .	81.8	81.8	82.1	81.8	81.9	81.6	81.4	81.2	81.0	80.9	80.7	80.2
Май . . .	82.5	...	82.7	...	82.5	...	82.1	...	81.8	...	81.4	...
Июнь . . .	82.5	82.9	82.7	83.1	82.5	82.7	82.2	82.0	81.7	81.6	81.4	81.4
Июль . . .	82.4	83.0	82.8	83.1	82.7	82.7	82.2	82.1	81.8	81.9	81.5	81.5
Август . . .	81.7	81.9	81.9	81.9	81.8	81.8	81.4	81.3	81.0	81.2	80.8	80.8
Сентябрь . .	82.1	82.6	82.4	82.3	82.2	82.1	81.7	81.6	81.5	81.2	81.0	80.8
Октябрь . . .	81.5	81.3	81.7	81.4	81.7	81.2	81.2	80.6	80.7	80.2	80.1	79.8
Ноябрь . . .	81.1	81.0	81.3	80.8	81.0	80.6	80.4	80.1	80.1	79.7	79.7	79.6
Декабрь . . .	81.0	81.3	81.3	81.3	80.9	80.8	80.2	80.0	79.6	79.4	79.2	79.2
Средние . . .	81.5	81.7	81.8	81.8	81.6	81.5	81.1	80.9	80.7	80.5	80.3	80.1

ности по отдельным месяцам в течение 1843, 1844, 1845 гг.

увеличение полной интенсивности

Приблизительная величина полной интенсивности 8.21

Полночь 12¼ ч.	13¼ ч.	14¼ ч.	15¼ ч.	16¼ ч.	17¼ ч.	18¼ ч.	19¼ ч.	20¼ ч.	21¼ ч.	22¼ ч.	23¼ ч.	Суточные средние
.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
007	002	008	007	010	012	022	033	054	074	099	100	031
000	001	005	005	009	011	014	025	049	082	103	110	032
005	008	007	009	011	012	012	027	057	087	112	122	035
000	004	009	011	013	015	020	043	076	110	139	137	041
004	006	006	006	008	012	025	044	073	097	114	118	036
001	001	003	004	004	008	020	038	062	085	102	105	031
002	004	006	004	010	015	026	044	070	091	105	110	034
004	010	011	011	016	018	028	046	077	096	115	114	036
009	008	014	018	019	017	023	045	079	104	117	115	035
006	011	011	016	019	017	020	037	070	101	117	121	037
002	006	007	013	012	013	017	034	059	082	098	095	029
003	006	009	013	014	014	019	035	056	078	095	091	030
003	006	008	010	012	014	021	038	065	091	110	112	034

термометре в обсерватории в течение 1841, 1842 и 1843 гг.

7799	7793	7796	7699	7794	7695	7790	7693	7793	7794	7896	7898	7892
78.6	79.0	78.3	78.6	78.2	78.2	77.7	78.2	78.0	79.4	79.6	81.8	79.8
79.9	80.6	79.4	80.3	79.1	79.9	78.7	79.8	79.4	80.6	80.6	81.5	80.7
80.3	80.3	79.9	80.0	79.5	79.6	79.2	79.8	79.9	80.6	81.1	81.4	80.8
80.9	...	80.5	...	80.3	...	79.9	...	80.9	..	81.8	...	81.4
81.2	81.2	80.7	80.7	80.3	80.2	80.1	80.4	81.0	81.7	81.8	82.6	81.6
81.1	81.2	80.7	80.9	80.3	80.6	80.8	80.8	80.8	81.9	81.9	82.6	81.7
80.4	80.3	80.1	80.1	79.8	79.8	79.5	79.8	80.2	80.8	81.2	81.6	80.9
80.5	80.3	80.1	80.0	79.7	79.7	79.4	79.4	80.3	80.9	81.4	81.8	81.0
79.6	79.8	79.4	79.3	79.0	79.3	78.7	79.2	79.5	80.0	80.7	80.9	80.3
79.3	79.1	78.9	78.7	78.6	78.5	78.4	78.5	79.2	79.6	80.2	80.5	79.8
79.0	79.0	78.6	78.4	78.1	78.1	77.9	78.2	78.7	79.5	80.1	80.7	79.6
79.9	79.8	79.5	79.4	79.2	79.1	78.9	79.1	79.6	80.2	80.7	81.3	80.4

3069. Я надеюсь в скором времени представить дальнейшие экспериментальные данные, имеющие своей целью пояснить и подвергнуть проверке изложенные здесь взгляды на физическую причину магнитных вариаций; часть этих данных я надеюсь получить с помощью дифференциальных весов; другие данные касаются заметной способности кислорода вызывать при различных условиях изменение в направлении магнитных силовых линий.

*Королевский Институт
16 ноября 1850 г.*

ДОКЛАД ОБ АТМОСФЕРНОМ МАГНЕТИЗМЕ¹

В один из предыдущих вечеров (24 января) было показано, что кислородный газ является магнитным, поскольку он притягивается полюсами магнита; как и у других магнитных тел, указанная способность кислорода ослабляется или усиливается, когда температура его повышается или понижается, причем эти изменения происходят в пределах естественных температур. Эти свои свойства кислород приносит в атмосферу, и темой настоящего вечера является показать, в какой мере эти свойства можно было применить для объяснения некоторых из наблюдаемых вариаций земной магнитной силы.

Когда мы рассматриваем какой-нибудь источник магнитной силы (например, магнит), то он представляется нам в виде системы, обладающей полярностью, и если принять те места его, которые называют полюсами, за образец полярности в ее наиболее концентрированном состоянии, то эти противоположные полярности, проявляясь вне магнита, оказываются вполне определенными и в точности равными друг другу. Если сила магнита распределена в нем беспорядочно, то сумма противоположных полярностей все-таки сохраняет тот же характер определенности.

Вне магнита эти сгустки силы, которые называют полюсами, можно рассматривать как бы связанными друг с другом

¹ Royal Institution Proceedings, Апрель 11, 1851.

посредством так называемых магнитных кривых, или магнитных силовых линий, существующих в окружающем пространстве. Эти определения имеют важное значение и представляют существо магнетизма. Они указывают не только на направления силы, которые выявляются, когда между ними помещен небольшой магнит, или кристалл, или какой-либо другой носитель магнитного действия, но и на те линии силы, которые связывают и поддерживают полярности и которые одинаково существуют и тогда, когда нет никакой магнитной стрелки или кристалла, и тогда, когда последние имеются; эти линии существуют независимо, подобно (хотя и обладают отличной от них природой) лучу света или теплоты, который, хотя и находится в данном пространстве и требует времени для своего распространения, остается для нас совершенно незаметным сам по себе, пока он остается лучом, и унаеется лишь благодаря своим действиям, когда перестает существовать (как луч). Форма магнитной силовой линии может чрезвычайно сильно изменяться — от прямой до любой степени кривизны, и ей можно придать даже двойную и сложную кривизну. Ее направление определяется ее полярностью: та и другая изменяются одновременно. Она обладает той способностью, что помещенная на ней магнитная стрелка находит свое место покоя, расположившись параллельно ей; что кристалл известкового шпата поворачивается до тех пор, пока его оптическая ось устанавливается поперек нее; что в проводе, не испытывающем на себе никакого влияния, когда он движется по ней или вдоль нее, возникает электрический ток в момент, когда он ее пересекает. Этими и другими средствами выявляется наличие магнитной силовой линии и ее направление.

Земля представляет собою огромный магнит. Сила ее, согласно Гауссу (Gauss), равна той, какая получилась бы, если бы каждый кубический ярд Земли содержал в себе шесть однофунтовых магнитов. Следовательно, общая сила ее равна силе 8 464 000 000 000 000 000 000 подобных магнитов. Распределение этой магнитной силы неравномерно, и на поверх-

ности Земли нет точек, которые собственно можно было бы назвать полюсами. Тем не менее в высоких северных и южных широтах имеются области полярности, и последние связаны между собою магнитными силовыми линиями (представляющими собою линии направления), которые, вообще говоря, исходят из Земли в одном (магнитном) полушарии и, пройдя по различным направлениям через экваториальные районы в другое полушарие, входят здесь в Землю, чтобы завершить известный круг силы. Свободная магнитная стрелка указывает наличие и направление этих линий. В Лондоне они исходят из Земли под углом около 69° к горизонту (это — т. н. наклонение), а плоскость, в которой они поднимаются, образует угол почти в 23° к западу с истинным севером, и дает так называемое западное склонение. Там, где наклонение мало, например у магнитного экватора, эти линии едва поднимаются над землей и проходят лишь небольшой путь над ее поверхностью; но там, где оно велико, например в северных и южных широтах, они поднимаются под большим углом и уходят в далекие области пространства, откуда возвращаются на Землю в противоположном магнитном полушарии. Таким образом, они покрывают земной шар системой сил, подобных системе сил около обыкновенного магнита; эта система, проходя через атмосферу, подвергается варьирующему влиянию ее магнитного кислорода. Имеются все основания полагать, что эти линии закреплены в Земле, из которой они поднимаются и которой они создаются, совершенно так же, как линии, возникающие в магните, закреплены, хотя и не в такой мере, в последнем; всякое возмущение, действующее на них сверху, вызывает изменение их места и направления в атмосфере и в выше расположенном (пустом) пространстве; это изменение там больше, чем внизу в Земле.

Система магнитных силовых линий около магнита или около Земли связана боковым напряжением всей этой совокупности, аналогичным до некоторой степени боковому напряжению линий статической электрической силы: как

одно, так и другое легко обнаружить на опыте. Возмущение напряжения в одном месте мгновенно сопровождается возмущением напряжения в каждом другом месте; ибо подобно тому как сумма внешних сил какой-нибудь системы, неизменная по началу, является вполне определенной и не может быть изменена, так всякое изменение интенсивности или направления среди силовых линий в одном месте должно сопровождаться соответствующим изменением в каждом другом месте. Так, например, если масса мягкого железа по восточную сторону от магнита вызывает сгущение силовых линий этого магнита по эту сторону, то по западную сторону от него должно одновременно произойти — и действительно происходит — соответствующее расширение или расхождение этих линий. Еще пример: когда Солнце, поднимаясь на востоке, делает кислород воздуха на этой стороне земного шара менее магнитным и, следовательно, менее способным благоприятствовать прохождению силовых линий Земли в данном месте, то через область на западе направляется большее число этих линий. Может быть, кто-нибудь усомнится в том, что силовые линии имеют самостоятельное существование, как это было нами принято; но это не вносит никакой ошибки в смысле действия на магнитные стрелки, так как на опыте эти действия должны быть — и оказываются в действительности — именно такими.

Способность магнитного тела, как железо или кислород, содействовать прохождению через него силовых линий в большей мере, чем через другие немагнитные тела, можно выразить словом: проводимость. Различные тела, как железо, никель, кислород, проводят в неодинаковой степени; к тому же еще одно и то же тело, как железо или кислород, проводят в неодинаковой степени при различной температуре. Когда пространство, пронизываемое однородными магнитными силовыми линиями, занято однородным телом как воздух, то распределение линий не изменяется; но если ввести сюда вещество, проводящее лучше воздуха, так что оно займет часть этого

пространства, то силовые линии в нем сгустятся и отвлекутся из других мест, как это показано буквами *P, P* на рис. 224; а если ввести сюда вещество, проводящее хуже, то линии разойдутся, как в *D, D*. В обоих случаях силовые линии изгибаются, и небольшая магнитная стрелка, стоящая на них в изогнутой части, соответственно изменяет свое направление. Экспериментальные иллюстрации этих изменений направления были приведены в статье м-ра Фарадея в *Philosophical Transactions* за 1851 г., часть 1, пар. 2843 и сл.

Так вот, согласно настоящей гипотезе, предполагается, что изложенное выше имеет место в атмосфере. Если пред-

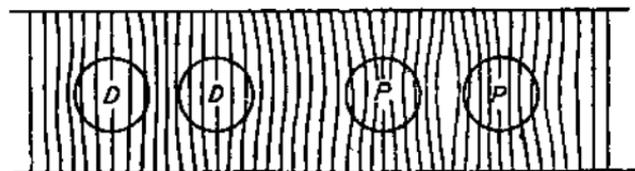


Рис. 224.

положить, что вся она находится при средней температуре, то силовые линии будут иметь направление, которое определяется распределением магнитной силы внутри Земли. Потом присутствие Солнца на востоке сделает всю атмосферу в этой области более плохим проводником, вследствие чего она приобретет характер *D*; по мере того, как Солнце будет затем подниматься, проходить меридиан и двигаться дальше на запад, атмосфера под его влиянием будет вызывать изменения, показанные в том или другом *D*. Ясно, что на данной широте оно при своем прохождении будет сообщать магнитной стрелке противоположные отклонения; очевидно также, что в один и тот же момент времени оно будет отклонять в противоположные стороны две магнитные стрелки, находящиеся в северных и южных широтах. Когда наступает ночь, и с востока прибывает и перемещается на запад температура ниже средней, то силовые линии изгибаются как в *P* или *P*, и тогда

магнитная стрелка испытывает вариацию, противоположную той, какая имела место раньше.

Ясно, что в соответствии с магнитной природой кислорода и суточными изменениями его температуры должны получаться естественные явления изменения, но вызывают ли они наблюдаемые вариации на самом деле и способны ли их вызывать, это — вопрос, который может быть разрешен лишь весьма тщательными исследованиями. В настоящее время во многих местах проводятся с крайней тщательностью наблюдения на поверхности Земли; их сопоставляют друг с другом, выводят из них средние данные о направлении и интенсивности магнитной силы Земли для каждого часа дня и каждого времени года, а также извлекают из них много достопримечательных, аномальных и экстраординарных результатов. Теорию причин каждой из вариаций или всех этих вариаций можно проверить, прежде всего, на основании *направления*, которое занимает или должна занимать подвергающаяся вариации магнитная стрелка, а затем — на основании *величины* вариации. Выдвинутая ныне гипотеза сверялась со средней суточной вариацией для всех месяцев года на северных и южных станциях наблюдения, каковы Торонто и Гобартон, и на ряде других станций, расположенных вблизи экватора и вдалеке от последнего, и с точки зрения направления она оказалась в согласии с наблюдаемыми результатами в гораздо большей мере, чем это предвидел автор гипотезы. Так, например, согласно гипотезе, пути, описываемые верхним концом свободной магнитной стрелки в северном и южном полушариях, должны представлять собою замкнутые кривые и движение по ним должно протекать в противоположных и (заранее) известных направлениях, и они действительно таковы; кривые, описываемые магнитными стрелками в северных и южных широтах, должны быть больше летом и меньше зимою, и они действительно таковы; ночное или холодное действие должно увеличиваться в зимние месяцы, и так оно и есть; северное полушарие вследствие более высокой своей температуры

должно иметь некоторый перевес над южным полушарием, и так оно и есть; распределение суши и воды должно оказывать известное влияние, и таковое существует в надлежащем направлении, — так что при первой после выдвижения проверке гипотезы кажется, что она удивительно хорошо подтверждается фактами. Все эти соответствия были особо проверены и изложены в *Philosophical Transactions*, о чем было упомянуто выше. Следующим шагом будет определить, какова величина изменения проводимости воздуха при данных изменениях температуры, и затем использовать эти данные и попытаться выяснить, находится ли ожидаемое изменение (равно как и его направление) в согласии с тем, что имеет место в действительности.

Раздел 34. О магнитных силовых линиях; определенность их характера и их распределение в магните и в окружающем пространстве.

Поступило 22 октября. Доложено 27 ноября и 11 декабря 1851 г.

РАЗДЕЛ 34

О магнитных силовых линиях; определенность их характера и их распределение в магните и в окружающем пространстве

3070. Со времени наиболее ранних моих опытов об отношении между электричеством и магнетизмом (114, выноска) мне приходилось думать и говорить о том, как магнитные силовые линии представляют магнитную силу, и притом не только с точки зрения ее качества и направления, но и с точки зрения количества. В некоторых позднейших исследованиях (2149 и др.) я был поставлен в необходимость чаще пользоваться этим термином, и это привело меня к убеждению, что настало время, когда мысль, выражаемая указанными словами, должна быть изложена возможно ясно и так же тщательно изучена; что следует установить, в какой мере ею действительно можно пользоваться для представления магнитных состояний и явлений, в какой мере она может быть полезной для их пояснения, и, наконец, в какой мере она может помочь нам составить себе

¹ Philosophical Transactions, 1852, стр. 1.

более детальные представления о физической природе силы, выявить те действия, новые или старые, которые она способна производить.

3071. Магнитную силовую линию можно определить как линию, которую описывает очень небольшая магнитная стрелка, когда ее перемещают в ту или иную сторону по направлению ее длины, так что стрелка все время остается касательной к движению; или, иначе, это — та линия, вдоль которой можно в любую сторону перемещать поперечный провод, и в последнем не проявится никакого стремления к возникновению какого-нибудь тока, между тем как при перемещении его в любом ином направлении такое стремление существует; или еще: это та линия, которая совпадает с магнекристаллической осью кристалла висмута, который перемещают вдоль нее в каком-либо направлении. Направление этих линий возле магнитов и электрических токов и между магнитами и электрическими токами можно вообще легко представить и понять, пользуясь обычным образом железными опилками.

3072. Эти линии имеют не только определенное направление, которое можно выявить таким способом (3071): они связаны с полярной или антитетической силой и в противоположных направлениях обладают противоположными качествами или свойствами. Эти качества, которые нужно различать и определять, выясняются либо из положения концов магнитной стрелки, либо из направления тока, индуцируемого в движущемся проводе.

3073. Столь же важным моментом при изучении этих линий является то обстоятельство, что они представляют определенное и неизменное количество силы. Таким образом, хотя их вид, когда они существуют между двумя или большим количеством центров или источников магнитной силы, может очень сильно изменяться, равно как может изменяться и пространство, в котором их можно проследить, тем не менее сумма силы, содержащейся в каком-либо сечении данного количества линий, в точности равна сумме силы в любом другом сечении тех же линий,

как бы ни изменялась их форма, или как бы ни сходились или расходились они во втором месте. Экспериментальное доказательство этого свойства магнитных линий будет дано ниже (3109 и др.).

3074. Мне думается, что этими линиями можно с большим успехом воспользоваться для того, чтобы представлять природу, состояние, направление и относительную величину магнитных сил, и что во многих случаях, по крайней мере для физика-теоретика, они имеют преимущество перед тем методом, который представляет силы сосредоточенными в центрах действия, каковы полюсы магнитов или магнитных стрелок; а также перед другими методами, например перед тем, который рассматривает северный и южный магнетизм, как некоторые жидкости, разлитые по концам стержня или между его частицами. Нет сомнения, что каждый из этих методов, если он не прибегает к слишком большим допущениям, даст при правильном применении верные результаты; и значит, все они должны давать одни и те же результаты, поскольку каждым из них соответственно можно пользоваться. Однако некоторые из них по самой своей природе могут получить гораздо более широкое применение и дать гораздо более разнообразные результаты, чем другие. Для правильного разрешения частной задачи можно пользоваться и анализом и геометрией, хотя, вообще говоря, один из этих методов обладает гораздо большей силой и большим охватом; для того, чтобы изобразить некоторые физические силы и состояния, можно воспользоваться представлением об отражении света или звука. Так и при рассмотрении магнитных явлений можно пользоваться представлением о притяжениях и отталкиваниях центров, или представлением о распределении магнитных жидкостей, или представлением о силовых линиях. Я хочу в дальнейшем настаивать на том, чтобы время от времени и почаще пользовались последним.

3075. Я хотел бы придать выражению *силовая линия* ограниченный смысл: оно должно содержать в себе не более, чем нужно, чтобы характеризовать состояние силы в данном месте, в отно-

шении его величины и направления; оно не должно заключать в себе (до поры до времени) какого-либо представления о природе и физической причине явлений, не должно быть связано с подобным представлением и не должно от него зависеть. Однако вполне допустимо, если мы попытаемся понять, каким образом физические силы возникают, существуют или передаются; или, изучив их до некоторой степени путем опыта и сравнения, попытаемся представить их каким-либо способом, которым мы вообще пользуемся для простого представления сил; необходимо только, чтобы в результате этого не получилось какой-либо погрешности. Наоборот, если естественно-научная истина и условное ее изображение теснейшим образом совпадают друг с другом, то мы достигаем сильнейшего прогресса в области нашего знания. Пример такого рода в отношении к свету дают нам теории испускания и эфира. Подобное значение для электричества имеет представление о жидкости или о двух жидкостях, а отсюда в дальнейшем возникло представление о токе, которое настолько крепко засело в нашем уме, что иногда создает в науке неясность по вопросу об истинном характере физических агентов; быть может, это происходит и теперь, и притом в такой степени, что мы в настоящее время этого и не подозреваем. Так же обстоит дело с представлением о магнитной жидкости или о магнитных жидкостях, а также с допущением о магнитных центрах действия, равнодействующие которых находятся якобы на полюсах. Мы не знаем, каким образом магнитная сила передается через тела или через (пустое) пространство и как достигается этот результат: посредством действия просто на расстоянии, как в случае тяготения, или же через какой-либо посредствующий агент, как в случаях света, тепла, электрического тока и (как я думаю) в случае статического электрического действия. Представление о магнитных жидкостях в том виде, как его применяют некоторые, или представление о магнитных центрах действия не заключают в себе представления об этом последнем виде передачи; представление о силовых линиях ее в себе заключает. Если, однако, тот или другой метод

представления сил не заключает в себе передачи такого рода, это еще не опровергает его, и тот метод, который находится в согласии с этим представлением, может оказаться наиболее соответствующим природе. Почти все ученые, по-видимому, склоняются к мысли, что в большинстве случаев имеется именно распространение через посредствующую среду; я, со своей стороны, изучая отношение вакуума к магнитной силе и общий характер магнитных явлений, протекающих вне магнита, больше склоняюсь к мысли, что передача силы представляет собой именно такое явление, протекающее вне магнита; я считаю невероятным, что эти явления представляют собою простое притяжение и отталкивание на расстоянии. Такое действие можно считать функцией эфира, ибо вряд ли можно считать невероятным, что эфир, если он существует, нужен только для того, чтобы передавать излучение (2591, 2787). Возможно, что если бы мы были лучше осведомлены о настоящем вопросе, то мы увидели бы источник тех противоречий, которые, как полагают, существуют между выводами Кулона, Гарриса и других физиков, и нашли бы, что на самом деле это вовсе не противоречия, а только количественные расхождения, зависящие от несовершенства представлений о явлениях и их причинах.

3076. Магнитные силовые линии можно распознать по их действию либо на магнитную стрелку, либо на движущееся поперек их проводящее тело. Каждым из этих действий можно воспользоваться также для того, чтобы обнаружить направление магнитной линии и силу, проявляющуюся в каждой данной точке на этой линии; при тех или других обстоятельствах имеет преимущество один или другой метод. Но действия очень различны по своей природе. Стрелка дает свои показания посредством притяжений и отталкиваний; движущийся проводник или проволока обнаруживают их тем, что в них возникает электрический ток. Последнее представляет собою явление, совершенно отличное от того, которое наблюдается с магнитной стрелкой, ток создается совершенно другим действием сил;

вследствие этого он дает нам такое представление о свойствах силовых линий, какого никогда не могут дать притяжения и отталкивания магнитной стрелки. По этой и по другим причинам я намерен в настоящем случае развить и применить метод движущегося проводника.

3077. Общие принципы получения электрического тока в проводе, движущемся под влиянием магнитных сил, были изложены ранее в первой и второй сериях настоящих Исследований (36 и др.). Поэтому в настоящее время необходимо одно: отметить особый характер показаний, получаемых по этому методу, по сравнению с показаниями магнитной стрелки; далее требуется показать, каким образом электрический ток служит особым и важным дополнением к магнитной стрелке при разъяснении магнитного действия.

3078. Движущийся провод обнаруживает свое наибольшее действие и показания не тогда, когда он переходит из более сильных мест в более слабые, или наоборот, а когда он движется в местах одинакового действия, т. е. поперек силовых линий (217).

3079. Он определяет направление полярности посредством действия, которое совершенно не связано ни со стремлением занять определенное положение, ни с притяжением или отталкиванием; для этого определяется направление электрического тока, который возникает в нем во время движения.¹

3080. Этот принцип можно применить для исследования сил *внутри* многих твердых тел, как металлы, а равно и вне их — в воздухе. Он редко встречает затруднение в различия окружающих сред, и его можно с одинаковой легкостью применять в жидкостях, газах или в вакууме. Поэтому с ним можно проникнуть в место наблюдения и пользоваться им в таких случаях, когда

¹ Естественное изображение этой полярности можно получить, обратившись к силовым линиям Земли в северном полушарии, а именно: если человек с протянутыми руками будет двигаться в наших широтах, то электрический ток, стремящийся возникнуть в проводе, который изображают руки, будет направлен справа через руку и туловище налево.

магнитная стрелка исключается; а в других случаях, когда можно прибегнуть к магнитной стрелке, но только нстречаясь с большими помехами со стороны окружающих сред, с помощью движущегося провода можно получить результат (3142) без затруднений.

3081. Этот метод можно столь же легко применить даже к внутренней части магнита (3116), т. е. в таком месте, которое совершенно недоступно для магнитной стрелки.

3082. С помощью движущегося провода можно суммировать или получить сразу результирующую магнитного действия в нескольких местах, т. е. действие, зависящее от площади или сечения силовых линий; таким образом можно произвести экспериментально сравнение (этих мест), что с помощью магнитной стрелки неосуществимо, разве только с очень большим трудом, и притом несовершенно. Все равно, как при этом провод движется поперек силовых линий: прямо или косо, в одном направлении или в другом; он при этом подытоживает — принципиально с одинаковой точностью — сумму сил, представленных теми линиями, которые он пересек (3113).

3083. Таким образом, движущийся провод можно одобрить в качестве пранильного научного прибора, показывающего наличие магнитной силы. В настоящем сообщении будут приведены примеры представляемых им преимуществ, уже упомянутых выше, правда, его чувствительность далеко не достигает еще чувствительности магнитной стрелки, однако нет сомнения в том, что она может быть в очень высокой степени увеличена. Мне лично представляется уже вполне ясным разнообразие возможных его конструкций и большие выгоды, как следствие этого раавообравия. Хотя действия и движущегося провода и магнитной стрелки зависят от существенных особенностей и качеств магнитной силы, но те из них, которые в одном случае оказываются действительными и потому обнаруживаются, весьма отличны от тех, которые активны в другом случае; я хочу сказать — поскольку мы до сих пор сумели отнести явления непосредственно к существенным особенностям магнитного поля.

Это отличие может в будущем дать возможность глубже заглянуть с помощью провода в природу магнитной силы; таким образом этот метод в конце концов подведет нас к самым основным вопросам, например: является ли магнитная полярность аксиальной или же она зависит от поперечных боковых условий; происходит ли передача силы так же, как для колебаний или как для тока, или же она является просто действием на расстоянии, а также ко многим другим вопросам, которые возникают в умах ученых, работающих в этой отрасли знания.

3084. Я возьму теперь простой стержневой магнит и воспользуюсь им для пояснения того, что было раньше сказано

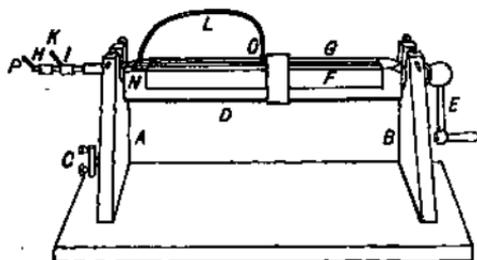


Рис. 225.

о силовых линиях и движущемся проводнике, а также для того, чтобы выяснить расположение этих линий как вне, так и внутри самого магнита, с которыми они связаны и которому они принадлежат. Для этой цели я воспользовался следующим прибором. Пусть рис. 225 представляет собою деревянную станцию, основанием которой является доска длиною в 17.5 дюймов, шириною в 6 дюймов и толщиной в 0.8 дюйма. Эти размеры послужат масштабом для других частей прибора. *A* и *B* — две деревянные стойки, *D* — деревянная ось с двумя длинными вырезами, предназначенными для вкладывания в них двух стержневых магнитов *F* и *G*. Поперек оси дерево срезано не полностью, а посередине оставлено, так что магниты стоят друг от друга на расстоянии примерно $\frac{1}{15}$ части дюйма. От *O* до стойки *A* дерево

однако снято вплоть до оси вращения, так что между двумя магнитами, когда они стоят на своих местах, получается желобок; дерево удалено и дальше, и таким образом желобок продолжен до конца оси в P . Этот желобок или отверстие предназначено для того, чтобы в него вставить провод, который можно перемещать вдоль оси вращения, а затем, пропустив его между магнитами, где-нибудь между O и N , загнуть его к концу P оси с наружной стороны. Магниты размещены так, что центральная линия их общей системы совпадает с осью вращения. E — ручка, с помощью которой, когда нужно, производится вращение. H и I — два плотно надевающихся на ось медных кольца; с их помощью должно производиться соединение между проводом, прилаженным так, что он вращается вместе с магнитами и неподвижными концами проводов, идущих от гальванометра. Так, например, пусть PL — обмотанный провод, который идет по дну желобка на оси прибора и, выйдя наружу в экваториальной части магнитов, возвращается в желобок вблизи N и заканчивается в K . Когда форма проволоочной петли определена и придана проводу, тогда между проводами в желобке у K закладывают кусочек мягкого дерева; толщина кусочка такова, что когда кольцо I поставлено на свое место, оно давит на верхний провод, на кусок дерева и на нижний провод и держит все это плотно связанным вместе; при этом однако провода фактически разъединены друг от друга. Тогда устанавливают на своем месте на оси второе кольцо H и с конца оси вгоняют (в кольцо) деревянный клинышек; он должен нажать конец P , создать тесный и полный контакт его с кольцом H и держать всю систему в порядке. Таким образом, провод может свободно вращаться вместе с магнитами, и кольца H и I служат его концами. Две клеммы (одна показана в C) держат концы провода (тоже — медного), идущего от гальванометра; эти концы устроены так, что своей упругостью они прижимаются к кольцам и таким образом создают действительно тесный контакт; во время вращения оси на контактах ни различные вещества, ни трение не возбуждают тока.

3085. Оба магнита представляют собою стержни, каждый длиною в 12 дюймов, шириной в 1 дюйм и толщиной в 0.4 дюйма. Каждый из них весит 19 унций и обладает такой силой, что может удерживать на своем конце приставленный к нему концом же другой магнит, но не больше того. Когда магниты установлены на своих местах, то одинаковые полюсы лежат у них рядом, так что они должны действовать как один магнит с разрывом посередине. Их удерживают на месте с помощью шнура или иногда с помощью медного кольца, которое плотно ходит по ним и по оси.

3086. Гальванометр представляет собою очень чувствительный прибор, изготовленный Румкорфом (Rumkorff) (2651). Он стоял на расстоянии около 6 футов от магнитного прибора и при вращении последнего не испытывал на себе никакого действия. Провода, соединявшие его с магнитами, были медные, 0.04 дюйма в диаметре; полная длина их составляла около 25 футов. Длина проволоки в гальванометре мне неизвестна; диаметр ее составлял $\frac{1}{135}$ дюйма. Свойства гальванометра, проводов и магнитов были таковы, что когда я свернул виток провода в виде петли и последнюю провел один раз понерх полюсов соединенных друг с другом магнитов, скажем, из *a* и *b* (рис. 226), то стрелка гальванометра отклонилась на два градуса с лишним. Колебание стрелки происходило медленно; поэтому легко было повторить указанное действие пять или шесть раз, или еще больше, прерывая и возобновляя контакт через надлежащие промежутки времени; таким образом можно было соединять действие одинаково направленных индукционных токов; этим способом можно было легко получить отклонение в 10° или 15° в ту и другую сторону от нуля. Таким образом; эта установка оказалась достаточно чувствительной для первых опытов, и хотя сопротивление, оказываемое тонкой длинной проволокой гальванометра слабым токам, было значительно, однако оно должно было оставаться всегда одинаковым и не должно было влиять на результаты — ни в том случае, когда окончательное действие было равно 0° , ни в тех случаях, когда результаты достигались

не путем абсолютного измерения, а на основании относительных разностей.

3087. Первый практический результат, который был получен с помощью описанного выше прибора по отношению к магнитоэлектрической индукции вообще, заключается в том, что в куске металла или проводящего вещества, движущегося поперек магнитных силовых линий, возникает или стремится возникнуть электрический ток. Более строгое и точное определение всего этого действия таково; наметим или представим себе не-

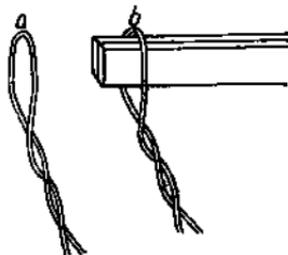


Рис. 226.

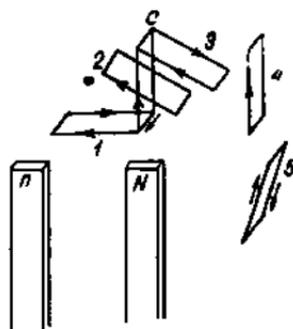


Рис. 227.

прерываю цепь проводящего вещества, все равно, в твердой или жидкой массе металла или проводящего вещества, в металлических проводниках или стержнях, расположенных в непроводящем веществе или в (пустом) пространстве; пусть эта цепь, будучи приведена в движение, пересекает магнитные силовые линии, или, оставаясь неподвижной, пересекается такими силовыми линиями вследствие перемещения магнита; или пусть благодаря неравенству углового движения, или благодаря противоположному движению различных ее частей, или благодаря неравенству движения в одном и том же направлении, одна часть ее пересекает больше или меньше линий, чем другая; тогда по этой цепи пойдет ток, вызываемый разностным отношением двух или большего числа частей цепи, пересекающих во время движения (силовые линии). Направление этого тока определится

(при линиях с данным направлением полярности) направлением пересечения вместе с относительным количеством пересечения в двух или большем числе деятельных и определяющих (или пересекающих) частей цепи.

3088. Так, например, пусть рис. 227 представляет магнитный полюс N и над ним цепь из металла, которая может иметь любую форму и сначала находится в положении C ; если эта цепь переместится в одном направлении в положение 1, или в противоположном направлении в положение 2, или в результате двухкратного изменения направления придет в положение 3, или поступательным движением попадет в положение 4, или в положение 5, или вообще в какое-угодно промежуточное положение между первым положением и указанными выше или любыми им подобными, или если при неизменности первого положения C полюс переместится в положение n или по направлению к этому положению, то в цепи возникнет электрический ток, который во всех случаях будет иметь одно и то же направление, а именно то направление, которое указано на рисунке стрелками. Обратные движения дадут токи противоположного направления (256 и др.).

3089. Раньше (27 и др.)¹ были даны общие принципы получения электрического тока путем магнитной индукции; был также установлен закон направления тока по отношению к силовым линиям (114, 3079 выноска). Однако полное значение данного выше описания может быть надлежащим образом оценено лишь позднее, когда будут описаны экспериментальные результаты, которые позволят нам узнать больше об отношениях тока к *силовым линиям*.

3090. Когда говорят, что *силовые линии* пересекают проводящую цепь (3087), пужно представить себе, что это пересечение линий производится поступательным перемещением магнита. Простое вращение магнитного стержня около своей оси не производит никакого индукционного действия в цепи, внешней по

¹ Philosophical Transactions, 1832, стр. 131 и др.

отношению к магниту, так как в этом случае не выполняются условия, изложенные выше (3088). Не следует думать, что система сил около магнита обязательно вращается вместе с магнитом; это — то же, что представлять себе, будто лучи света, исходящие от Солнца, вращаются вместе с Солнцем. В некоторых случаях (3097) можно даже считать, что магнит вращается среди собственных сил и производит полное электрическое действие, ощутимое для гальванометра.

3091. Прежде всего провод был протянут вдоль оси магнита до среднего расстояния, затем выведен из магнита вблизи экватора и возвращен к началу снаружи; рис. 228 показывает это расположение. Если предположить, что магнит и провод проделывают один оборот, тогда, очевидно, можно считать, что провод *a* входит по оси магнита и вновь возвращается из *b* поперек силовых линий вне магнита к оси в *c* и что при одном обороте провод от *b* до *c* пересекает один раз все силовые линии, исходящие из конца *N* магнита. Другими словами, какою бы ни был путь, по которому провод проходит от *b* до *c*, он *один раз* пересекает всю систему линий, принадлежащих магниту. Для того, чтобы составить себе правильное представление об этом результате, вообразим себе лицо, стоящее у рукоятки *E* (рис. 225) (3084) и смотрящее вдоль магнитов, причем магниты неподвижны, а проволочная петля от *b* до *c* поворачивается налево в горизонтальную плоскость. Если теперь повернуть эту петлю вверх и направо, причем магнит останется неподвижным, то это будет равносильно *прямому* вращению (по направлению часовой стрелки) на 180° и вызовет слабый ток в гальванометре в определенном направлении. Если петлю повернуть обратно, на 180° в противоположном направлении, то это произведет соответствующий ток в направлении, обратном прежнему. Если провод

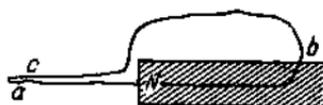


Рис. 228.

держат в вертикальной или какой-либо другой плоскости, так что его можно будет считать неподвижным, и повернуть магнит на пол-оборота, то это тоже вызовет ток; а если его повернуть в обратном направлении, то это вызовет ток противоположного направления. Но что касается *направления* токов, то ток, возникающий при *прямом* вращении провода, тождествен с тем током, который возникает при *обратном* вращении магнита, а ток, возникающий при *обратном* вращении провода, тождествен с тем током, который возникает при *прямом* вращении магнита. Более точных указаний о связи между направлением тока и тем полюсом магнита, которым мы пользуемся, и направлением вращения провода или магнита, в настоящее время не требуется, но в случае нужды их можно получить сразу, обратившись к рис. 227 (3088) или к общему закону (114, 3079 выноска).

3092. Если магнит и петля вращаются вместе в любом направлении, то не получается следа тока. Если бы в этом случае существовало какое-либо действие, то его можно было бы значительно усилить, так как можно было бы произвести 10, 20 или какое-угодно число вращений без всякого неудобства; легко было сделать тридцать или больше оборотов за время отклонения стрелки гальванометра в одном направлении. Было бы также легко, если бы вообще получалось какое-нибудь действие, собрать его в гальванометре, изменяя в надлежащее время направление вращения. Однако ни при каком числе оборотов нельзя было получить никакого действия при одновременном вращении магнита и провода.

3093. После этого я снял петлю с оси магнита, но прикрепил ее к последнему с помощью куска картона, так что все было соединено накрепко и должно было вращаться с одинаковой угловой скоростью (рис. 229). Однако при любой форме и при любом положении петли независимо от того, какова была ее величина, где она была прикреплена: близко к магниту или далеко от него, была она открытой или замкнутой, лежала она в одной плоскости или была изогнута и располагалась в нескольких плоскостях, какова ни была ее форма или состояние или

место, если только она вращалась вместе с магнитом, никакого тока не получалось.

3094. Далее, когда петля находилась вне магнитов и с помощью особых приспособлений была твердо скреплена с ними, то при каком угодно количестве оборотов магнита (если только вращение не сопровождалось смещением петли с места) в петле не возникало ни малейшего тока.

3095. Тогда я составил проволочную петлю из двух частей: часть c (рис. 230) снаружи магнита была закреплена в b , а часть a , представлявшая собою отдельный кусок, была продвинута

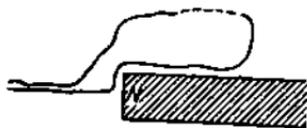


Рис. 229.

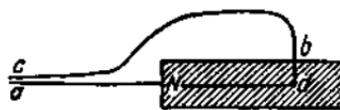


Рис. 230.

вдоль оси настолько, что она пришла в соприкосновение с первой частью в d . Таким образом, одну часть петли можно было вращать вместе с другой или без нее, сохраняя все время металлическую связь и замкнутый круг для индукционного тока. В этом случае, если внешний провод и магнит оставались неподвижными, то при каком-угодно числе оборотов провода a около его оси не получалось никакого тока. Точно так же не получалось никакого тока, когда вращались вместе магнит и провод cd — независимо от того, вращался при этом провод a или нет. Когда магнит вращали без внешней части провода cd или же последняя вращалась без магнита, то, как и раньше (3091), ток получался.

3096. Тогда магнит был включен в цепь следующим образом. Провод a (рис. 231) был присоединен металлически на обеих сторонах промежутка между магнитами у N (т. е. у полюса), а часть провода c была присоединена к центру в d . Результат оказался во всех отношениях тождественным с тем, какой получался, когда провод был продолжен до d , т. е. никаким количе-

ством оборотов магнита совместно с частью провода с нельзя было вызвать какого-либо электрического тока. Когда я устроил так, что часть с заканчивалась у e , т. е. у экваториальной части магнита, результат оказался в точности таким же. Когда часть с заканчивалась у e , а часть провода a была продлена до центра в d и там завершила контакт, то результат и теперь оказался тем же. Таким образом, не получилось никакого различия от того, что между N и d или между d и e я пользовался частями магнита вместо изолированной медной проволоки для устройства непрерывной цепи, по которой должен был проходить ин-



Рис. 231.

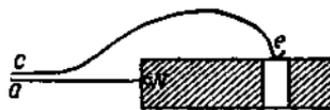


Рис. 232.

дукционный ток. Вращение части a не давало никакого эффекта, где бы эта часть ни заканчивалась.

3097. Для того чтобы определить действие вращения магнита без внешней части провода, я приделал вокруг магнита в экваториальной его части соприкасающееся с ним медное кольцо, а провод c (рис. 232) прижал с помощью пружины к этому кольцу, а также к кольцу H на оси (рис. 225) (3084); цепь была проверена и оказалась в порядке. Когда затем провод ce оставался неподвижным, а магнит был проведен во вращение, возник ток; он был одинаков по силе при одинаковом числе оборотов и не зависел от того, кончалась часть провода a у N или проходила дальше до центра магнита, была она изолирована от магнита или продолжена дальше до медного кольца e . Затем я, с помощью некоторого приспособления, хотя и грубого, но достаточного для данной цели, приводил провод во вращательное движение, а магнит при этом оставался неподвижным; тогда в соответствии с описанным выше действием (3091) возникали токи противоположного направления; а результаты, получаю-

щиеся в том случае, когда провод и магнит вращаются одновременно (3092), показывают, что эти последние токи в точности равны по силе первым. Когда внутренний и внешний провод оставались оба неподвижными, а вращался только магнит, то возникал ток полной силы, причем это происходило независимо от того, где был устроен контакт аксиального провода a : в полюсе магнита или в центре последнего.

3098. Новое расположение магнита и проводов было устроено в таком виде: в середине магнитов, от центра d (рис. 233) до периферии b , был укреплен изолированный радиальный провод, который на периферии был присоединен к экваториальному

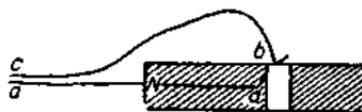


Рис. 233.

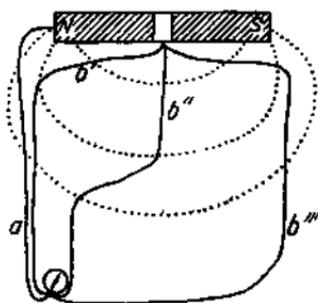


Рис. 234.

кольцу (3097). В центре (магнитов) с этим радиальным проводом соприкасался аксиальный провод, который проходил к полюсу. Внешняя часть цепи, нажимая на кольцо у экватора, шла дальше снаружи над полюсом и замыкала цепь как прежде. Если теперь магнит вращался отдельно от аксиального и внешнего проводов, получался полный и надлежащий ток; при этом однако единственной частью, в которой при вращении мог возникнуть этот ток, был небольшой провод db , так как при изложенных выше обстоятельствах он замещал собою корпус магнита, который мы вращали в предыдущем случае (3097).

3099. Внешнюю часть провода я теперь не отводил назад над полюсом магнита, через который проходил аксиальный провод, а увел в сторону вверх другого полюса и затем дальше по длинной цепи к гальванометру: несмотря на это, вращение магнита при любой из описанных выше установок давало в точ-

ности тот же результат, что и раньше. Если посмотреть на рис. 234, то станет ясно, что как бы ни отводились провода, общий результат, согласно принятому принципу действия, будет одинаков. В самом деле пусть a — аксиальный провод, a' , b' , b'' , b''' — экваториальный провод, представленный в трех различных положениях, тогда все силовые магнитные линии, которые пересекают экваториальный провод в одном положении, пересекут его и в другом положении или вообще в *каждом* ином положении, какое только ему можно придать. Опыты показали (3093), что расстояние, на котором провод пересекает силовые линии, не имеет значения.

3100. При рассмотрении сил магнита можно допустить, что те два магнита, с которыми производились опыты при выше описанных экспериментальных исследованиях, ведут себя действительно как один центральный магнит. Нам следует лишь представить себе, что мы вставили небольшие схожие магниты, чтобы заполнить узкое пространство, незанятое проводом, и тогда получится сплошной магнит; или можно считать, что раньше это был полный магнит и что из него вынули некоторую часть; а мы знаем, что ни одно из этих изменений не нарушает общего распределения сил. В стержневом магните и вокруг него силы распределены простейшим образом и в высшей степени правильно. Предположим, что стержень удален от других магнитных влияний; тогда можно считать, что его сила распространяется согласно известному закону на любое расстояние. Но если принять наглядное представление о *силовых линиях* (3074), то всякий провод и всякая линия, которая идет из точки на магнитном экваторе стержня через один из полюсов и при этом проходит по магнитной оси и дальше к точке на противоположной стороне экватора, должна пересечь *все* линии на плоскости, через которую она проходит; при этом безразлично, через который полюс она проходит. Равным образом провод, идущий от конца магнита на магнитной оси к точке на магнитном экваторе, должен пересечь такое количество кривых, которое составляет половину кривых, лежащих во всей плоскости, как бы ни была

мала или велика длина этого провода; он может иметь и искривленную форму и переходить на своем пути к экватору из одной плоскости в другую.

3101. Далее, если такой провод, как только что описанный, повернуть один раз вокруг того конца магнита, к которому он присоединен, что может быть сделано с помощью скользящего контакта на экваторе, то во время обращения он пересечет *все* силовые линии; это случится независимо от того, как устроен контакт: совпадает он на полюсе в точности с магнитной осью или находится где-нибудь в конце стержня, необходимо только, чтобы он за это время не изменялся. Все это остается в силе, если даже магнит путем индукции на расстоянии подвергается влиянию других магнитов или тел или сам проявляет по отношению к ним часть своей силы [вследствие этого распределение его силы может стать очень неправильным по сравнению с магнитным стержнем (3084), когда он свободен от всякого влияния], или если его форма — неправильная или искривленная, вплоть до подковообразной. Наконец, представим себе, что у провода один конец приложен к *какой-нибудь* точке на поверхности магнита, а другой конец приложен к точке на магнитном экваторе, и пусть этот провод обойдет один раз на скользящем контакте вокруг экватора, а петля провода обойдет вокруг одного из полюсов, так что в конце концов она займет свое первоначальное положение; тогда этот провод во время своего движения *один раз* пересечет каждую из силовых линий, принадлежащих магниту.

3102. Провод, идущий от полюса к полюсу и проходящий вплотную около экватора, конечно, пересечет половину внешних силовых линий в большой плоскости, два раза каждую в противоположных направлениях с точки зрения полярности; поэтому при вращении его вокруг магнита в нем вовсе не индуцируется тока. Если он не соприкасается с экватором, то какие бы линии он не пересекал, он пересекает каждую два раза, и таким образом сохраняется то же равновесие. Если магнит вращается под проводом, то он играет роль вращающегося центрального провода, о котором речь была выше (3095); или же,

если предположить, что электрический ток проходит по нему не прямолинейно, а по какому-либо иному пути, то этот путь подчиняется установленному выше закону нейтральности, как в этом можно убедиться, если учесть внутреннее состояние самого магнита (3117). В сказанном и заключается причина того, почему присоединение таких проводящих цепей к магниту не приводит к возникновению токов ни при каких условиях движения. По поводу пересечения силовых линий я могу привести еще один пример: возьмем проволочное кольцо несколько большего диаметра, чем магнит, и поставим его сбоку возле одного из полюсов так, чтобы силовые линии в этом месте проходили в плоскости кольца, а затем повернем его на 90° и проведем через полюс к экватору (3088); оно *один раз* пересечет все линии магнита, за исключением очень небольшого их числа, которое останется непересеченным у экватора.

3103. Если мы намереваемся установить экспериментальным путем точную величину силы, представляемой *силовыми линиями*, то необходимо придерживаться известных мер предосторожности; в противном случае результаты окажутся ошибочными. Так, например, десять оборотов провода вокруг магнита или магнита внутри неподвижного провода (3097) должны бы давать постоянное отклонение на гальванометре, и тем не менее без всяких изменений в положении провода результаты могут в различных случаях очень сильно отличаться друг от друга и составить один раз 9° , а в другой раз только 4° или 5° . Я напел, что это вызывается различием скорости в известных пределах и это можно объяснить и предупредить нижеследующим образом.

3104. Когда провод движется поперек силовых линий медленно, то в нем возникает слабый электрический ток, который продолжается, покуда происходит движение; когда он движется поперек тех же линий быстро, то возникает более сильный ток, но в течение более короткого времени. Действию тока, отклоняющего стрелку гальванометра, противостоит действие Земли, стремящееся вернуть стрелку к нулю. Следовательно, непрерывный слабый ток не может отклонить ее столь же сильно,

как непрерывный сильный ток. Если токи ограничены в своей продолжительности, то должен получиться один и тот же результат, если только продолжительность колебания стрелки в одну сторону значительно не превышает продолжительности того и другого тока. Если продолжительность отклонения стрелки равна десяти, а продолжительность десяти быстрых вращений составляет шесть, то все действие индуцируемого тока направляется на отклонение стрелки; но если продолжительность десяти медленных вращений составляет двенадцать или пятнадцать, то возникающий ток можно отчасти распознать не по величине отклонения, а лишь по тому, что стрелка в течение некоторого времени задерживается в конце меньшей дуги отклонения. Поэтому, когда я сравнивал большие и малые скорости и, конечно, во всех случаях, когда я сравнивал вращения провода и магнита, я брал только такое число вращений, которое можно было свободно выполнить за время движения стрелки в одну сторону; при этом я, значит, мог видеть, что стрелка идет к своему крайнему положению и после того, как вращение и индукционный ток прекратились. Если стрелка начинала двигаться назад в момент прекращения движения, то этот опыт я признавал непригодным для сравнения и отбрасывал его. При соблюдении указанных мер предосторожности и при таких скоростях вращения, что они занимали от одной трети до трех пятых того времени, какое было необходимо для отклонения стрелки, то одно и то же количество оборотов (десять) давало с моим прибором и ту же величину отклонения, а именно 95° , хотя продолжительность вращения изменялась в отношении $1 : 2$ и даже более.

3105. Другой причиной расхождения, получающегося при изменении скорости, является ослабление действия тока на стрелку при увеличении угла, образуемого последней с обмотками катушки. Поэтому постоянный ток в первые моменты времени производит при отклонении магнитной стрелки большее действие, чем в последующее время. Однако это явление было едва ощутимо для отклонений от 9° или 10° , вызывавшихся то-

ками, которые прекращались ранее, чем стрелка продвигалась на 4° или 5° .

3106. Раньше было уже показано, насколько безразлично, что собственно вращается: провод в одном направлении или магнит в другом (3091); в дальнейшем это было подтверждено теми примерами, при которых магнит и провод вращались одновременно (3092), ибо тогда токи, которые стремятся возникнуть, в точности равны и противоположны друг другу, каково бы ни было положение провода. Но в неподвижности стрелки легче убедиться, чем изменять величину дуги, которую можно наблюдать лишь одно мгновение; притом же одновременное вращение магнита и провода можно производить быстро и непрерывно; по всем этим основаниям последнее доказательство можно считать весьма удовлетворительным.

3107. Далее я производил опыты по вопросу о влиянии *расстояния* провода (рис. 235) от магнита; для этого я менял провод, так что иногда он имел длину не более 8 дюймов (он был из меди диаметром в 0.04 дюйма) и находился лишь на расстоянии полдюйма от магнита; в других случаях он имел длину в 6 или 8 футов и был растянут на большом расстоянии от магнита. Я наблюдал отклонение, производимое десятью оборотами магнита, и брал среднее из нескольких наблюдений для каждого из положений провода. При одном и том же положении провода они оказались очень близкими друг к другу (при соблюдении описанных выше мер предосторожности); и для различных положений средние оказались в совершенном согласии, составив 9.5 . Я имел намерение повторить эти опыты над влиянием расстояния — в таком виде, что в движение приводился провод, а магнит оставался неподвижным, как например, это было описано ранее (3091); эти опыты были не столь показательны, так как время позволяло получать лишь меньшие отклонения (3104), но одно и то же число поворотов на 180° давало одно и то же отклонение на гальванометре независимо от того, как пролегал путь провода; в тесной близости к магниту или на большом от него расстоянии; и отклонение в этом случае совпа-

дало с тем отклонением, какое получалось, когда вращался магнит, а провод оставался неподвижным.

3108. Теперь по вопросу о *скорости* движения; когда магнит вращается, а провод помещен на *различных расстояниях*, то отклонение стрелки, вызываемое десятью оборотами магнита, одинаково — независимо от того, каково было движение: быстрое или медленное; при этом необходимо только придерживаться описанных выше мер предосторожности (3104). Что то же самое имело бы место, если бы двигался провод, а магнит оставался неподвижным, доказывается тем, что, какова бы ни была скорость, с какой вращаются вместе провод и магнит, и на каком бы расстоянии друг от друга они ни находились, они в точности нейтрализуют друг друга и равны друг другу (3096).

3109. Из этих результатов можно сделать следующие заключения. *Величина* магнитной силы, обнаруживающаяся по ее действию при возбуждении электрических токов, является при одних и тех же силовых линиях определенной, каково бы ни было расстояние от магнита той точки или плоскости, на которую они действуют; или иначе: она одинакова в любых двух или большем количестве сечений одних и тех же силовых линий, какова бы ни была их форма или их расстояние от местонахождения силы. Это следует из результатов, которые были получены с магнитом и проводом, когда оба они входили в состав цепи (3108), а также с проволочной петлей, вращающейся вместе с магнитом (3092), где стремление токов к возникновению в двух местах взаимно противоположны и в точности друг друга нейтрализуют или уравнивают.

3110. Можно сравнить между собою весьма различные сечения вне магнита. Так, можно представить себе, что провод проходит через силовые линии вблизи полюса (или он на самом деле может быть устроен так, что он их пересекает) и затем идет

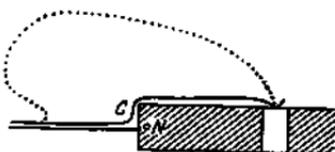


Рис. 235.

дальше *вдоль* силовой линии и, наконец, окажется над экватором; здесь его можно направить таким образом, что он пересечет те же самые силовые линии в противоположном направлении и затем вернется *вдоль* силовой линии к своему началу; таким образом можно сравнивать друг с другом сечения поверхности. Представим себе петлю, образующую замкнутый круг, который расположен в большой плоскости, проходящей через ось магнита; тогда ясно, что одни и те же силовые линии входят в нее и выходят из нее, хотя в одном месте петли они могут быть, так сказать, рассеяны, а в другой сжаты, или (выражаясь на языке излучения) они могут быть более интенсивными в одном месте и менее интенсивными в другом. Ясно также, что если петля расположена не в одной плоскости, то при полном обороте, вместе с магнитом или без него, она пересечет противоположными своими сторонами совершенно одинаковое количество силовых линий. Отсюда получается широкая возможность экспериментально сравнивать друг с другом каждое сечение данного количества силовых линий с каждым другим сечением.

3111. Эти результаты показывают, что при данных обстоятельствах не существует ни потери, ни уничтожения, ни исчезновения, ни скрытого состояния магнитной силы от расстояния.

3112. Что схождение или расхождение силовых линий не влечет за собою изменения их количества.

3113. Никакого различия от того, что пересечение происходит наклонно, не получается. Легко придать петле такую форму (3110), что она будет пересекать силовые линии перпендикулярно в обоих местах пересечения, или перпендикулярно в одном месте и наклонно в другом, или в какой-либо степени наклонно в обоих местах, и тем не менее результат всегда оказывается тождественным (3093).

3114. Точно так же из результатов, которые получаются при вращении провода и магнита (3097, 3106), следует, что когда провод движется среди одинаковых линий (или в поле одинаковой магнитной силы) и с однообразной скоростью,

то возникающий при этом электрический ток пропорционален времени и скорости движения.

3115. Они показывают также, что вообще количество электричества, приводимого в движение, прямо пропорционально числу пересекаемых линий.

3116. Наравне с этими выводами настоящий метод исследования дает возможность глубже заглянуть во внутренние явления в магните и выяснить, действительно ли силовые линии (я они правильно изображают все, что нам известно о характерном действии магнита) заканчиваются вне его или в каких-нибудь предполагаемых точках, так называемых полюсах; или же они продолжают и располагаются внутри магнита. Для этой цели рассмотрим внешнюю петлю (3093) (рис. 229). Когда она вращается вместе с магнитом, не возникает никакого тока, так как силовые линии, пересекаемые в одном месте, вновь пересекаются в противоположном направлении в другом месте (3110). Но если одну часть петли провести по оси магнита, а затем провод выпустить наружу у экватора (3091), то тоже не получится никакого действия; в то же время ясно, что силовые линии, через которые проходит каждая часть (петли) вне магнита, все вместе стремятся вызвать ток, ибо в этом случае все внешние силовые линии пересекаются этим проводом в течение одного оборота (3101). Поэтому в поисках силы, равной той, которая может быть проявлена снаружи, нам следует заглянуть на часть провода *внутри* магнита, и мы найдем эту силу в том небольшом участке, который представляет собой радиус в центральной и экваториальной частях. В самом деле, когда радиальную часть провода мы вращали, то она не создавала никакого действия (3095); когда мы вместе вращали аксиальную, внутреннюю радиальную и внешние части, то они не создавали никакого действия; когда мы вращали один только внешний провод в прямом направлении, то это создавало ток (3091), а когда вращали в *прямом* направлении один только внутренний радиальный провод (изолированный

от магнита), то это тоже создавало ток (3095, 3098) в направлении, противоположном первому; и оба эти тока были в точности одинаковы по силе, ибо когда мы вращали в *прямом* направлении одновременно обе эти части провода, то они полностью взаимно друг друга компенсировали (3095). Этот радиальный провод можно заменить самим магнитом (3096, 3118).

3117. Таким образом, согласно указанным выше опытам внутри магнита существуют силовые линии той же природы, что и внешние силовые линии. Мало того, их число в точности



Рис. 236.

равно числу внешних линий. Их направление связано с направлением внешних линий, и они являются их естественным продолжением, абсолютно не отличающимся от них по своей при-

роде, поскольку это можно видеть из опытов. Следовательно, каждую силовую линию, на каком бы расстоянии от магнита мы ее ни взяли, можно рассматривать как замкнутый круг, который в некоторой части своего пути проходит через магнит и который в каждой части своего пути обладает равным количеством силы.

3118. Если удалить аксиальную часть провода и вместо нее воспользоваться магнитом, так что он окажется включенным в цепь, то легко увидеть, каким образом он выполняет роль проводника. В самом деле предположим, что самый провод продолжен от *N* до *b* (рис. 236) по данному из трех путей, указанных пунктирными линиями; тогда как с точки эксперимента (3093), так и с точки зрения теории (3100) действие во всех случаях оказывается одинаковым. Ибо какова бы ни была форма пути, последний при обороте пересечет такое же количество силовых линий внутри магнита, какое пересекается в противоположном направлении частью провода, находящейся вне магнита; а когда для составления полной цепи мы пользуемся магнитом вместо внутреннего провода, то его

вещество дает в точности тот же результат, так как направление и все прочие обстоятельства, влияющие на результат, остаются те же: просто один проводник заменен другим. Можно было бы предположить, что большая масса магнита в состоянии произвести нечто большее, чем тонкий провод, но позднее (3137) можно будет увидеть основание, в силу которого ее действие лишь равно действию провода. Аксиальный провод при вращении делает одно: проводит ток (3095), а все действие создается той частью, которая представляет радиус оси до экватора (3098); так и магнит, вращаясь как цилиндр, при всей своей массе подобен вращающемуся проводу; исключением является лишь та часть его, которая представляет радиус, соединяющий точку на полюсе или на оси с точкой на экваторе, где завершается соединение с проводом. Как это было показано уже давно (220), если привести во вращение цилиндрический магнит и концы провода гальванометра *ac* присоединить к краям его оси, то не возникает никакого тока; но если *a* присоединить к экватору или к какому-либо другому месту поверхности цилиндра, то при одном и том же вращении всегда получается ток одного и того же направления.

3119. Далее, для того чтобы подтвердить эти положения, я разрезал магнит пополам по экваториальной плоскости и затем ставил там медный диск или только радиальный провод или складывал магниты друг с другом, и все эти три устройства я последовательно применял для того, чтобы завершить цепь от аксиального провода (3095) к неподвижному проводу на поверхности экватора. При каждом из этих устройств получался ток, одинаковый как по направлению, так и по величине. Если к концам вышеописанного цилиндрического магнита (3118) прикрепить диски из серебра или меди, а к поверхностям этих дисков прикладывать провода, то при вращении их вместе с магнитом получаются совершенно те же по направлению токи, как если бы провода были приложены к поверхности самого магнита (218, 219).

3120. Этим поразительным распределением сил, которое выявляется с помощью движущегося провода, магнит в точности походит на электромагнитную катушку как по тому, что силовые линии протекают в виде замкнутых кругов, так и по равенству их суммы внутри и снаружи. Нет сомнения в том, что магнит весьма разнороден по своей природе, поскольку, как мы хорошо знаем, он состоит из частей, которые сильно отличаются друг от друга по степени развиваемого ими магнетизма; нам часто кажется даже, что некоторые внутренние их участки действуют как якорь, или как субмагнит, по отношению к участкам, расположенным дальше от центра, и таким образом образуют иногда внутри их замкнутые круги или нечто им эквивалентное. Но они не создают ни малой части результирующей силы во вне, а только эту результирующую мы и в состоянии заметить каким-либо путем: по ее действию на стрелку, или на другие магниты, или на мягкое железо, или на движущийся провод. Таким образом, и та сила, которая обнаруживается *внутри* магнита по ее действию на движущуюся массу, это — все та же результирующая: она ей равна по величине, а по своей полярности и другим свойствам с ней тождественна. Несомненно, бывают такие случаи, например при приближении якоря к полюсам, или при приближении других магнитов, в благоприятном или неблагоприятном положении, когда развивается больше внешней силы, или часть силы может частью быть загнана вовнутрь, и таким образом внешняя сила уменьшится. Но в этих случаях та сила, которая остается снаружи, в точности соответствует той, которая является результирующей внутри магнита. В самом деле, я ставил одноименный или противоположный полюс сильного подковообразного магнита на расстоянии полутора дюймов от полюсов стержневого магнита, который был подготовлен для вращения с присоединенными к нему проводами (3092), как это было описано выше; тогда при их вращении не было заметно ни малейшего действия на гальванометр: силы внутри магнита и силы вне его полностью друг друга компенсируют.

3121. Ранее была подчеркнута определенность характера сил неизменяющегося магнита, на каком бы расстоянии от магнита их ни наблюдать (3109). Сколь поразительнее должен представляться этот момент теперь, когда, имея возможность заглянуть внутрь магнита, мы и здесь находим ту же определенность: каждое сечение этих сил — все равно, внутри магнита или вне его — имеет в точности одну и ту же величину. Таким образом, силу магнита легко представить с помощью действия *каждого* сечения его силовых линий; а так как токи, индуцированные двумя различными магнитами, можно легко пропустить через один и тот же провод, или, другими словами, сравнить между собою, то отсюда открывается легкая возможность установления стандарта для магнитов.

3122. С другой стороны, применение представления о *силовых линиях*, которое я предлагаю для изображения истинных и реальных магнитных сил, властно требует, чтобы была найдена единица этой силы, если это достижимо, с помощью какой-либо экспериментальной установки, совершенно так же, как существует стремление иметь единицу для лучей света или тепла. Мне кажется вполне вероятным, что дальнейшие исследования обеспечат пути для установления такого стандарта. А до той поры, чтобы шире воспользоваться этим представлением о магнитной силе и для графического изображения состояний этой силы, можно в каждом данном случае применять линии для представления этих единиц. Так именно я пользовался ими в предыдущих сериях настоящих Исследований (2807, 2821, 2831, 2874 и др.), где я одновременно давал направление *силовой линии* и относительное количество силы или силовых линий в данном объеме, что я изображал большей или меньшей их густотой, т. е. их числом в этом объеме. Такое применение единичных линий не заключает в себе, полагаю, никакой ошибки ни в отношении направления полярности, ни в отношении величины силы, показанных для какого-либо места диаграммы.

3123. Токи, возникающие в проводах, когда они пересекают магнитные силовые линии, столь слабы по своему напряжению (хотя достаточно обильны по количеству, как это показывают многие результаты), что тонкая проволока гальванометра необходимо должна оказывать их прохождению большое сопротивление. Поэтому раньше, чем перейти к дальнейшим экспериментальным изысканиям, я построил другой гальванометр; в нем я воспользовался стрелками от гальванометра, изготовленного Румкорфом, но катушка была заменена единственным оборотом очень толстой проволоки. Это

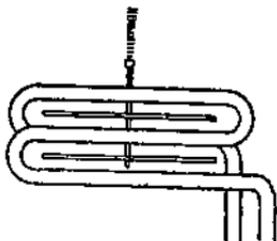


Рис. 237.



Рис. 238.

была медная проволока диаметром в 0.2 дюйма. Она проходила горизонтально под нижней стрелкой, затем настолько близко, насколько это было возможно, между нею и верхней стрелкой, над верхней стрелкой, затем снова между ней и нижней стрелкой (рис. 237), затем была прикреплена к подставке и выведена наружу на расстояние 19 или 20 футов от стеклянного колпака. Эта проволока обладала очень большой проводимостью, и хотя она лишь один раз обходила каждую стрелку, отклонение, которое она давала, было во много раз больше, чем то, которое давала проволока, принадлежавшая прежнему гальванометру. Так, например, когда я спаял концы двенадцатифутовой проволоки, так что образовалась петля или цепь, то однократное прохождение проволоки между полюсами подковообразного магнита (3124) вызывало отклонение

или, скорее, отскок стрелки больше чем на 90° . Я устроил более совершенный прибор в том же роде; в нем проводящая спираль была вырезана из медных пластин, так что получился квадратный стержень толщиной в 0.2 дюйма, который дважды обходил плоскость колебаний каждой стрелки, как это показано на рис. 238. Длина этого металлического стержня, окружавшего стрелки, составляла 24 дюйма, и этот гальванометр был очень чувствителен; но опыты, которые описаны в дальнейшем, были произведены главным образом с первым прибором.

3124. Необходимо было прежде всего выяснить влияние некоторых обстоятельств на этот простой гальванометр в смысле изменения его показаний.

Предназначенный для опытов магнит представлял собою составной подковообразный прибор весом в 16 фунтов; он не мог удержать 40 фунтов на своем якоре или субмагните. Прошло уже несколько лет с того времени, когда он был намагничен; поэтому представляется вероятным, что он уже достиг состояния постоянства силы. Его полюсы имеют форму, показанную на рис. 239. Расстояние между ними составляет 1.375 дюйма, а расстояние вниз, от их верхушки до основания или до экватора магнита, составляет 8.5 дюйма. Гальванометр стоял на продолжении магнитной оси, т. е. линии, идущей от полюса к полюсу, и независимо от того расстояния, на котором он находился: 6 футов или только 3 футов, это едва оказывало какое-либо влияние на период его колебания; он был так хорошо астазирован, что требовалось около десяти секунд на одно колебание вправо или влево.

3125. Когда провод двигался поперек магнитного поля, как это было только что описано (3123), но с различными скоростями, то по причинам, описанным выше (3104, 3106), получались различные по величине действия на гальванометр. Наиболее быстрое движение давало наибольший результат,



Рис. 239.

доходивший временами до 140° , между тем как очень медленное движение давало только 30° или 40° . Но при умеренных скоростях действия были почти одинаковыми, и когда я работал с одной и той же скоростью и брал среднюю из всех наблюдений, то мог получать очень однообразные результаты.

3126. Когда я разрезал провод и соединял концы различными способами, то нашел, что требуется большая тщательность при устройстве контакта тем или иным способом. Так, например, легкого прижатия концов друг к другу было недостаточно; их приходилось как следует и свежею очистить и затем плотно прижимать друг к другу. Соединения путем спайки или погружением в чашки со ртутью оказались все же лучше при тщательном их исполнении; ими я и пользовался — чаще всего у гальванометра и в других местах (цепи).

3127. Для того чтобы выяснить вообще сопротивление, получающееся при включении в цепь тонких проволочек, в цепь далеко от магнита было введено 28 дюймов медной проволоки диаметром в 0.045 дюйма, при отличных соединениях. Колебание, или отброс, который раньше составлял 140° и больше, свелся теперь к 40° . Когда я эту проволоку вынул и заменил другой, тоже медной, но только длиной в 19.5 дюймов и диаметром в 0.0135, то отклонение уменьшилось до 7° или 8° .

3128. Для грубого сраждения силы этого магнита с силой прежнего стержневого магнита (3085) с помощью рассматриваемого гальванометра, я согнул толстую проволоку в петлю (3086) и два стержневых магнита со сложенными вместе одноименными концами быстро всунул в нее два экваториального участка. Отклонение было около 30° . При таком продвижении магнитов были пересечены почти все силовые линии стержневых магнитов. Подобное же движение магнитов, вплотную у петли, но вне ее, не оказало никакого действия на гальванометр.

3129. Для того чтобы выяснить изменение силовых линий как в смысле их расположения, так и в смысле их общего числа,

при очень большом сближении полюсов подковообразного магнита (3124), были произведены следующие опыты. Расстояние между полюсами равно 1.375 дюйма; когда в это пространство был внесен кубик из мягкого железа со стороной в 0.8 дюйма, то оно сократилось до 0.575 дюйма. Таким образом, расстояние между полюсами фактически сильно уменьшилось и, как это было ватем доказано экспериментальным путем (3130), здесь сконцентрировалась вся внешняя сила магнита. Затем, пока кубик находился в указанном месте, я заставлял толстый провод диаметром в 0.2 дюйма проходить поперек силовых линий или через место наиболее сильного действия, и в таком положении устанавливал. После этого железный кубик я то убирал, то снова ставил на место и наблюдал получающиеся результаты. При этом возникали слабые электрические токи; но каким бы путем я ни вносил кубик на место: снизу или сверху или с которого-нибудь боку, возникавший ток имел всегда одно и то же направление; а когда я убирал кубик, то возникавший при этом ток имел противоположное направление. Когда одним движением я подносил кубик к магнитной оси, проносил мимо нее или уносил от нее, то это не оказывало никакого влияния на гальванометр. С другой стороны, когда я перемещал проволоку поперек магнитного поля, как это было описано выше (3123), с тем чтобы одним движением пересечь все силовые линии и суммировать их силу в гальванометре, то результат не изменялся от того, где находился железный кубик: на своем месте или нет. Это показывает, поскольку рассматриваемый прибор мог это удостоверить, что сумма силы в сечении всех силовых линий вне магнита была одинакова при тех и других обстоятельствах, хотя распределение их было различно.

3130. Именно то действие, которое производил кубик, когда он находился на месте или же отсутствовал (3129), на силы, действовавшие на неподвижный провод, послужило доказательством различия распределения сил в различные моменты времени.

3131. Кусок висмута, взятый вместо железного кубика, не оказал заметного действия на провод, все равно, был последний неподвижен или же двигался.

3132. Этот гальванометр прежде всего послужил для повторения всех прежних опытов со стержневым магнитом (3091 и др.). Результаты оказались совершенно тождественными, за исключением того, что величина отклонения, когда именно оно являлось результатом опыта, была больше, чем в прежних случаях.

3133. Для того чтобы сравнить различные толщины одного и того же металла, я взял медные проволоки длиной ≈ 10.5 дюй-



Рис. 240.

ма и различных диаметров и, согнув их в петли такой формы и размера, чтобы их можно было легко провести мимо полюса подковообразного магнита, припаял к концам двух проводящих стержней, изготовленных из медного провода диаметром в 0.2 дюйма и длиной в 35 дюймов каждый, которые были прикреплены к противоположным сторонам узкой деревянной планки. Все это устройство можно увидеть на рис. 240. Концы *ab* погружаются в чашки со ртутью у гальванометра; участки *u c* сближены до соприкосновения, и их отделяет друг от друга лишь кусочек картона; таким образом, участки от *c* до *ab* устранены от какого-либо действия; они могут действовать только как проводники, между тем как петля, которая устроена таким образом, что она может пройти мимо одного из магнитных полюсов, пересекает почти всю совокупность магнитных кривых, и притом всегда в одной и той же пропорции.

3134. Прежний магнит оказался слишком сильным для сравнительных опытов; поэтому был взят меньший магнит, состоящий из пяти пластинок; он весит 8 фунтов и способен

легко удерживать на якоре 21 фунт. Полюсы находились на расстоянии 1.2 дюйма друг от друга и имели в направлении магнитной оси толщину в один дюйм. Когда требовалось меньше магнитной силы, то регулировка легко достигалась тем, что якорь прикладывался к обоим коленам сбоку, и в зависимости от того, какая сила требовалась: побольше или поменьше, магнитная связь устраивалась либо ближе к полюсам, либо ближе к экватору или стигу. Опускание петли между полюсами тогда лучше всего регулировалось тем, что подводящие провода должны были в конечном положении дойти до упора.

3135. Было установлено, что действие быстрого и медленного движения — то же, что и раньше (3104, 3105). Скорости, которые можно было сообщить от руки, оказались весьма эффективными и при быстрых движениях давали весьма однообразные результаты.

3136. Я сравнивал друг с другом три различных петли, диаметры которых составляли 0.2, 0.1 и 0.05 дюйма, т. е. относились друг к другу, как 4, 2 и 1; площади их сечения или массы находились, таким образом, между собою в отношении 16, 4 и 1. С каждой из этих петель было сделано десять или двенадцать наблюдений. Результаты оказались очень близкими друг к другу, и средняя для каждой петли, представляющая собою величину отклонения в одну сторону от нуля, составила:

медная проволока толщиной в $1/20$ дюйма	. . 16.00
медная проволока толщиной в $1/10$ дюйма	. . 44.40
медная проволока толщиной в $1/5$ дюйма	. . 57.37

Но хотя более толстые проволоки дали наибольшее действие, результаты оказались, очевидно, не вполне пропорциональными массам проводов: более тонкие проволоки имеют в этом отношении значительное преимущество. С другой стороны, когда четыре меньших провода были сложены рядом, так что получилась единая петля, равная по массе второй петле,

то она дала тот же результат, что и эта петля, оказавшись таким образом равносильной с ней.

3137. Диспропорциональное различие трех этих проводов является, очевидно, следствием относительного различия той части цепи, которая только проводит ток. Для того чтобы точно сравнить влияние силовых линий на провода различных диаметров, движущихся поперек них, эти диаметры следует продолжить до гальванометра и через самый гальванометр (205); в противном случае ток через тонкий провод получает преимущество, которое ему дает проводящая часть, чего ток через толстый провод не имеет. В этом и заключается причина



Рис. 241.

того, что тонкая проволока гальванометра вроде той, какая была описана выше (3086), дает результаты, более схожие для толстых и тонких проволочных петель, или для пучков малого или большого количества проволок. Для того чтобы расширить материал этого сравнения, я припаял к двум парам проводников, размеры которых были описаны выше (3133), два медных цилиндра длиной в 5.5 дюйма каждый, но при этом один был толщиной лишь в 0.2 дюйма, а другой в 0.7 дюйма, т. е. по массе в 12 раз больше первого (рис. 241). Затем я последовательно пропустил их между полюсами магнита, и они дали результаты, весьма близкие к равенству. Если между ними и была какая-нибудь разница, то действие оказалось больше при более тонком цилиндре. Возможно, что так оно и должно быть: так как магнитное поле не было одинаковым по силе, а было наиболее интенсивным на магнитной оси, то ясно, что в то время, как одна часть большого цилиндра была при его прохождении на оси, другие части его находились в местах менее интенсивной силы и меньшего действия, и таким образом

в них мог существовать обратный ток, какого не могло быть в таком же размере в цилиндре, диаметр которого составлял немного больше четверти диаметра первого и который в то же время имел отвод для токов, равный собственному его диаметру, в виде проводящих проволок. Подобное же соотношение масс имеет место в том случае, когда корпус самого магнита, находясь во вращательном движении, достигает не больше того, что дает маленькая радиальная проволока внутри него (3118).

3138. Следует хорошо понять влияние этой побочной проводимости (3137) в случаях магнитоэлектрической проводимости; в противном случае при применении настоящих положений к исследованию часто могут вкратиться ошибки. Их влияние можно показать на следующих примерах. Петля из четырех проволок диаметром в 0.048 дюйма (3136) была проведена мимо полюса магнита и дала определенное действие отклонения или отброса. Когда эти проволоки разделили на две группы по две, так что они находились друг от друга на расстоянии половины или трех четвертей дюйма, и когда, следовательно, при пересечении магнитного поля одна пара проходила раньше другой, то действие стало меньше по причине, изложенной выше в случае медного цилиндра (3137). Когда я пропускал вместе три проволоки, а одну отделял от них на один-два дюйма, то действие падало очень сильно; а когда эту четвертую проволоку я перерезал, чтобы предотвратить возникновение в ней обратного тока, то действие от трех проволок на гальванометре очень сильно возросло и почти достигло действия от четырех проволок, когда их брали вместе.

3139. Была устроена петля из семидесяти шести одинаковых тонких медных проволок, каждая из которых имела длину 10.5 дюйма и диаметр в 0.0125 дюйма, и наблюдалось ее действие по мере того, как вырезывали все большее и большее количество этих проволок. Так как наибольшую ценность представляет сравнение малых количеств проволок, я приведу средние из ряда наблюдений для каждого числа проволок в порядке, обратном тому, в каком они были получены; резуль-

таты с большими количествами проволок я привожу лишь с целью вообще показать, каким образом в данном случае действие переходит в действие с медным цилиндром (3137). Провода гальванометра имели все время одну и ту же длину и толщину.

1 проволока дала средний отброс	8°.3
2 проволоки дали средний отброс	15.3
3 проволоки дали средний отброс	21.8
4 проволоки дали средний отброс	27.9
5 проволок дали средний отброс	34.4
6 проволок дали средний отброс	37.8
8 проволок дали средний отброс	50.1
12 проволок дали средний отброс	65.1
16 проволок дали средний отброс	80.5
26 проволок дали средний отброс	118.5
36 заставляли стрелку сделать почти полный оборот	
46 сильнее, чем в предыдущем случае	
56 заставили стрелку вращаться кругом	
66 несколько сильнее	
76 еще сильнее: стрелка свободно вращалась по кругу.	

Всякий раз, когда стрелка переходила за 180° , я возвращал ее обратно, чтобы сила кручения во всех случаях оставалась одинаковой.

3140. Иногда я пользовался петлей из четырех одинаковых проволок (3136), которая в части, проходившей между полюсами, была устроена таким образом, что провода лежали здесь вплотную рядом в одной плоскости; при этом не наблюдалось никакой разницы в действии, когда эта плоскость была перпендикулярна к магнитной оси и когда она была параллельна ей, т. е. когда проволоки образовали при своем движении ленту, которая шла вперед краем или плоской стороной. Результаты получались те же, что и с четырьмя проволоками, сложенными вплотную, представлявшими собою один почти круглый или квадратный провод.

3141. На основании всех этих результатов можно прийти к следующему заключению; ток или количество электричества, развивающееся в проводе, движущемся среди силовых линий, не находится в простом отношении к тому протяжению провода, которое соответствует направлению силовой линии (оно определяет *полярность* силы), ни к тому измерению (или ширине), которое включает в себе число или *количество* силовых линий и которое, соответствуя направлению движения, связано с *экваториальным состоянием* линий; ток находится в сложном отношении к обоим этим величинам, т. е. он пропорционален массе движущегося провода. Сила действует одинаково хорошо на внутренние части провода и на внешние или поверхностные его части, и центральная частица, окруженная со всех сторон медью, находится совершенно в таком же отношении к силе, как и те частицы, которые, находясь на поверхности, имеют около себя с одной стороны воздух.

3142. Погружая полюсы магнита в различные среды и делая затем сравнительные опыты с той же медной проволочной петлей (3145), я нашел, что величина индукционного тока одинакова в воздухе, воде, алкоголе и терпентинном масле. В промежутках между опытами с жидкостями я повторял опыты в воздухе, чтобы получить вполне согласный в своих отдельных частях и надежный вывод об одинаковости действия во всех этих случаях.

3143. Следующим вопросом, который мне казалось важным исследовать, был вопрос о влиянии *замены вещества* (провода), так как этот вопрос имеет прямое отношение к величине силы, которая проявляется или готова проявиться, внутри твердых тел, на каком-нибудь расстоянии от магнита, в таких положениях и при таких обстоятельствах, при которых совершенно невозможно пользоваться колебаниями магнитной стрелки или другой формой действия сил притяжения и отталкивания. Мне представлялось, что при этом методе внутренняя область таких тел, как железо, медь, висмут,

ртуть и др., включая наиболее парамагнитные и наиболее диамагнитные тела, окажется доступной для экспериментального исследования как с точки зрения количества силовых линий, пронизывающих их при различных обстоятельствах, так и с точки зрения направления этих линий или их полярности.

3144. В одной из ранних серий настоящих Исследований¹ были описаны опыты, относящиеся к данному вопросу (205—213). Я перемещал провода из различных металлов поперек силовых линий магнита и пришел к выводу, что токи, индуцируемые в этих различных телах, пропорциональны их электропроводности (202, 213).

3145. Однако гальванометр с толстым проводом (3123), с его хорошими и короткими соединительными проводами, обещал дать лучшие результаты. Поэтому из проволок различных металлов были изготовлены петли, подобные вышеописанной петле из медной проволоки (3133); все эти проволоки были одинакового диаметра, а именно 0.04 дюйма, что составляло лишь $\frac{1}{25}$ часть вещества соединительного и гальванометрического провода. Были взяты металлы: медь, серебро, железо, олово, свинец, платина, цинк. При указанных выше обстоятельствах менялись вещества, участвующие в возбуждении тока, между тем как подающая часть системы была вполне подходяща и оставалась неизменной. Ниже приведены полученные с этими петлями результаты, представляющие собою средние из результатов отдельных испытаний, число которых составляло от шести до десяти:

Медь	63°0	Железо	18°0
Серебро	61.9	Платина	16.9
Цинк	31.5	Свинец	12.1.
Олово	19.1		

3146. Для того чтобы по возможности избавиться от сопротивления, вызываемого плохой проводимостью, и выявить

¹ Philosophical Transactions, 1832, стр. 179—182.

различие, какое может существовать между парамагнитными и диамагнитными металлами, были выбраны три металла, а именно олово, железо и свинец, в виде проволок с диаметром, как и раньше, в 0.04 дюйма; но длина их с 10.5 была сокращена до 3 дюймов, а остальная часть петли была изготовлена из служившей в качестве проводника медной проволоки диаметром в 0.2 дюйма, как показано на рис. 242. Конечно, действие всей петли является смешанным действием, так как оно отчасти вызывается той силой, которую представляют линии, пересекаемые толстой медной частью, а отчасти силой, которую представляют линии, пересекаемые тремя дюймами специальной проволоки, проходящей между полюсами. Но так



Рис. 242.

как большая часть силы сосредоточена в пространстве, протяжением не более полутора или двух дюймов (как это можно видеть при перемещении одной из петель поперек магнитной оси) и ее можно еще больше сконцентрировать, если воспользоваться железным кубиком (3129) и, таким образом, сблизить полюсы, то имелаась надежда, что основное действие будет именно здесь и что таким образом выявится особое различие, существующее между железом, с одной стороны, и оловом и свинцом, с другой стороны, имея в особенности в виду, что сопротивление проводимости было значительно уменьшено благодаря укорочению проволок от 10.5 до 3 дюймов.

3147. Многочисленные опыты, проведенные с каждым из этих металлов, были по своим результатам очень близки друг к другу. Средние из результатов для трех металлов оказались следующими:

Олово	37.1
Железо	34.8
Свинец	25.4.

Эти соотношения и, следовательно, выводы почти тождественны с теми, которые были получены ранее (3145).

3148. В прежних опытах, проведенных со стержневым магнитом (3084, 3085), сравнивались друг с другом свинец и железо; для опытов служил гальванометр с тонкими проводами — тогда для обоих металлов получился *один и тот же* результат. Но обе проволоки, которыми я тогда пользовался, были короткие и гораздо толще проводов гальванометра и подводящей цепи, вследствие чего возможность проявить свое особое действие была у них сильно ограничена теми условиями масс, которые были описаны выше (3137). Для того чтобы показать, что дело было именно в этом, я теперь при гальванометре с толстыми проводами взял две одинаковые петли из медной и железной проволоки толщиной в 0.2 дюйма (рис. 240) (3133) и проводил их одинаковым образом мимо полюса небольшого подковообразного магнита, ослабленного с помощью якоря (3134). Эти результаты оказались в очень хорошем согласии, и средние из них составили для:

Меди	41.7
Железа	33.7.

3149. Таким образом, в данном случае различие между медью и железом не достигает отношения 1 к 1.24; в том случае, когда проводники, не участвующие в возбуждении тока, были очень хороши и были способны, относительно говоря, перенести к гальванометру почти все действие возбуждения, это различие доходило до отношения 1 к 3.5. В последнем случае разность более чем в десять раз превысила прежнюю.

3150. Для того чтобы еще в большей степени повысить влияние массы по сравнению с влиянием подводящих проводов, я припаял к концам подающих проводов железный цилиндр длиной в 5.5 дюймов с диаметром в 0.7 дюймов, так что он оказался во всех отношениях подобным описанному ранее медному цилиндру (3137). В этом случае действие железа не только возросло до действия меди, но даже его пре-

ваошло; результаты оказались: для меди $35^{\circ}66$, а для железа $38^{\circ}32$. Таким образом, при указанных выше обстоятельствах различие между железом и медью исчезает. Невыгода, обнаруживающаяся для меди, вызывается, вероятно, разрядом с боку, который в прежних опытах настолько ослаблял действие цилиндра, что оно оказалось ниже действия толстой проволоки (3137). Так как железо само по себе является плохим проводником, а его продолжение в цепи состоит из столь же хороших проводников, как в том случае, когда я пользовался им в форме проволоки, то, думаю, в нем должно быть соответственно меньше разрядов с боку, чем в меди.

3151. Для того чтобы произвести сравнение как в отношении особенности вещества, так и в отношении массы, я присоединил к проводникам подобный же цилиндр из висмута. Его действие, при том же магните и силе, дало 23° , очень высокую цифру по сравнению с медью, и ее несомненно следует приписать его массе. Если бы сравнение с ним можно было провести, придав ему форму проволоки с диаметром лишь в 0.04 дюйма (3145), то он, вероятно, оказался бы почти индифферентным (3127).¹

3152. Таким образом, электрический ток, возбуждаемый в различных веществах, движущихся поперек силовых магнитных линий, находится, по-видимому, в прямом отношении к проводимости вещества. Он не имеет, по-видимому, никакой связи с магнитными свойствами тела, так как железо занимает место между оловом и платиной, не обнаруживает никаких

¹ Когда висмут спаивают в цепь, его необходимо раньше, чем пользоваться им для опытов, оставить на долгое время в покое и прикрыть; с петлей же надо обращаться очень осторожно, так как в противном случае образуются термотоки. В течение часа или двух после пайки висмут дает токи, которые на гальванометре дают весьма беспорядочные показания. Эти токи вызываются, по всей вероятности, внутренними молекулярными изменениями, которые возникают от времени до времени, пока все в целом не придет в постоянное состояние равновесия.

особых различий, помимо тех, которые связаны с проводимостью, и отличается от других металлов гораздо меньше, чем они отличаются от других немагнитных металлов.

3153. Следовательно, количество *силовых линий* (и представляемой ими силы) при указанных обстоятельствах, по-видимому, одинаково для олова, железа и платины, когда они занимают и проходят равные пространства, ибо различие в результатах пропорционально не обычному магнитному различию, а лишь проводимости. Это находится в согласии с заключением, к которому мы пришли раньше, что для воздуха, воды, висмута, кислорода, азота или вакуума количество силовых линий одинаково, за исключением лишь того, что они в большей или меньшей мере сгущаются в веществе, через которое проходят (2807) в соответствии с тем, в какой мере это вещество способно проаодить (2797) или передавать магнитную силу.

3154. Заключение, к которому мы только что пришли, приводит нас к вопросу о том, что такое *магнитная полярность* и как ее определить. Я лично полагал бы, что под этим термином следует понимать противоположные и антитетические действия, которые обнаруживаются на противоположных концах или на противоположных сторонах ограниченной (или неограниченной) части силовой линии (2835). Можно вновь сослаться на линию наклонения Земли или на часть ее, как на природный случай полярности, и свободная магнитная стрелка над этой частью или под ней или провод, движущийся поперек нее (3076, 3079), дают направление полярности. Если мы обратимся к совершенно отличному от него и искусственному источнику магнитной полярности, как электромагнитная катушка, то и по отношению к ней можно будет применять то же значение и то же описание.

3155. Если термин *полярность* имеет какой-нибудь смысл, связанный с экспериментальными фактами, а не только с гипотезой, помимо того смысла, который содержится в приведенном выше описании, то мне неизвестно, чтобы он был когда-

нибудь выражен отчетливо и ясно. Возможно, что это и было сделано, так как я не беру на себя риска утверждать, что сохраняю в памяти все прочитанное и даже те заключения, к которым я лично пришел в различное время. Но если этот термин никогда не имел или не должен был иметь иного смысла, тогда возникает вопрос, правильно ли он представляется или выражается в каждом случае с помощью притяжений или отталкиваний, т. е. с помощью подобных взаимодействий между отдельными телами под влиянием магнетизма. Слабый раствор протосульфата железа, будучи окружен водой, устанавливается в магнитном поле аксиально; а когда он окружен более крепким, чем сам он, раствором, то он устанавливается экваториально (2357, 2366, 2422). То же самое имеет место и в случае более крепких растворов. Мы не можем сомневаться в том, что это же оказалось бы верным даже для железа, никели и кобальта, если бы мы могли обратить эти тела в жидкое состояние, не изменяя их парамагнитных свойств, или если бы мы могли управлять магнитами, а также парамагнитными и диамагнитными телами так, чтобы они по желанию становились сильнее или слабее. Но в случае растворов мы не можем исходить из предположения, что более слабый раствор имеет одну полярность в более крепком растворе и другую полярность в воде. Силовые линии магнитного поля имеют во всех случаях одну и ту же общую полярность, и можно экспериментально доказать, что это так, пользуясь движущимся проводом (3076), но не с помощью притяжений и отталкиваний.

3156. Таким образом, мы имеем здесь экспериментальные показания двух *различных* видов; это различие касается не только метода, но и самой природы получающихся результатов, самых принципов, которые привлекаются для их получения. Отсюда, я думаю, проистекает значение движущегося провода как средства исследования, ибо он вводит нас в круг изысканий, которые касаются самой природы магнитной силы. Нет сомнения в том, что магнитная стрелка дает правильные экспериментальные показания, но не столь верно, что мы всегда

их правильно истолковываем. Утверждать, что стремление занять определенное положение является всегда прямым результатом влияния сил притяжения и отталкивания, действующих всегда попарно (как в рассматриваемых случаях или в случае с кристаллами висмута), это значит отказаться в отношении магнетизма от представлений, которые уже получили применение в теориях, касающихся природы света и электричества; а отказ от таких представлений *может оказаться* препятствием для прогресса истины и поощрением ложных допущений и ошибок.

3157. Что такое существо полярности в поле *равной силы* (занятом воздухом или массой мягкого железа)? Если магнитная стрелка или продолговатый кусок железа обнаружат ее в воздухе и вообще где бы то ни было, то они непременно нарушат при этом равномерное распределение силы и сделают его неравномерным, так как с последним именно связано стремление магнитной стрелки или железа принять определенное направление, а также движение их обоих к краям магнитного поля, если последнее ограничено (2828). Кристалл висмута, обнаруживая эту полярность своим положением (2464, 2839), делает это, не изменяя сильно распределения силы, и происходящее при этом изменение направлено противоположно изменению, производимому железом (2807), ибо оно приводит к расхождению силовых линий. Представляется легко возможным, что существует магнекристалл, который, находясь в устойчивом своем положении, не вызывает ни сближения, ни расхождения силовых линий в занимаемом им пространстве. Он должен только быть по отношению к (пустому) пространству или другой окружающей среде нейтральным в этом направлении и диаметрально в поперечном направлении, и тогда указанное выше условие будет выполнено.

3158. Итак, обыкновенная магнитная стрелка не может обнаружить полярности в поле одинаковой силы,¹ так как

¹ Гипотетически легко представить себе стрелку, которая делала бы это.

она не имеет никакого отношения к ней и фактически не знает этого состояния вещей; но движущийся провод обнаруживает ее мгновенно, и притом показывает полную величину магнитной силы, которой принадлежит эта полярность; при этом он не нарушит распределения силы, как мы понимаем или представляем себе распределение, когда думаем о магнитных стрелках. По крайней мере, так именно представляется мне это дело теперь на основании исследования действия тонких и толстых проводов (3141) и проводов из различных веществ (3153).

3159. Как экспериментатор, я считаю для себя обязательным, чтобы опыт указывал мне путь в строе мыслей, которые он может подтвердить; ибо я уверен, что опыт, подобно анализу, должен приводить к строгой истине, если его правильно толковать, и что по самой своей природе он может внушить новый строй мыслей и новые представления о силах природы. Для того чтобы увеличить показания движущегося провода и изменить форму, в которой можно практически осуществлять принцип этого провода, я устроил прибор (рис. 243); он состоит из деревянной оси, один конец которой заканчивается медным винтом, предназначенным для того, чтобы в этом месте можно было поместить и закрепить один или несколько металлических дисков. Этот конец настолько выступал за стойку, что часть этих дисков можно было вводить в промежуток между полюсами подковообразного магнита; при вращении они двигались поперек силовых линий в месте наиболее интенсивного действия последних; магнит и прибор оставались неподвижными, а диски могли вращаться поперек этих силовых линий непрерывно. Один из проводов гальванометра был заострен, и его можно было вводить внутрь полости в виде чашечки, устроен-

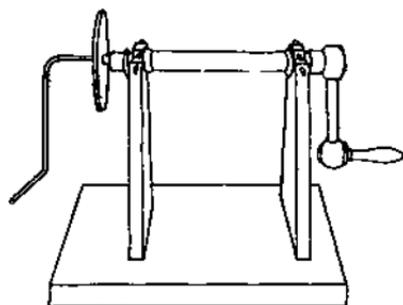


Рис. 243.

ной в конце осевого винта. Другой провод я прикладывал вручную и устанавливал так, чтобы он закругленной частью упирался в край диска в точке, наиболее удаленной от полюсов магнита.

3160. Для этого прибора были изготовлены различной толщины и из различных материалов металлические диски, каждый диаметром в 2.5 дюйма. Когда на оси был привинчен медный диск и я приладил его к большому подковообразному магниту (3159), как это было описано выше, то три и даже два оборота диска отклоняли стрелку гальванометра с толстым проводом на 30° . Возьмем ту часть диска, которая в тот или другой момент проходит поперек магнитной оси и будем искать в ней наиболее эффективное место; оно, конечно, будет лежать вблизи периферии диска, так как там оно обладает наибольшей скоростью и, следовательно, проходит большее пространство, и притом в таком месте, где силовые линии сильнее всего сгущены.

3161. Необходимо постоянно и внимательно следить за контактом на краю шкива и поддерживать его в хорошем состоянии. Нажим на край диска не должен быть слишком слаб: в противном случае контакт в условиях движения оказывается недостаточным, и доля возникающего тока, которую он передает дальше, не будет постоянна. Его не следует также устраивать на углах диска, так как если трение сопровождается царапаньем или резаньем, оно дает начало току. При плавном сильном трении медной проволоки о медный диск возникающий ток очень мал. Когда медная проволока прижимается к краю железного диска, получающийся ток гораздо больше. Впрочем, это действие всегда можно исключить или компенсировать; ибо в каком бы направлении диск ни вращался *без* магнита, отклонение магнитной стрелки, если оно вообще происходит, остается одинаковым; а если магнит находится на своем месте, то вызываемые им отклонения получают противоположное направление при изменении направления вращения. Следовательно, если сделать одинаковое количество оборотов в обоих направле-

ниях и заметить неравные отклонения стрелки при противоположных направлениях вращения, то их полусумма даст почти точно величину того отклонения, какое имело бы место, если бы трение о край диска не вызывало никакого тока, если только углы отклонения не очень велики. Эти действия трения несомненно могут дать повод к возражениям против принципа в рассматриваемой форме; тем не менее результаты, как мне кажется, являются ценными в отношении меди и железа; они заключаются в следующем.

3162. Медный диск толщиной в 0.05 дюйма дал при двух оборотах отклонение, которое, будучи средним из ряда опытов, оказалось $=20^{\circ}8$. Второй медный диск толщиной в 0.1 дюйма дал среднее отклонение в $27^{\circ}8$. Третий медный диск толщиной в 0.2 дюйма дал отклонение в $26^{\circ}5$. Таким образом, в данном случае я не только дошел до толщины (при указанных выше условиях контакта) максимума эффекта, но даже ее превзошел (3137). После этого я поместил на оси железный диск толщиной в 0.05 дюйма, и он дал средний результат в виде отклонения в $15^{\circ}4$. Другой железный диск в четыре раза толще (т. е. 0.2 д.) дал отклонение лишь в 14° . Таким образом и здесь, как и раньше, была превзойдена толщина, соответствующая максимальному эффекту.

3163. Затем на оси были укреплены два диска из меди и железа толщиной в 0.2 дюйма каждый; в отдельности они вызывали ранее соответственно отклонения в $26^{\circ}5$ и 14° ; при этом, дабы предотвратить соприкосновение их масс, я отделил их друг от друга посредством бумажного круга, хотя, конечно, оба они находились в контакте с медной осью в центре движения, благодаря чему электрическое соединение их было обеспечено. Устанавливая их между полюсами магнита, я расположил железный диск посередине между магнитами и, таким образом, медный диск оказался немного сдвинутым в одну сторону. Когда в цепь был введен медный диск, то при двух оборотах он дал среднее отклонение в $23^{\circ}4$. А когда в цепи был железный диск, то произведенное им отклонение составило

11991. Таким образом, теперь соотношения оказались почти одинаковыми и в том случае, когда оба диска одновременно подвергались действию магнитной силы, и когда их испытывали каждый в отдельности. Оба они показали некоторое уменьшение, но не такое, чтобы это давало основание думать, что железо оказало какое-либо особое влияние в смысле изменения силовых линий проходящих в магнитном поле, или вообще как-либо на них воздействовало. Действие, имевшее здесь место, было, по-видимому, связано с действием находившихся рядом масс проводящего вещества.

3164. Если направление электрического тока, индуцируемого магнитными силами в движущемся металле, считать правильным показанием полярности, — а, мне думается, нельзя отрицать того, что оно отмечает ту особенность силы, которую должен выражать термин полярность, и неизменно связано с этой особенностью, — то приведенные выше результаты показывают, что полярность силовых линий в железе тождественна с их полярностью в меди, когда оба эти металла одинаковым образом подвергаются магнитной силе. Если присоединить к этому прежние и новые результаты, полученные с *висмутом* (2431, 3151, 3168), и многочисленные другие явления, то такое же заключение можно сделать о силовых линиях в этом веществе, так как явления, поскольку это касается возникновения в нем тока, оказываются тождественными. Таким образом, к данным мною ранее доказательствам прибавляется еще одно, свидетельствующее о том, что поляризация висмута происходит не в направлении, противоположном направлению в железе или магните (2429, 2640). Если принять во внимание явления, которые представляют относительные действия парамагнитных и диамагнитных веществ, то то же самое заключение можно сделать относительно всех тел и относительно также (пустого) пространства (2787 и др.).

3165. Что железный диск влияет на распределение силовых линий, это, без сомнения, верно, и легко увидеть, в какой мере это происходит, если небольшую магнитную стрелку,

около 0.1 или 0.05 дюйма длиной, укрепить, как на оси, поперек в середине натянутой нити и затем ввести ее в магнитное поле вблизи края неподвижного диска. Тогда будет видно (3071, 3076), как силовые линии собираются на железе, у края и вблизи последнего, но только на очень небольшом расстоянии от него со всех сторон: получается то действие, которое я считаю свойственным парамагнитному телу (2807). В остальных местах силовые линии идут по силовому полю — там, где железо есть, совершенно так, как и там, где его нет, и для меня является доказанным фактом, установленным на основании многочисленных опытов, что сечение силовых линий поперек магнитного поля в воздухе вплотную вблизи железа в точности равно по количеству силы сечению, взятому параллельно железному диску и внутри последнего (3163). Все железо, находящееся под действием индукции, должно содержать внутри столько силы, т. е. силовых линий, сколько будет эквивалентно линиям, которые падают на него, проходят по нему и выходят из него; и то же самое, как мне кажется, справедливо для каждого другого парамагнитного или диамагнитного вещества. Это же справедливо и для самого магнита, ибо было показано, что сечение поперек магнита в точности равно сечению где-нибудь поперек внешних силовых линий (3121) и что эти сечения можно брать на поверхности магнита, где их можно считать находящимися безразлично в воздухе или в магните и, следовательно, тождественными по величине, форме, силе, полярности и в любом другом отношении.

3166. Раньше как-то я употреблял выражение *проводимость полярности* (2818, 2835), но так ограничил его значение, что это ни тогда, ни теперь не может ввести в заблуждение насчет смысла, который я ему придал. Не требуется слов, чтобы показать, как оно охватывается более широким и общим выражением направления или полярности силовых линий.

3167. Были получены и другие результаты с дисковым прибором (3159), которые, быть может, будет полезно здесь опи-

сать. Был устроен диск из *олова* толщиной в 0.1 дюйма, с диаметром в 2.5 дюйма. Трение медного провода о край этого диска производило слабый ток, противоположный тому, какой получался в случаях меди и железа (3161); но ток, создававшийся вращением и связанный с полярностью силовых линий, был таков же, что и прежде. Он давал отклонение в $14^{\circ}9'$ при двух оборотах диска.

3168. Диск из *висмута* давал чрезвычайно сильный ток от трения о медный провод, а потому при нашей простой установке нельзя было получить какой-нибудь результат. Поэтому было сделано кольцо из листовой меди, плотно насажено на диск из висмута и крепко заклинено полосами чистой листовой меди, так что получился чистый контакт между твердыми телами; без сомнения, он не был совершенным, но действовал в стольких точках, сколько можно было осуществить при данных обстоятельствах. Когда я вращал этот диск в одном направлении, он давал отклонение в том же направлении, как когда мы пользовались медным или железным диском; когда он вращался в другую сторону, то отклонение было незначительно или же его не было совсем. Это различие вызывается тем обстоятельством, что в одном случае влияние действия вращения и влияние действия трения складываются, а в другом случае они друг другу противодействуют. Но эти результаты показывают, что когда висмут находится между магнитными полюсами, то силовые линии имеют в висмуте то же самое направление, какое они имеют в меди и железе. Индукционный ток слаб как вследствие плохой проводимости висмута, так и вследствие несовершенства контакта на краю диска. Когда тот же медный ободок был надет на медный диск, то он уменьшил отклонение стрелки с $26^{\circ}5'$ до $9^{\circ}34'$.

3169. Для того чтобы наглядно показать влияние тех частей диска, которые не находятся в месте наибольшего действия, но отводят назад токи, создаваемые радиальными частями в месте наибольшего действия, я устроил деревянный диск толщиной в 0.2 дюйма и диаметром в 2.5 дюйма, центр

которого для укрепления и электрической связи был медный; на внешнем крае было медное кольцо толщиной не более $\frac{1}{20}$ части дюйма. Эти две медные части были соединены друг с другом единственным радиусом из медной проволоки толщиной в 0.056 дюйма, который при вращении диска, разумеется, проносился через магнитное поле поперек последнего. Он дал отклонение в 14° . Медный диск толщиной в 0.05 дюйма дал среднее отклонение только в 28° . Хотя часть тока должно дать вещество медного кольца, окружающего дерево, однако главная часть его обязана своим происхождением медному радиусу, который в эффективной своей части у края диска (3160) составляет не более $\frac{1}{140}$ части полного медного диска; это показывает, как много электричества, вводимого здесь в движение магнитной силой, должно возвращаться назад по коротким цепям в других частях диска.

3170. Дискový прибор хорошо показывает зависимость индуцированного тока от *пересечения* силовых линий (3082, 3113). Когда диск был установлен таким образом, что он краем обращен к магнитным полюсам, находится в плоскости магнитной оси и стоит *параллельно* проходящим возле него силовым линиям, то никаким вращением этого диска при самом сильном магните на гальванометре не получалось ни малейших признаков тока.

3171. Отношение индукционного тока к электропроводности вещества у металлов (3152) приводит к предположению, что при других телах, как вода, воск, стекло и пр., он отсутствует исключительно вследствие того, что эти тела обладают весьма недостаточной проводимостью. Я полагал, что процессы, подобные тем, какими мы пользовались в опытах с металлами, могут вызвать некоторые признаки статического электричества (181, 192) в таких непроводниках, как шеллак, сера и др., и провел в этом направлении ряд опытов в сильном магнитном поле, но не получил ясных результатов.

3172. Все описанные выше результаты были получены с движущимися металлами. Но движение само по себе не создало бы зависимости, если бы для нее не были заложены основы в наличии некоторого предшествующего состояния; поэтому и неподвижные металлы должны уже быть как-то связаны с активным центром силы; связь эта не должна обязательно определяться в какой-либо мере их парамагнитным или диамагнитным состоянием, так как в металле, стоящем в этом отношении на нуле, электрический ток мог бы возникнуть с таким же успехом, как в других металлах. Эта связь — не того рода, как притяжения и отталкивания металлов и, следовательно, не является магнитной в обычном смысле этого слова, а соответствует какой-то другой функции силы. Железо, медь и висмут в отношении магнетизма весьма отличны друг от друга, но когда они движутся поперек силовых линий, они дают один и тот же общий результат, который видоизменяется только электропроводностью.

3173. Если в дальнейшем такое состояние подтвердится на опыте и если вновь оживет и будет обосновано представление об электротоническом состоянии (60, 242, 1114, 1661, 1729), тогда такие тела, как вода, масло, смола и др., будут, вероятно, отнесены к этому состоянию; ибо состояние непроводимости, которое предотвращает возникновение в них токов, не противоречит существованию такого состояния, которое предшествует действию движения. Кусок меди, в котором не может быть тока, так как он не составляет части цепи (3087), и кусок шеллака, в котором не может быть тока, так как он является непроводником электричества, могут иметь свои особые, но аналогичные состояния, когда они движутся в поле магнитной силы.

3174. Заканчивая настоящее сообщение, я не могу воздержаться от того, чтобы не высказать вновь свое убеждение в правильности того представления, которое дает идея силовых линий в отношении магнитного действия. Все то, что было установлено экспериментальным путем относительно этого действия,

т. е. все то, что не является гипотетическим, по-видимому, хорошо и правильно выражается этой идеей. Каждая гипотеза, которой мы пользуемся для представления магнитной силы, должна в конечном счете включить и электрические силы, так как эти две силы настолько связаны друг с другом, что для них обеих должны служить одни и те же выражения. В этом отношении представление о силовых линиях имеет, по моему, преимущество перед тем методом, который выражает магнитные силы посредством центров действия. Так, например, в прямом проводе, по которому проходит электрический ток, очевидно, невозможно представить электрические силы с помощью центров действия, между тем как силовые линии представляют их просто и правильно. Изучение этих линий нередко наталкивало меня на различные выводы, что, полагаю, доказывает их полезность, а равно и плодотворность. Примерами этого являются: закон магнитоэлектрической индукции (114), индукционное действие земли (149, 161, 171), отношение между магнетизмом и светом (2146 и выноска), диамагнитное действие и его закон (2243) и магнекристаллическое действие (2454). Подобное же влияние, по моему мнению, можно далее усмотреть в исследованиях о полярности диамагнитных тел (2640), об отношении между магнитными кривыми и возникновением электрических токов (243), в объяснении явления Араго (81) и различия между этим явлением и обычным магнетизмом (243, 245), отношения между электрическими и магнитными силами (1709), в возарениях, касающихся магнитной проводимости (2797) и атмосферного магнетизма (2847). По правде сказать, я так привык пользоваться ими, в особенности в моих последних «Исследованиях», что, быть может, невольно получил к ним предрасположение и перестал быть прозорливым судьей. Однако я всегда старался проверить теорию и мнение опытом. Но ни этим путем, ни путем внимательной перекрестной принципиальной проверки я не мог обнаружить какую-либо ошибку, заключенную в самом применении метода силовых линий.

3175. Когда я писал настоящее сообщение, мне вспомнилось, что в последних сериях настоящих «Исследований», в №№ XXV, XXVI, XXVII, я временами пользовался термином *силовые линии* в столь неопределенном смысле, что оставлял читателя в недоумении, что я собственно имею в виду: одно лишь наглядное представление этих сил или же описание того пути, вдоль которого всегда проявляется эта сила. То, что я сказал в начале настоящего сообщения (3075), внесет в это дело ясность. До сих пор я не нашел никакого основания для того, чтобы пожелать изменить какую-нибудь часть этих сообщений, за исключением вышеуказанных неопределенных выражений. Но все это будет исправлено, если условиться, что во всех случаях, когда выражение *силовая линия* взято просто для того, чтобы представить распределение сил, оно в полной мере соответствует этому значению; но во всех тех случаях, когда оно, по-видимому, выражает идею о *физической форме* передачи силы, то в этом отношении оно выражает то мнение, к которому я склоняюсь в настоящее время. Это мнение может оказаться ошибочным, но до сих пор все, что относится к распределению силы, остается без изменения.

3176. Ценность движущейся проволоки или проводника как средства испытания магнитных сил представляется мне очень высокой, так как она подходит к физической стороне этого вопроса совершенно иначе, чем магнитная стрелка. Она не только дает свои показания на основе другого принципа и другим способом, но при взаимодействии между ней и источником силы она действует на силу иначе, чем магнитная стрелка. Проволока, находясь в покое, не нарушает в заметной мере расположения сил в магнитном поле; стрелка, находясь в магнитном поле, его возмущает. Когда проволока движется, то она не возмущает заметным образом сил, существующих вне ее, разве только, может быть, в больших массах, например, в дисках (3163) или же когда играет роль время (1730), т. е. она не возмущает распределения всей силы или расположения силовых линий. Поле постоянной магнитной силы остается

таковым по отношению ко всему, за исключением движущегося провода в то время, когда провод движется поперек или через него. Движущийся провод указывает также количество силы независимо от напряжения (2870); он показывает, что ее количество внутри магнита и вне последнего одинаково, хотя напряжение здесь и там весьма различно. В дополнение к указанным выше преимуществам этот принцип годится и для внутренности магнита и для парамагнитных и диамагнитных тел, так что он допускает более широкое применение, чем магнитная стрелка, и дает, следовательно, экспериментальные показания такого вида, каких иным путем нельзя получить.

*Королевский институт.
9 октября 1851 г.*

ДВАДЦАТЬ ДЕВЯТАЯ СЕРИЯ ¹

Раздел 35. О применении индукционного магнитоэлектрического тока для обнаружения и измерения магнитной силы. Глава I. Гальванометр. Глава II. Вращающиеся прямоугольники и кольца.

Раздел 36. О величине и общем распределении сил магнита при соединении его с другими магнитами.

Раздел 37. Изображение магнитных силовых линий с помощью железных опилок.

Поступило 31 декабря 1851 г. Доложено 25 марта и 1 апреля 1852 г.

РАЗДЕЛ 35

О применении индукционного магнитоэлектрического тока для обнаружения и измерения магнитной силы

3177. Выдвинутое мною предложение о пользовании индукционным магнитоэлектрическим током для получения экспериментальных показаний о наличии, направлении и величине магнитных сил (3074). требует; чтобы я ясно изложил также принципы и практику, необходимые для этой цели, и в особенности чтобы я доказал, что величина индуцируемого тока в точности пропорциональна количеству магнитных силовых линий, пересекаемых движущимся проводом, в котором возникает и проявляется электрический ток (3082, 3109). Я полагаю, что данного раньше доказательства достаточно для тех, кто в состоянии повторить эти опыты; но для того, чтобы умножить

¹ Philosophical Transactions, 1852, стр. 137.

доказательства, как это, конечно, и следует делать, когда впервые вносят подобного рода предложения, я перешел к опытам с магнитной силой Земли, дающей нам поле действия, которое не изменяется по своей силе с изменением расстояния так быстро, как в случае небольших магнитов, и которое в каждом данном месте можно считать однородным по силе и направлению. Ведь если какое-нибудь помещение очистить от всех обыкновенных магнитов, то земные магнитные силовые линии, проходящие через это помещение, будут иметь одинаковое направление, которое будет направлением наклона, в чем можно убедиться с помощью свободной магнитной стрелки или иными средствами, и в любой части помещения они будут находиться в одинаковой пропорции или количестве, т. е. будут иметь одинаковую силу. Но когда сила повсюду одинакова, можно, по всей вероятности, гораздо легче и непосредственнее определить ее отношение к току, развивающемуся в движущемся проводе, чем в том случае, когда при пользовании небольшим магнитом величина силы с изменением расстояния очень быстро изменяется.

Г Л А В А I

Гальванометр

3178. Для того чтобы изложить теперь полученные мною результаты, я должен упомянуть о служившем для этой цели гальванометре и о мерах предосторожности, которых следует придерживаться для правильной работы с ним. Этот прибор в основном уже был описан (3123) и был показан вид проводника, окружающего магнитные стрелки. Проводник этот можно рассматривать как квадратный медный стержень толщиной в 0.2 дюйма, который дважды огибает плоскость колебаний каждой из стрелок, образующих астатическую систему, затем выходит наружу и заканчивается двумя идущими вниз частями, которые предназначены для того, чтобы быть погруженными в чашки со ртутью. Так как обе стрелки находятся

внутри витков этого стержня, то параллельно им и выше их на той же оси укреплена, в виде указателя, щетинка или тонкая медная проволочка; она, двигаясь над обычным кругом с делениями, показывает место и размер колебания или отброса магнитных стрелок вниз. Стрелки подвешены на коконовой нити, а в других отношениях этот прибор подобен обыкновенному хорошему гальванометру.

3179. Чрезвычайно важно, чтобы медный стержень возле стрелки был совершенно чист. В соответствии с конструкцией прибора вертикальная нулевая плоскость должна проходить посередине между двумя вертикальными витками стержня (рис. 244). Вместо этого на первых порах стрелка устремлялась то к одной стороне, то к другой, явно притягиваясь к вертикальным участкам стержня. Сначала я опасался, что медь магнитна, но, тщательно очистив ее поверхность тонкой шкуркой, я совершенно устранил указанное явление, которое без сомнения вызывалось железом, попавшим на медь благодаря прикосновению рук или во время обработки напильком; после этого стрелка действительно стала устанавливаться в плоскости, равноотстоящей от обоих витков, когда эта плоскость совпала с магнитным меридианом.

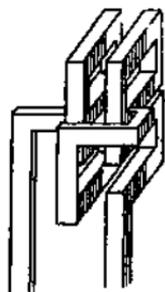


Рис. 244.

3180. Все соединения для этого гальванометра (3123, 3133) были изготовлены из медного стержня или из проволоки 0.2 дюйма в диаметре. Однако и при столь толстых проволоках длина проводов не должна быть больше, чем это необходимо, так как удлинение проводов от 6 футов до 8, 10 или 12 футов вызывает большую разницу на гальванометре, когда приходится измерять алектрические токи малого напряжения. В таких случаях особенно хорошо выясняется, как к получающимся результатам применяется закон Ома (Ohm) о токах. Когда соединения простирались на значительное расстояние, то прямые части проводов снабжались загнутыми вниз концами,

и последние, будучи опущены в чашки со ртутью, завершали связь и замыкали цепь. Чашками служили углубления, выточенные в плоских кусках дерева. Концы соединительных проводов и гальванометрического бруска были сначала полужены, а затем амальгамированы; после этого их контакт со ртутью происходил легко и надежно. Даже в тех случаях, когда приходилось устраивать связь в виде контакта между твердыми телами, я нашел очень удобным и надежным лудить и амальгамировать концы проводов, стирая затем лишнюю ртуть. Обработанные указанным образом поверхности всегда готовы для хорошего и совершенного контакта.

3181. Когда магнитная стрелка занимает свое положение под влиянием Земли и витки меди установлены по ней, то стрелка должна стоять на истинном нуле; по-видимому, это так и происходит. Когда это действительно так и мы приложим сначала с одной, а потом с другой стороны стрелки одинаковые силы (например, пропуская через витки противоположные токи), то стрелка должна отклоняться *одинаково* в ту и в другую стороны; так это и происходит на самом деле. Иногда кажется, что стрелка стоит на нуле, но она находится не в точности на магнитном меридиане; ибо небольшое кручение нити подвеса, когда оно составляет лишь 10° или 15° (для безразличной стрелки) и является совершенно незаметным для глаза, смотрящего на магнитную стрелку, отклоняет последнюю, и тогда сила, которая противодействует отбросу стрелки и которая ее задерживает и возвращает к нулю (эта сила создается и кручением и магнитной силой Земли), становится неодинаковой с двух сторон, в результате чего величина отброса в двух направлениях оказывается неодинаковой при одинаковых силах; на одной стороне она больше, а на другой — меньше.

3182. Я не видел еще до сих пор гальванометра, в котором имелось бы приспособление для кручения нити подвеса. Могут существовать и другие причины, которые могут сделать в небольшой степени неравными силы по ту и другую сторону от нулевого положения прибора, например, присутствие вблизи

помещения или в его стенах или в других местах неизвестных масс железа. В силу этих соображений лучше производить *двойные наблюдения*. Все явления, с которыми вам придется иметь дело, дают действия в двух противоположных направлениях. Когда петля проходит мимо магнитного полюса (3133), то она вызывает отброс в одном направлении; когда ее уводят, происходит отброс в противоположном направлении. Когда прямоугольники и кольца, которые будут описаны ниже (3192), вращают в одном направлении, то они дают один ток, а когда их вращают в противоположном направлении, то получается другой ток, противоположного направления. Поэтому при измерении силы полюса или действия вращающегося провода, пересекающего (силовые линии), я всегда производил ряд наблюдений в обоих направлениях — либо по очереди то в одном, то в другом, либо — без особого порядка; затем я определял средние из наблюдений на одной стороне и на другой (которые в различных случаях отличались друг от друга от $1/50$ до $1/300$ части) и затем считал, что полусумма этих средних выражает силу индуцируемого электрического тока или магнитных сил, которые его индуцируют.

3183. Необходимо уделять большое внимание положению инструмента и связанных с ним приборов относительно огня или источников образования различных температур: части его, способные создать термоэлектрические токи, не должны нагреваться или охлаждаться в различной степени. Прибор чрезвычайно чувствителен к термоэлектрическим токам: луч солнца, случайно на несколько мгновений упавший на одну из двух соединительных чашек со ртутью, производил путаницу в показаниях и делал их на некоторое время непригодными.

3184. Для того чтобы определить практически, т. е. экспериментальным путем относительную цену делений в различных участках шкалы, т. е. чтобы проградуировать прибор и сделать его пригодным для измерения, были произведены следующие испытания. Петля, подобная той, какая была описана выше (3133) (рис. 245), была присоединена к гальванометру

с помощью проводов, которые отделяли ее на 9 футов от этого прибора, и затем на этом месте была установлена неподвижно. Был взят составной стержневой магнит, состоявший из двух пластин, каждая в 12 дюймов длиной, 1 дюйм шириной и 0.5 дюйма толщиной, такой силы, что он был в состоянии на каждом конце держать на весу пучок чистых железных опилок, весом в среднем в 45 гран. У петли были расположены блоки, с помощью которых и можно было, держа магнит вертикально, одним концом опустить его вниз сквозь петлю настолько, что петля оказывалась на одном уровне с экватором магнита



Рис. 245.

(3191); после этого его можно было быстро оттуда удалить и затем повторить эту операцию сколько угодно раз. Когда магнит указанным образом перемещался, а соединение петли с гальванометром было прервано в это время (в одной из чашек со ртутью), то не замечалось никакого изменения в положении магнитных стрелок: непосредственное влияние магнита на упомянутом выше расстоянии в 9 футов оказалось слишком мало для того, чтобы произвести такое действие.

3185. Следует отчетливо представить себе, что при всех наблюдениях, которые производились с этим прибором, наблюдался *отброс*, и именно он рассматривался как мера получающегося действия, если не сделано особых указаний. Постоянный ток дает в приборе постоянное и длительное отклонение, но не так обстоит дело в данном случае. Наблюдающиеся здесь токи длятся лишь короткие промежутки времени и сообщают магнитной стрелке как бы удар или толчок, под влиянием которого отклонение стрелки продолжает увеличиваться в течение длительного времени после прекращения тока. Тем не менее величина отброса зависит от того электричества, которое прошло при этом кратковременном токе, и как

показывают, по-видимому, опыты, он просто ему пропорционален независимо от того, в какой промежуток времени проходит это электричество: более долгий или более короткий (3104), и независимо от того, как сила тока изменяется за этот срок, в течение которого он длится.

3186. Составной магнит вводился в петлю один раз и оставался там; при этом наблюдался отброс гальванометра; было найдено, что отброс равен 16° . После этого стрелка гальванометра была отведена к нулю и магнитный стержень был вынут, что вызвало обратный ток и отброс в обратную сторону; последний составил тоже 16° . Многочисленные перемены направления магнита — такие, какие были описаны выше, — дали 16° как средний результат, т. е. результат однократного пересечения силовых линий данного магнита (3102). Для того чтобы понять, каким образом можно было сложить действие двух или большего числа пересечения этих силовых линий, следует вспомнить, что отброс стрелки справа налево требует некоторого времени (13 секунд); таким образом, можно ввести магнит внутрь петли, ватем прервать электрический ток, вынув один конец соединительного провода из ртути, удалить магнит, который при этом движении никакого действия не произведет, восстановить ртутный контакт и снова ввести магнит в петлю — и на все уйдет меньше, чем десятая часть того времени, в течение которого магнитные стрелки будут двигаться под влиянием первого импульса. Таким образом, можно сложить два импульса и наблюдать соединенное их действие на стрелку; а при некотором навыке можно, конечно, в течение должного времени, т. е. в течение половины или двух третей периода полного отброса, сообщить три и даже четыре импульса; но, разумеется, последние импульсы окажут меньшее влияние на стрелки, так как стрелки будут более или менее наклонны по отношению к току в медных витках в тот момент, как эти импульсы будут сообщаться. Что касается токов, индуцируемых магнитом в петле, то не может быть никакого сомнения в том, что они будут одинаковыми при каждом вводе одного и того же магнита.

3187. Идя указанным путем, я получил следующие результаты для одного, двух, трех и даже четырех вводов того же магнита:

Однократный ввод	15°	Трехкратный ввод	46°87
Двукратный ввод	31.25	Четырехкратный ввод	58.50.

Здесь не может ускользнуть от внимания близость (отношения этих чисел к 1, 2, 3, 4; ¹ нужно заметить, что при наблюдении места стрелки в конце отброса, где она задерживается лишь на мгновение, должна вкратце некоторая ошибка, и эта ошибка должна быть больше в первом числе, где она приходится на единицу сравнения, и меньше при других наблюдениях, где лишь половина или треть ее прибавляется к половине или трети всего результата. Так, например, если мы разделим пополам дугу для двукратного ввода полюса, это даст 15°625; если мы возьмем треть дуги при трех вводах, это даст 15°61 — числа, которые почти тождественны, так что если первое число увеличить лишь на 0°6, то соотношение этих чисел будет соответствовать 1, 2 и 3. Почему четвертое число, составляющее 14°625, меньше указанного выше числа, объясняется, быть может, указанным ранее обстоятельством, а именно — наклонным положением стрелки по отношению к виткам в момент сообщения импульса (3186).

3188. Для того чтобы до известной степени избежать подобных случаев и сравнивать деления в начале шкалы (эти начальные

¹ См. выноску к (3189).

$\sin \frac{15^\circ}{2} =$	$= \sin 7^\circ 30' = 0.130526$	0.130526
$\sin \frac{31^\circ 25}{2} = \sin 15^\circ 625 = \sin 15^\circ 37.5 = 0.269200$	$\frac{0.269200}{2} = 0.134600$	
$\sin \frac{46^\circ 87}{2} = \sin 23^\circ 435 = \sin 23^\circ 26.1 = 0.397681$	$\frac{0.397681}{3} = 0.1328606$	
$\sin \frac{58^\circ 50}{2} = \sin 29^\circ 25 = \sin 27^\circ 15' = 0.4686212$	$\frac{0.4686212}{4} = 0.1221553$	

деления наиболее важны для сравнения при предстоящих опытах), я ваял лишь один из стержней служившего ранее для опытов составного магнита (3184). Результаты получились следующие:

Однократный ввод	8°	Трехкратный ввод	23°87
Двукратный ввод	15.75	Четырехкратный ввод	31.66.

Отношение этих чисел очень близко к 1, 2, 3 и 4. Если, как и раньше, мы произведем деление, то будем иметь 8°, 7.87, 7°95, 7°91; таким образом, если в первом наблюдении, т. е. из 8°, мы вычтем лишь 0°09, то получится указанный простой результат.¹

3189. Отсюда следует, что при рассматриваемом способе применения и измерения магнитных сил число градусов отклонения при отбросе для малых дуг почти пропорционально магнитной силе, действующей на движущийся провод.²

$\sin \frac{8^\circ}{2} = \sin 4^\circ$	$= 0.0697565$	0.0697565
$\sin \frac{15.75}{2} = \sin 7^\circ 45'$	$= \sin 7^\circ 52.5' = 0.1370123$	$\frac{0.1370123}{2} = 0.068561$
$\sin \frac{23.87}{2} = \sin 11^\circ 53.5'$	$= \sin 11^\circ 56.1' = 0.2068019$	$\frac{0.2068019}{3} = 0.0689340$
$\sin \frac{31.66}{2} = \sin 15^\circ 53'$	$= \sin 15^\circ 49.8' = 0.2727840$	$\frac{0.2727840}{4} = 0.0681960$

¹ М-р Кристи обратил мое внимание на свою работу в *Philosophical Transactions*, 1833, стр. 95, в которой на стр. 111 и сл. он исследовал действие магнитоэлектрических импульсов, как их можно назвать, в смысле отброса магнитной стрелки. Он нашел, что сообщаемая стрелке скорость, которая является мерой силы, действующей на стрелку в момент прихода ее в движение, пропорциональна синусу половины дуги отброса. Таким образом, мое утверждение, если считать его общим выражением этого влияния, неправильно; однако для небольших дуг результаты, которые оно дает, мало отличаются от истинных. Эта погрешность не колеблет общих соображений и выводов настоящей работы; приведенные в ней числа являются результатом опытов, которые, хотя и были произведены с первым и, следовательно, грубым прибором, но были выполнены все-таки с большим тщанием; эти результаты выражены просто торох отклонения, а потому я предпочитаю, чтобы они появились в таком виде, как они есть, а не в измененном виде. М-р Кристи был столь любез-

3190. Я нашел, что сила магнитных стрелок очень постоянна на протяжении дней и недель. При известном внимании можно легко обеспечить постоянство их состояния в течение дня, а это все, что требуется для опытов, имеющих своей целью сравнительные измерения. Стрелки, которыми я пользуюсь, весят вместе со своей осью и проволочным указателем 9 гран; находясь вне медной катушки, они выполняют одно колебание туда и назад за 26 секунд.

3191. С этим прибором, который был указанным образом проверен, я повторил большую часть описанных ранее опытов с петлями (3133 и др.) и получил те же результаты, что и раньше. Было также установлено, что экватор правильного стержневого магнита является тем местом, у которого петлю следует останавливать, чтобы она дала максимум действия, и что когда она немного не доходит до этого места или же уходит несколько дальше него, то окончательный результат уменьшается. При применении магнита длиною в 12 дюймов, когда петля прошла

2.3 дюйма за полюс, отклонение было	5.91;
4.1 дюйма за полюс, отклонение было	7.50;
5.1 дюйма за полюс, отклонение было	7.74;
6.1 дюйма за полюс, отклонение было	8.16;
8.0 дюйма за полюс, отклонение было	7.75;
9.0 дюйма за полюс, отклонение было	6.50.

ГЛАВА II

Вращающиеся прямоугольники и кольца¹

3192. Для опытов с магнитными силами Земли (3177) я придавал движущимся проводам форму прямоугольника или кольца. Если прямоугольный провод (рис. 246) поместить звен, что дал мне правильное выражение силы для многих случаев, и я поместил его результаты в соответствующих местах в виде выносок. — 26 янв. 1852 г.

¹ Один из моих друзей обратил мое внимание на то, что в июле 1832 г. Нобили (Nobili) производил опыты с кольцами или катушками, находившимися под влиянием земного магнетизма. Эти опыты были им произ-

в плоскости, перпендикулярной к направлению наклонения, и затем один раз повернуть около оси ab , то участки cd и ef дважды пересекут магнитные силовые линии, проходящие через площадь $cedf$. На протяжении первых 180° вращения противоположное направление, в котором два участка cd и ef пересекают эти линии, согласно приведет к тому, что в этих участках возникнет ток, который будет стремиться идти по прямоугольнику в определенном направлении (161); на протяжении следующих 180° вращения их действия сложатся так,

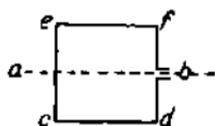


Рис. 246.

что дадут ток противоположного направления, так что если первый ток будет идти из d через ce и f снова к d , то второй ток будет идти из d через fe и c к d . Если прямоугольник не будет замкнут, а будет иметь разрыв в b , и если образовавшиеся здесь концы присоединить к коммутатору, который меняет

соединение с прямоугольником, когда последний вступает в плоскость, перпендикулярную к наклонению, т. е. через каждые пол-оборота, то эти последовательно возникающие токи можно собрать и направить в гальванометр для измерения. На участки ce и df прямоугольника можно смотреть просто как на проводники, ибо, поскольку они при своем движении не пересекают никаких силовых линий, они не стремятся создать какой-либо ток.

3193. Прибор, на котором помещают эти прямоугольники и который является также коммутатором для изменения индукционных токов, состоит из двух стоек, укрепленных на деревянной доске и поддерживающих наверху деревянную горизон-

ведены после моих опытов над колеблющимися проводами (171, 148) и вращающимися шарами (160), произведенных в январе 1832 г., и явились их следствием. Но он распространил свое исследование на толщину провода, на диаметр катушек и на число последних, связанное с длиной провода. Результаты его исследования (представленные в виде таблиц) можно найти в т. 1, стр. 244 и др., флорентинского издания его мемуаров. — 1 марта 1852 г.

тальную ось, один конец которой снабжен рукояткой, а другой выступает наружу и имеет форму, показанную на рис. 247. На последнем можно увидеть, что на оси укреплены две полуцилиндрические медные пластинки *ab*, которые образуют около нее цилиндр, но только не соприкасаются друг с другом своими краями, благодаря чему на противоположных сторонах оси получаются две линии разрыва. К нижней части стойки с приделаны два крепких медных стержня диаметром в 0.2 дюйма; у стойки они снабжены гнездами с винтами, куда вставляются

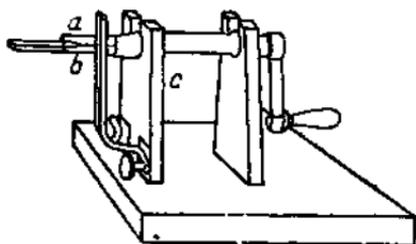


Рис. 247.

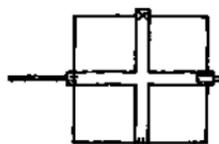


Рис. 248.

концы проводов, идущих из гальванометрических чашек (3180). В другую сторону эти стержни поднимаются вверх параллельно друг другу и, будучи совершенно прямыми, сильно прижимаются с противоположных сторон к изогнутым пластинкам коммутатора. В результате этого всякий раз, когда при вращении оси линии разрыва между пластинками коммутатора ставятся в горизонтальную плоскость и проходят через нее, их контакт с указанными выше вертикальными стержнями изменяется, и, значит, изменяется также направление тока, идущего из этих пластинок в стержни и далее в гальванометр. Другие, т. е. наружные концы коммутаторных пластинок выгнуты, чтобы их можно было припаивать к концам прямоугольника или кольца, которые должны подвергнуться испытанию.

3194. Самый прямоугольник укреплен на легком деревянном кресте (рис. 248); в одной крестовине имеется гильза,

надевающаяся на ту часть деревянной оси, которая выступает из стоек коммутатора, так что прямоугольник вращается вместе с осью. На той части рамки, которая лежит на продолжении оси, укреплен медный штифтик, и конец этого штифтика входит в отверстие отдельной стойки, имеющей назначение поддерживать прямоугольник и его рамку и сообщить им устойчивость. Рамки имеются двух или трех размеров, так что на них можно надевать прямоугольники со стороной в 12 дюймов или даже больше — вплоть до квадрата со стороной в 36 дюймов. Прямоугольник устанавливается таким образом, что находится в горизонтальной плоскости, когда линий раздела между плоскостями коммутатора лежат в той же плоскости, и тогда его концы припаявают каждый к своей коммутаторной пластинке. Теперь ясно, что когда мы имеем дело с силовыми линиями Земли или с какими-либо иными линиями, нам приходится лишь повернуть ось прибора настолько, чтобы вертикальные медные стержни соприкасались с обеих сторон с линиями разрыва пластинок коммутатора, а затем установить прибор в таком положении, чтобы плоскость кольца или прямоугольника была перпендикулярна к направлению исследуемых силовых линий; тогда каждое вращение коммутатора и пересекающего провода дадут максимальный ток, какой могут произвести такой провод и такая магнитная сила. Линии земной магнитной силы проходят под углом в 69° к горизонтальной плоскости. Однако поскольку в данном случае нужны были лишь сравнительные результаты, то прибор при всех последующих опытах устанавливался в горизонтальной плоскости, причем ось вращения была перпендикулярна к плоскости магнитного меридиана; при этих условиях в результате испытаний не вводилось ничего такого, что могло бы послужить причиной ошибки или отклонения. Так как никакого другого магнита для опытов не надо было, коммутатор стоял на расстоянии 3 футов от гальванометра, и, таким образом, двух кусков медной проволоки длиной в 3 фута и толщиной в 0.2 дюйма было достаточно для образования цепи. Один конец каждой из этих про-

волок опускался в ртутные чашки у гальванометра, другие концы их лудились, амальгамировались, вводились в гнезда стержней коммутатора (3193) и закреплялись с помощью зажимных винтов (рис. 247).

3195. Пусть при данной длине провода требуется придать ему форму, наилучшим образом приспособленную для получения максимального действия; тогда для случая петли, которую предстоит применить при малом магните (39, 3184), и для случая прямоугольника или иной формы петли, которую предстоит применить при силовых линиях Земли, обстоятельства складываются прямо противоположным образом. В случае малого магнита все принадлежащие ему силовые линии охватываются петлей; если длина провода достаточна для того, чтобы устроить петлю в два или больше витков, и если он все-таки будет проходить мимо полюса, то этот провод даст тогда вдвое или больше электричества, чем может дать одна петля (36). В случае земной силы дело обстоит наоборот. Так как у кругов, квадратов, прямоугольников и т. д. охватываемые ими площади пропорциональны квадратам их периферий, а числа пересекаемых ими силовых линий пропорциональны площадям, то гораздо лучше сообщить данному проводу форму простого круга, чем форму двух или большего числа витков. Двенадцать футов провода в виде одного квадрата пересекают при одном обороте силовые линии, проходящие через площадь в девять квадратных футов, между тем как если ему придать форму тройной цепи, с площадью около квадратного фута, то он пересечет лишь силовые линии, соответствующие этой последней площади; втрое выгоднее однажды пересечь силовые линии на площади в девять квадратных футов, чем трижды на площади в один квадратный фут.

3196. Из медной проволоки 0.05 дюйма в диаметре был изготовлен квадрат; длина его провода составляла 4 фута; площадь его равнялась одному квадратному футу. Он был установлен на коммутаторе и соединен с цепью, как было указано выше

(3194). Шесть его оборотов вызвали отброс в 14° или 15° , и за требуемое время (3104) можно было сделать двенадцать быстрых оборотов. Сначала было произведено сравнение *быстрых* и *медленных* оборотов. Шесть медленных оборотов дали, как среднее из всех испытаний, отброс в $15^\circ 5'$. Шесть оборотов с умеренной скоростью тоже дали в среднем $15^\circ 5'$; шесть быстрых оборотов дали среднее в $15^\circ 66'$. В другой раз двенадцать оборотов с умеренной скоростью дали в среднем $28^\circ 75'$, а двенадцать быстрых оборотов дали средний отброс в $31^\circ 33'$. Как это было объяснено раньше (3186), вероятная причина того, что быстрые обороты дали больший результат, чем умеренные или медленные, заключается в том, что при медленном вращении последние обороты совершаются в такое время, когда стрелка сильно отклонилась от параллельности медной катушки гальванометра, и вызываемые последней импульсы оказываются менее действенными. Поэтому наилучшими являются малое или умеренное количество оборотов и быстрое движение. Разница в предельном случае оказывается меньшей, чем этого можно было ожидать, и она показывает, что в этом отношении не существует практических возражений против предлагаемого метода экспериментирования с магнитными силовыми линиями.

3197. Для того чтобы получить в данном случае выражение для величины земной магнитной силы с помощью указанного прямоугольника, наблюдения производились по обе стороны от нуля, как это было предложено выше (3182). Девять умеренно быстрых прямых оборотов (т. е. по часовой стрелке) дали как среднее из многих наблюдений $23^\circ 87'$, а девять оборотов в противоположном направлении дали $23^\circ 37'$. Среднее из этих величин составляет $23^\circ 62'$ для девяти оборотов прямоугольника и, следовательно, $2^\circ 624'$ для одного оборота. А шесть быстрых оборотов (3196) дали $15^\circ 66'$, что составляет $2^\circ 61'$ на один оборот, и двенадцать быстрых оборотов дали $31^\circ 33'$, что тоже составляет $2^\circ 61'$ на один оборот. Эти результаты $2^\circ 624'$, $2^\circ 61'$ и $2^\circ 61'$ находятся в очень хорошем взаимном согласии и

внушают доверие к рассматриваемому методу исследования магнитных сил.¹

3198. Из такой же длины (4 фута) той же проволоки был устроен прямоугольник, но стороны его соответственно составляли 8 и 16 дюймов (рис. 249), так что при вращении сокущие части его должны были иметь длину лишь 8 дюймов вместо 12. Площадь этого четырехугольника естественно составляли 128 квадратных дюймов вместо 144. Этот прямоугольник показал то же различие между быстрым и медленным вращением, что и раньше (3196). Когда сделали девять прямых оборотов, то в результате получился отброс в 20°87. Девять оборотов в противоположном направлении дали в среднем отброс в 20°25. Среднее из этих двух величин составляет 20°56 или 2°284 на один оборот. Был устроен третий прямоугольник из проволоки той же длины и того же сорта; стороны его были равны соответственно 8 и 16 дюймам (рис. 250), но он был установлен теперь так, что секущие части его составляли 16 дюймов, т. е. были длиннее, чем раньше. Площадь этого прямоугольника осталась прежней, т. е. равнялась 128 квадратным дюймам. Одинаковость действия медленного и быстрого движения оказалась такой же, как в предыдущих случаях (3196, 3198). Девять прямых оборотов дали в качестве среднего результата 20°75, а девять оборотов в противоположном направлении дали 21°375. Среднее из них составляет 21.06, т. е. 2°34 на оборот.

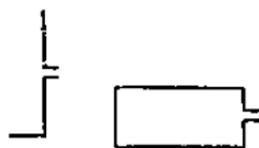


Рис. 249.

Рис. 250.

3199. Число 2°34 настолько близко к 2°284, что при настоящем состоянии исследования их можно признать тожде-

$$^1 \sin \frac{15^{\circ}86}{2} = \sin 7^{\circ}83 = \sin 7^{\circ}49'8 = 0.1362343$$

$$\frac{0.1362343}{6} = 0.0227057$$

$$\sin \frac{23^{\circ}62}{2} = \sin 11^{\circ}81 = \sin 11^{\circ}48'6 = 0.2047069$$

$$\frac{0.2047069}{9} = 0.0227474$$

$$\sin \frac{31^{\circ}33}{2} = \sin 15^{\circ}665 = \sin 15^{\circ}40' = 0.2700403$$

$$\frac{0.2700403}{12} = 0.0225034$$

ственными. Небольшое замечающееся расхождение вызывалось, как я подозреваю, центробежной силой, под влиянием которой середина более длинных пересекающихся частей выпячивалась во время вращения. Совпадение этих чисел показывает, что изменение формы прямоугольника и длины частей проволоки, пересекающих магнитные силовые линии, не повлияло на результат, который, поскольку он зависит только от числа пересекаемых линий, оказался в обоих случаях тождественным, так как площади обоих прямоугольников были одинаковы. Этому можно дать дальнейшее доказательство, если эти результаты сравнить с теми, которые были получены с квадратом. В этом случае площадь составляла 144 квадратных дюйма, а результат по расчету на один оборот оказался равным $2^{\circ}61$. У длинного прямоугольника площадь равна 128 квадратным дюймам, а среднее из двух результатов составляет $2^{\circ}312$ на один оборот. Но 144 квадратных дюйма относятся к 128 квадратным дюймам, как $2^{\circ}61$ к $2^{\circ}32$; этот результат настолько близок к $2^{\circ}312$, что их можно признать тождественными. Изложенное доказывает, что индукционный электрический ток пропорционален числу магнитных силовых линий, пересекаемых движущимся проводом.¹

3200. Можно также заметить, что не получается никакой разницы от того, как расположены силовые линии: преимущественно по направлению движения провода или же по направ-

¹ Продолговатые прямоугольники с площадью в 128 квадратных дюймов дают в среднем $20^{\circ}81$ (3198). Прямоугольник с площадью в 144 квадратных дюйма дал в среднем $23^{\circ}62$ (3197).

$$\sin \frac{20^{\circ}81}{2} = \sin 10^{\circ}405 = \sin 10^{\circ}24'3 = 0.1806049$$

$$\sin \frac{23^{\circ}62}{2} = \sin 11^{\circ}81 = \sin 11^{\circ}48'6 = 0.2047069$$

$$\frac{128}{144} = \frac{8}{9} \quad 0.1806049 \times 9 = 1.6254441 \quad \frac{0.1806049}{8} = 0.0225756$$

или

$$0.2047069 \times 8 = 1.6376552 \quad \frac{0.2047069}{9} = 0.0227452$$

лению длины провода, т. е. изменения скорости движения или длины провода не вызывают никаких перемен, если только количество пересекаемых магнитных силовых линий остается одинаковым.

3201. Имея в своем распоряжении установленный на рамке квадрат со стороной в 12 дюймов, устроенный из медной проволоки толщиной в 0.1 дюйма, я получил следующие средние результаты из многих наблюдений для одного, двух, трех, четырех и пяти оборотов этой проволоки:

Один оборот дал 7° , что составляет 7° на один оборот

Два оборота дали $13^\circ 875$, что составляет $6^\circ 937$ на один оборот

Три оборота дали $21^\circ 075$, что составляет $7^\circ 025$ на один оборот

Четыре оборота дали $28^\circ 637$, что составляет $7^\circ 159$ на один оборот

Пять оборотов дали $37^\circ 637$, что составляет $7^\circ 527$ на один оборот.

Эти результаты чрезвычайно близки друг к другу, в особенности для первых 30° , и подтверждают многие из сделанных ранее заключений (3189, 3199) относительно показаний прибора, количества кривых и др.¹

$\sin \frac{7^\circ}{2} = \sin 3^\circ 50'$	$= \sin 3^\circ 30'$	$= 0.0610485$	$\frac{\text{разности}}{2} = 0.0610485$
		0.0597381	
$\sin \frac{13^\circ 875}{2} = \sin 6^\circ 9375$	$= \sin 6^\circ 58' 25''$	$= 0.1207866$	$\frac{0.1207866}{2} = 0.0603933$
		0.0620924	
$\sin \frac{21^\circ 075}{2} = \sin 10^\circ 5375$	$= \sin 10^\circ 32' 25''$	$= 0.1828790$	$\frac{0.1828790}{3} = 0.0609596$
		0.0644329	
$\sin \frac{28^\circ 637}{2} = \sin 14^\circ 3185$	$= \sin 14^\circ 19' 11''$	$= 0.2473119$	$\frac{0.2473119}{4} = 0.0618279$
		0.0752595	
$\sin \frac{37^\circ 637}{2} = \sin 18^\circ 3185$	$= \sin 18^\circ 49' 11''$	$= 0.3225714$	$\frac{0.3225714}{5} = 0.0645142$

3202. В другой раз я сравнивал результаты равномерных вращений с результатом других вращений, которые были очень неправильны по своим скоростям, причем иногда движения были направлены даже в противоположную сторону и все время порывисто изменялись, но только всегда так, чтобы в надлежащее время было сделано определенное количество оборотов. Прямоугольник был сделан из проволоки толщиной в 0.2 дюйма. Среднее из многих опытов, которые оказались очень близкими друг к другу по своим результатам, составило для двух чистых равномерных оборотов $17^{\circ}5$, а для двух неправильных неопределенных оборотов то же самое число $17^{\circ}5$.

3203. После этого было исследовано отношение полученного тока к массе провода, — отношение, которое было рассмотрено нами раньше с помощью петель и небольших магнитов (3133).¹ Для этой цели было изготовлено два других одипаковых квадрата, каждый со стороной в один фут, но медные проволоки, из которых они были сделаны, имели соответственно 0.1 и 0.2 дюйма в диаметре; таким образом, вместе с прежним квадратом они составили серию квадратов, у которых размер, форма и площадь были одинаковы, но массы движущихся проводов возрастали в отношении единицы к четырем и шестнадцати. Когда я делал опыты с прямоугольником из проволоки в 0.1 дюйма, то шесть оборотов вправо дали средний результат в $41^{\circ}75$, а шесть оборотов влево дали $46^{\circ}25$. Среднее из этих двух чисел составляет 44° , а последнее, будучи разделено на шесть, дает $7^{\circ}33$, как среднее отклонение при одном обороте. Затем три оборота вправо дали $20^{\circ}12$, а три оборота в обратном направлении — $23^{\circ}1$. Среднее из этих чисел составляет $21^{\circ}61$, а отклонение при одном обороте — $7^{\circ}20$. Последнее очень близко к прежнему результату, полученному для шести оборотов, т. е. к $7^{\circ}33$, и гораздо больше того результата, который был получен с прямоугольником, устроенным из проволоки

¹ См. соответствующее исследование Кристи (Christie). *Philosophical Transactions*, 1833, стр. 120.

диаметром в 0.05 дюйма, а именно — $2^{\circ}61$. Тем не менее он не находится с ним в отношении 4 : 1; но этого и нельзя было ожидать, поскольку масса основного проводника осталась одной и той же (3137). Если сравнить эти результаты с теми, которые были получены с одинаковыми проволоками, взятыми в виде петель, то они оказываются чрезвычайно близкими друг к другу. В указанном случае результаты находились в отношении 16° к $44^{\circ}4$ (3136), что согласуется с отношением $2^{\circ}61$ к $7^{\circ}26$, полученным в рассматриваемом теперь случае; действительно, оно равно отношению $2^{\circ}61$ к $7^{\circ}242$, т. е. почти тождественно с нынешним.

3204. Из приведенного выше можно усмотреть, что средние, полученные из вращения право и влево, значительно отличаются друг от друга, а именно до 4° — 5° . Это не указывает на наличие какой-либо ошибки в примененном принципе, а является просто следствием того обстоятельства, что когда магнитные стрелки в гальванометре находились в покое, то они стояли несколько смещенными в сторону от нуля (3182). Я не хотел тотчас же настраивать прибор, поскольку ожидал спонтанных изменений нулевого положения; и я предпочитаю дать здесь числа в том виде, как они получились при исследовании, и не прибегать к помощи пера и чернил для внесения каких-либо поправок в данные наблюдений.

3205. Третий квадрат из провода толщиной в 0.2 дюйма давал столь большие отбросы, что я пользовался лишь небольшим количеством оборотов. Три оборота вправо дали среднее $25^{\circ}58$; три оборота в противоположном направлении дали $28^{\circ}5$. Среднее составляет $27^{\circ}04$, а величина на один оборот равна $9^{\circ}01$. Далее, два оборота вправо дали $17^{\circ}5$, два оборота в противоположном направлении дали 18° . Среднее составляет 17.75 , а величина, рассчитанная на один оборот, равна $8^{\circ}87$. Средняя из двух приведенных выше окончательных результатов равна $8^{\circ}94$, и она снова указывает на увеличение действия по сравнению с тем, которое давал предшествующий прямоугольник из проволоки, диаметр которой составлял лишь

половину диаметра данного прямоугольника. Такой же толщины проволока была раньше взята для петли (3136), и если мы сравним полученные тогда результаты с нынешними, то замечательно, до какой степени они близко сходятся, обстоятельство, которое внушает большое доверие к принципам и практике проверки в том и в другом виде. Когда провода, массы которых находились между собою в отношении 1 к 4 и 16, были использованы в виде петли, то токи, которые отмечал гальванометр, находились между собою в отношении 1.00 к 2.77 и 3.58, а когда из них были сделаны прямоугольники, которые были подвергнуты действию магнитной силы Земли, то они оказались в отношении 1.00 к 2.78 и 3.45.¹

3206. Я устроил квадрат со стороной в 12 дюймов из четырех витков медной проволоки диаметром в 0.05 дюйма; следовательно, длина всей проволоки, из которой был устроен этот квадрат, составляла 16 футов. Такой прямоугольник при своем вращении пересекает такое же количество магнитных линий, как и предшествующий прямоугольник, устроенный из проволоки диаметром в 0.1 дюйма (3203). Он имеет также одинаковую с ним массу проволоки, пересекающей магнитные линии, но рассматриваемый как проводник первый провод, если принять во внимание его диаметр, обладает лишь одной четвертой частью проводимости второго; к тому же его сопро-

$$^1 \sin \frac{27^\circ 04'}{2} = \sin 13^\circ 52' = \sin 13^\circ 31.2' = 0.2337848. \frac{0.2337848}{2} = 0.0779283.$$

Квадрат со стороной 12 дюймов из проволоки диаметром 0.05 дюйма дал при шести оборотах (3196, 3197) 0.0227057 как величину $\sin \frac{1}{2}A$ для одного оборота. Подобный же квадрат из проволоки диаметром 0.10 дюйма дал при пяти оборотах (3021) $\frac{0.3225714}{2} = 0.06451428$ как величину $\sin \frac{1}{2}A$ для одного оборота. Подобный же квадрат из проволоки диаметром 0.20 дюйма дал 0.0779283, как величину $\sin \frac{1}{2}A$ для одного оборота.

$$\frac{0.06451428}{0.0227057} = 2.841; \frac{0.0779283}{0.0227057} = 3.432.$$

тивление увеличивается еще благодаря тому, что длина его вчетверо больше. Шесть оборотов вправо дали средний результат в $20^{\circ}6$, а шесть оборотов в противоположном направлении — $19^{\circ}7$. Среднее из этих чисел составляет $20^{\circ}15$; следовательно, на один оборот приходится $3^{\circ}36$. При другом прямоугольнике, имевшем ту же площадь и массу, но состоявшем всего из одной проволоки (3203), результат на один оборот составил $7^{\circ}26$; таким образом, он несколько более чем вдвое превысил полученный выше результат. Отсюда следует, что при работе со столь превосходно проводящим гальванометром, как описанный выше (3123, 3178), движущийся провод лучше иметь в виде одной толстой проволоки, а не в виде многих витков тонкой проволоки. Но если при всех возможных изменениях пользоваться одним и тем же проводом и одной и той же площадью, то, конечно, два или большее количество витков лучше, чем один виток.

3207. Можно было, однако, ожидать, что прямоугольник из тонкой проволоки даст ток большего *напряжения*, хотя и меньший по количеству, чем прямоугольник из толстой проволоки. Для того чтобы доказать это на опыте, я соединил оба прямоугольника последовательно с гальванометром Румкорфа (3086), в котором проволока имела лишь $1/135$ часть дюйма в диаметре. Прямоугольник, состоявший из одного витка толстой проволоки, дал теперь лишь отклонение в $1^{\circ}66$ при двенадцати оборотах, или $0^{\circ}138$ на один оборот, между тем как другой прямоугольник, состоявший из четырех витков тонкой проволоки, дал при двенадцати оборотах $7^{\circ}33$, или $0^{\circ}61$ на один оборот. Но стрелки двух гальванометров не очень сильно отличались друг от друга по весу и в других отношениях, так что, не претендуя на точное сравнение, мы можем все-таки отметить в обоих случаях огромное снижение, вызванное сопротивлением тонкой проволоки в гальванометре Румкорфа: для толстой проволоки с $7^{\circ}26$ до $0^{\circ}138$, а для тонкой с $3^{\circ}36$ до $0^{\circ}610$. Но все-таки прямоугольник из тонкой проволоки потерял относительно меньше в своей силе, чем другой прямо-

угольник, и при данном гальванометре он более чем в четыре раза превышает по своему действию прямоугольник из толстой проволоки. Из действия толстой проволоки проходит через гальванометр с тонкими проводами менее пятидесятой его части, все остальное задерживается; из действия тонкой проволоки преодолевает сопротивление, оказываемое гальванометром, в десять с лишним раз большая доля действия, а именно от одной пятой до одной четвертой его части (благодаря большому напряжению тока). Количество электричества, которое на самом деле проходит через гальванометр с тонкими проводами, конечно, гораздо меньше, чем соответственно указанному выше отношению. Катушка из толстой проволоки образует самое большое четыре витка вокруг магнитных стрелок, между тем как катушка из тонких проволок состоит, вероятно, из четырехсот или еще большего количества витков. Таким образом, электричество, которое на самом деле проходит здесь в виде тока, не составляет, вероятно, и сотой доли того количества, какое потребовалось бы, чтобы получить равное отклонение в гальванометре с толстыми проводами. Но это обстоятельство не колеблет высказанных выше соображений об относительном напряжении магнитоэлектрических токов от двух прямоугольников.

3208. Затем был устроен большой квадрат из медной проволоки диаметром в 0.2 дюйма. Сторона этого квадрата была равна 36 дюймам, и, следовательно, квадрат состоял из 12 футов проволоки и заключал в себе площадь в девять квадратных футов. Он был присоединен к коммутатору с помощью приспособлений, которые, правда, были достаточны для настоящей цели, но не допускали точной установки. Он оказывал прекрасное действие на гальванометр с толстым проводом (3178): один оборот вызывал отброс в 80° и больше, а при постоянном его вращении стрелки гальванометра получали постоянное отклонение в 40° или 50° . Было интересно наблюдать, таким образом, когда этот прямоугольник начинал свое движение из горизонтальной плоскости, интенсивность тока увели-

чивалась, а затем снова убывала, причем стрелки показывали, что в период первых 10° или 20° вращения на них действовала лишь очень малая сила, но когда угол поворота подходил к 90° и был недалек от него, то сила становилась большой. Тогда провода пересекали силовые линии почти под прямым углом и потому пересекали максимальное их количество в данный промежуток времени, при той же скорости. Было также интересно наблюдать, пользуясь теми же показаниями, два главных импульса (3192), сообщаемых при одном обороте прямоугольника. Так как последний велик и массивен по сравнению с прежними прямоугольниками, то при нем требовалось больше времени для оборота, чем раньше, вследствие чего значение *времени* или *скорости* стало более заметным. Один оборот в секунду — это было все, что я мог хорошо выполнить. Скорость, несколько меньшую этой, было легко осуществить, и она оказалась подходящей и достаточно большой. Она давала при одном обороте почти 80° , между тем как вращение с половиной или третью этой скорости или с еще меньшей скоростью давало лишь 60° , 50° или даже еще меньшую величину отклонения.

3209. Затем были произведены измерительные наблюдения с одним оборотом; он производился с такой скоростью, какую можно было легко осуществить. Среднее из пятнадцати наблюдений при вращении вправо, оказавшихся очень близкими друг к другу, составило $78^\circ 846$; среднее из семнадцати аналогичных наблюдений при вращении влево составило $78^\circ 382$, и среднее из этих двух результатов, т. е. $78^\circ 614$, является, полагаю, хорошим выражением для действия этого прямоугольника. Измеривши после получения этого результата стороны прямоугольника, я нашел, что в направлении, поперечном к частям проволоки, пересекающим силовые линии, величина его была несколько меньше 36 дюймов. По исправлении этой погрешности я вновь произвел наблюдения и получил в результате $81^\circ 44$. Я думаю, что разность 2.83 является действительным результатом изменения и увеличения площади, которая теперь

точнее приблизилась к 9 квадратным футам; вместе с тем она, по моему, свидетельствует о чувствительности и надежности прибора.

3210. Так как два импульса, сообщаемые магнитным стрелкам при одном обороте (3208), в данном случае заметно отделены друг от друга по времени и так как стрелка очевидно и необходимо оставляла первоначальное свое положение перед тем, как ей сообщался второй импульс, то второй импульс не может быть столь действенным, как первый. Поэтому я произвел наблюдения, делая половину оборота, и получил как средний результат для этого действия $41^{\circ}37'$. Это число относится, очевидно, к первому из импульсов одного оборота, и если мы вычтем его из $81^{\circ}44'$, получится $40^{\circ}07'$, что дает значение второго импульса при изменившемся положении стрелки. Разность между двумя импульсами во время одного оборота, а именно между $41^{\circ}37'$ и $40^{\circ}07'$, находится в прекрасном согласии с теми результатами, которых следовало ожидать.

3211. Квадрат, которым мы пользовались раньше (3205) и который был устроен из той же медной проволоки толщиной в 0.2 дюйма, имеет площадь в один квадратный фут, так что там силовые линии, на которые действует движущийся провод или которые действуют на последний, составляют одну девятую часть тех силовых линий, которые имеются в рассматриваемом теперь случае. Тогда результат составил $8^{\circ}94'$ на один оборот. Если для сравнения этих случаев мы возьмем девятую часть от $81^{\circ}44'$, то получим $9^{\circ}04'$ — число, столь близкое к первому, что мы можем считать результаты, полученные с двумя прямоугольниками, тождественными; одновременно должно признать правильность положения, что возбуждаемый электрический ток пропорционален количеству пересекаемых силовых линий. Девятая часть результата, полученного с большим квадратом ($78^{\circ}614'$) до того, как его площадь была исправлена, составляет $8^{\circ}734'$. Таким образом, одно число больше, а другое меньше того числа, которое было получено с 12-дюймовым прямоугольником. Так как последний был прилажен не осо-

бенно тщательно и ни одно приспособление не было еще устроено с предельной точностью, то у меня имеется мало сомнений в том, что с точно приложенными прямоугольниками результаты оказались бы строго пропорциональными площадям.¹

3212. Движущийся провод может быть устроен не в виде прямоугольника, а в виде кольца; этим достигается то преимущество, что при данной длине провода получается максимум площади, и, следовательно, при однородном проводе сопротивление индукционному току, если иметь в виду его проводимость, оказывается наименьшим. Небольшие кольца с одним или несколькими витками окажутся, вероятно, очень ценными для исследования небольших или локальных магнитов при различных обстоятельствах. Одно кольцо с диаметром около 1.5 дюйма, состоявшее из десяти витков медной проволоки длиной в 49 дюймов и толщиной в 0.032 дюйма, под влиянием земного магнетизма обнаруживало лишь малое действие; но когда его приблизили к подковообразному магниту, оно стало давать показания при любом изменении расстояния или положения. Влиянию земного магнетизма было поддѣргнуто, как и раньше, отдельное кольцо с диаметром в 4 дюйма, устроенное из витка медной проволоки толщиной в 0.2 дюйма. Оно дало в среднем результате для шести оборотов, многократно повторенных,

¹ Прямоугольник с площадью в 9 квадратных футов дал 81°44'; $\sin \frac{81^\circ 44'}{2} = \sin 40^\circ 52' = \sin 40^\circ 43' 2'' = 0.6523630$. Если взять 41°37' для половины оборота для $\frac{1}{2} A$ (3210), то $\sin 41^\circ 37' = \sin 41^\circ 22' 2'' = 0.6609190$, что после деления на девять дает 0.073435 в качестве силы на квадратный фут. Прямоугольник в 1 квадратный фут на такой же проволоке (3205) дал 0.07714 или 0.07793 в качестве силы одного оборота. Первое из этих чисел на 0.00370 больше $\frac{1}{9}$ части числа, являющегося мерой действия большого квадрата. Разность составляет около $\frac{1}{29}$ от 0.07714, т. е. всей силы одного оборота.

5°999, т. е. 0°999 на один оборот. Для двенадцати оборотов оно дало в среднем 12°375 или 1°031 на один оборот.¹ Среднее из этих двух результатов, полученных при столь различных количествах оборотов, составляет 1°. Было устроено другое кольцо, состоявшее из 26 витков медной проволоки диаметром 0.04 дюйма и имевшее средний диаметр 3.6 или 3.7 дюймов. Общая длина всей проволоки составляла 300 дюймов. Таким образом, массы металла в обоих кольцах были почти одинаковы, но в последнем кольце масса каждой отдельной проволоки составляла лишь 1/25 часть массы первого кольца. Последнее кольцо дало при двенадцати оборотах среднее в 6°25 или 0°52 на один оборот. Таким образом, при земном магнетизме и при гальванометре с толстым проводом оно дало чуть больше половины того результата, который дало кольцо с одним витком толстой проволоки. На основании прежних соображений (3206) мы знаем, что если бы из 300 дюймов проволоки было устроено одно кольцо, то оно дало бы гораздо большее действие, чем рассматриваемое здесь.

3213. Пользуясь принципом движущегося провода в форме вращающегося прямоугольника, мы сильно облегчаем себе исследование проводимости и результатов, получающихся благодаря различию природы *вещества* или диаметра, т. е. *массы* или *длины*; а сопротивление, оказываемое току теми частями прямоугольника, которые, двигаясь не поперек, а параллельно силовым линиям (3071), не возбуждают тока, а составляют лишь просто часть проводников, может быть в очень высокой мере устранено, если эти части сделать массивными. Их можно устраивать передвижными по оси коммутатора, так что их можно будет приспособливать для различных длин проволок,

$$^1 \sin \frac{5^{\circ}995}{2} = \sin 2^{\circ}9975 = \sin 2^{\circ}59'85 = 0.0522925;$$

$$\sin \frac{12^{\circ}375}{2} = \sin 6^{\circ}1875 = \sin 6^{\circ}11'25 = 0.1077825; \quad \frac{0.1077825}{2} = 0.0538912.$$

и тогда коммутатор может на самом деле стать в значительной степени прибором общего пользования.

3214. Когда строишь предположение о дальнейшем применении принципа движущегося провода, представляется вполне вероятным, что если повысить чувствительность и качество изготовления прибора, если увеличить его скорость, обеспечить постоянство движения в течение некоторого времени в одном направлении и возможность изменения затем направления вращения на противоположное, с соответствующим изменением направления отброса и т. д., то его можно будет в дальнейшем с успехом применить для исследования магнитной силы Земли в различных широтах и местностях. Для того чтобы получать максимальное действие, ось вращения следует устанавливать перпендикулярно к силовым линиям, т. е. к направлению наклона. Можно было бы даже определять *направление* силовых линий или наклона, если устроить так, чтобы ось вращения могла менять свое положение около линии наклона, и затем устанавливать ее в двух направлениях таким образом, чтобы не получалось никакого действия на гальванометр, и тогда отмечать положение оси. Для этого потребовался бы двойной коммутатор, соответственно двум линиям установки, но это — прибор весьма простой конструкции.

РАЗДЕЛ 36

О величине и общем распределении сил магнита при соединении его с другими магнитами

3215. Раньше чем идти дальше в экспериментальном исследовании с помощью движущегося провода распределения магнитных силовых линий магнита, а также физической природы этой силы и возможного способа ее действия на расстоянии, оказалось крайне необходимым выяснить, какое изменение претерпевает, если вообще это случается, величина силы совершенного магнита, когда он подвергается влиянию других маг-

нитов в благоприятных или неблагоприятных положениях, и как эти силы сочетаются и располагаются; эти вопросы возникают как в общем смысле, так в особенности в связи с тем принципом, который ранее был высказан и, как я думаю, доказан, а именно, что эта сила при указанных выше различных условиях остается всегда постоянной. Я надеюсь, что представление магнитной силы с помощью силовых линий (3074) и применение движущегося провода, как средства для испытания этой силы (3076), окажет большую помощь при этом исследовании.

3216. Для данной цели обычный магнит является слишком неправильным и несовершенным источником силы. Будучи намагничен до определенной степени, он склонен под влиянием незначительных обстоятельств испытывать изменение своей силы в сторону ее уменьшения или увеличения, причем это изменение происходит таким образом, что его можно в течение некоторого времени признать постоянным, но, будучи помещен в неблагоприятном или благоприятном положении по отношению к другим магнитам, он зачастую испытывает значительное временное увеличение или уменьшение своей силы во вне; это изменение прекращается, как только его удаляют из соседства влияющего на него магнита. Эти изменения оказывают соответствующее влияние на движущийся провод и делают всякий магнит, подвергающийся их воздействию, непригодным для исследования, связанного с вопросом о постоянстве силы магнита. Таким образом, для данной цели требуются неизменяющиеся магниты, а их, как это хорошо известно, можно лучше всего получить, если подобрать для стержней хорошую сталь и затем возможно сильнее их закалить. Поэтому я достал несколько пластин из тонкой стали длиной в двенадцать дюймов и шириной в дюйм и, закалив их как я только мог это сделать, намагнитил их очень тщательно и правильно с помощью двух сильных стальных стержневых магнитов; затем я встряхивал их вместе в течение короткого времени в различных и взаимно противоположных направ-

лениях и затем с помощью железных опилок исследовал направление сил. Этим путем в нескольких пластинках были открыты небольшие трещины и неправильности строения; но все же я отобрал для дальнейших опытов две, в которых распределение сил оказалось весьма правильным; я буду различать их, как испытательные магниты *D* и *E*.

3217. Эти два магнита были исследованы с помощью движущейся петли тем же самым способом, какой был описан выше (3133), т. е. петлю перемещали мимо одного из полюсов, наблюдали отброс, убрали петлю, снова наблюдали отброс и выводили среднее из многих показаний. Этот процесс выполнялся то около одного полюса, то около другого. Петля содержала в себе 7.25 дюймов медной проволоки диаметром 0.1 дюйма; я пользовался ею, конечно, при всех последующих сравнительных опытах. Расстояние петли и магнитов от гальванометра составляло 9 футов. При одном прохождении петли мимо полюса туда или назад, т. е. при однократном пересечении силовых линий магнит *D*, отклонение гальванометра составило $8^{\circ}36$. При однократном пересечении силовых линий другого магнит *E* отклонение составило $8^{\circ}78$. После этого оба магнита были сложены вместе одноименными полюсами; затем производились с ними опыты, как с одним магнитом. Их соединенная сила составила $16^{\circ}3$, оказавшись лишь на $0^{\circ}84$ меньше суммы сил этих двух магнитов, когда их измеряли в отдельности. Это показывает, что составные магниты взаимно влияют друг на друга и в данном положении друг друга несколько ослабляют; но это также показывает, насколько мало в данном случае действие по сравнению с обыкновенными магнитами (3222).

3218. После этого составной магнит *DE* (3217) был подвергнут влиянию другого магнита на близком расстоянии то при неблагоприятных, то при благоприятных условиях; с помощью петли он испытывался с точки зрения суммы его силы (не с точки зрения направления) при данных обстоятельствах. Для этой цели он устанавливался неподвижно, и к нему приближался другой магнит *A*, временами — до соприкосновения;

соответствующие положения магнитов показаны на рис. 251. При этом в каждом случае петля проводилась около DE многократно, чтобы можно было получить точное среднее значение его силы. Влияющий магнит A был гораздо сильнее двух рассматриваемых магнитов; о его силе свидетельствовало отклонение при отбросе, составившее $25^{\circ}74$.

3219. Когда относительное положение магнитов было таково, как это показано в 1, то сила DE составляла $16^{\circ}37$; когда оно было таким, как в 2, сила составляла $16^{\circ}4$; когда

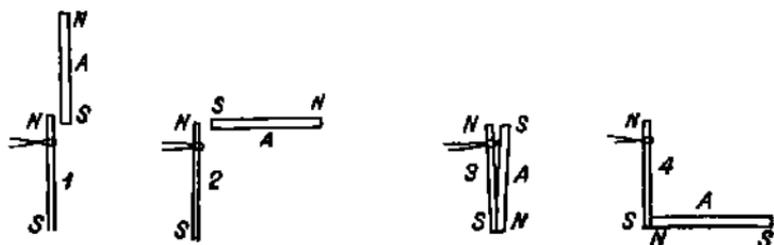


Рис. 251.

таким, как в 3, сила составляла $18^{\circ}75$, а когда таким, как в 4, сила составляла $17^{\circ}18$. Все эти положения таковы, что в них сила магнита DE должна благодаря индукции увеличиться, и она действительно увеличивается по сравнению с первоначальным значением, которое составляло $16^{\circ}3$. Но можно сразу увидеть, как мало она увеличивается в первом и втором положении. И даже в третьем положении, при котором создаются наиболее благоприятные условия, она увеличивается лишь на $2^{\circ}45$; в четвертом же положении она снова понижается.

3220. После этого влияющий магнит A был приведен в те же положения, но повернут концами, так что он должен был оказывать неблагоприятное, т. е. ослабляющее влияние. Тогда с магнитом DE были получены следующие результаты:

Положение 1	$15^{\circ}37$
Положение 2	15.68
Положение 3	15.37
Положение 4	16.06 .

Все эти значения несколько ниже первоначальной силы DE , т. е. $16^{\circ}3$, как это и должно быть, и они показывают, как незначительно влияние, которое испытывает этот твердый стержень.

3221. Стержень из мягкого железа, помещенный вместо магнита A в первом, втором и третьем положениях, повысил силу магнита DE соответственно до следующих значений: $16^{\circ}24$, $16^{\circ}43$ и 18° .

3222. Когда вместо твердого магнита DE и пользовался обыкновенным стержневым магнитом, происходили большие изменения. Так, например, вместо твердого магнита я взял магнит B , соответствовавший магниту A по своему размеру и общим свойствам. Магнит B , когда он один, обладает силой в $14^{\circ}83$, но когда он был взят вместе с A в неблагоприятном положении 3 (3218), то его сила уменьшилась до $7^{\circ}87$, т. е. почти наполовину. Это ослабление вызывалось главным образом внутренним принуждением и не было постоянным нарушением состояния магнита B , ибо когда A был удален, то сила B вновь повысилась до 13.06 . Когда B был приложен на несколько мгновений к A в благоприятном положении и затем был убран, то оказалось, что постоянное внешнее действие последнего повысилось до $15^{\circ}25$.

3223. Был намагничен очень твердый стальной стержень длиной в 6 дюймов, шириной в 0.5 дюйма и толщиной в 0.1 дюйма, переданный мне д-ром Скоресби (Scorcsby); пользуясь петлей, я установил, что на моем гальванометре (3189) он дает $6^{\circ}88$. Он был установлен в положении 2 против составного стержневого магнита, подобного DE , имевшего силу в $11^{\circ}73$, т. е. почти вдвое большую, чем его собственная, но все равно, как его ставили: в неблагоприятном или в благоприятном положении, его сила заметно не изменялась. Когда он подвергался подобным же образом влиянию 12-дюймового стержневого магнита, обладавшего силой в $40^{\circ}21$, то его сила повышалась до $7^{\circ}53$ или понижалась до $5^{\circ}87$, но в данном случае влияющий магнит обладал силой, которая превышала его собственную силу почти в шесть раз.

3224. Этот метод испытания очень хорошо выявляет изменчивость магнитов из мягкой стали как с точки зрения *абсолютной* величины их возбуждения или заряда, так и с точки зрения распределения их силы вне магнита и внутри него; изменчивость эта проявляется в тех случаях, когда степень возбуждения магнитов можно в данный момент считать постоянной; полученные результаты находятся в хорошем согласии с нашими прежними сведениями на этот счет. Равным образом ясно, что для точного и детального изучения распределения и особенностей магнитной силы требуются твердые и неизменяющиеся магниты. Обыкновенный мягкий стержневой магнит можно рассматривать как соединение твердых и мягких частей, которые распределены в нем совершенно неопределенным образом; при этом некоторые части воспринимают гораздо больший заряд, чем другие, и в меньшей степени изменяются под влиянием внешних магнитов; но в то же время благодаря наличию в магните других частей, действующих как якорь или субмагнит, может казаться, что указанные выше части подвергаются гораздо большим изменениям, чем это происходит в действительности. Отсюда — ценность тех твердых и относительно неизменяющихся магнитов, которые описывает Скоресби.

3225. На основании вышеизложенных и им подобных данных мне кажется, что с этими совершенными и неизменяемыми магнитами можно, пользуясь выражением *силовая линия* исключительно для представления силы, как она была определена выше (3071, 3072), прийти к следующим полезным выводам.

3226. Силовые линии различных магнитов во взаимно благоприятных для них положениях сливаются.

3227. При этом слиянии не происходит никакого увеличения общей силы линий; сечение между двумя присоединенными друг к другу полюсами дает ту же сумму силы, как и сечение линий неизменяющегося магнита, взятого в отдельности (3217). Я полагаю, что при указанных обстоятельствах нет никакого сомнения в том, что внешние и внутренние силы одного и

того же магнита находятся в одинаковом отношении друг к другу и взаимно эквивалентны, как это было установлено в прежней части настоящих «Исследований» (3117), и что, следовательно, экваториальное сечение, представляющее сумму сил или силовых линий, проходящих через магнит, остается точно так же неизменным (3232).

3228. В этом случае имеется полная аналогия с двумя или большим количеством гальванических батарей, соединенных друг с другом концами и образующих единую цепь. Возможно, что у магнитов будет открыто некоторое явление, которое будет соответствовать напряжению в случае батарей.

3229. Увеличение силы, воздействующей на магнитную стрелку или на кусок мягкого железа, помещенные между двумя поставленными друг против друга и благоприятствующими друг другу полюсами, вызывается концентрацией на них линий, которые ранее были рассеяны, а не прибавлением силы, представляемой силовыми линиями одного полюса, к силам силовых линий другого полюса. В этом случае сила, представляемая всеми силовыми линиями, не больше, чем раньше, и силовая линия не становится более мощной, когда она сливается с силовой линией другого магнита. В этом отношении оказывается точно так же полная аналогия с гальванической батареей.

3230. Силовая линия, рассматриваемая как замкнутый круг (3117), проходит на своем пути через *оба* магнита, которые в данном случае расположены так, что действуют друг на друга в благоприятном смысле, т. е. линии их совпадают и сливаются друг с другом. Слияние не является прибавлением силы одной силовой линии к силе другой, а объединением этих линий в одну общую цепь.

3231. Силовая линия может пройти через множество магнитов прежде, чем ее круг замкнется, и это множество магнитов представляет собою случай, который совпадает со случаем единственного магнита. Если тонкий стержневой магнит длиной в 12 дюймов подвергнуть испытанию с помощью опилок

(3235), то он даст общеизвестную прекрасную систему сил, совершенно простую по своему расположению. Если его разбить пополам, но не отделять частей друг от друга, то при испытании тотчас же выявится, каким образом вследствие уничтожения непрерывности нарушается передача силы на экваторе, и многие из тех линий, которые раньше проходили внутри, теперь появятся снаружи (см. табл. V, 6). Из этих линий, ставших таким образом внешними, некоторые возвращаются к полюсу, ближайшему к новому месту, откуда линии выходят в воздух; и таким образом, они проходят свой круг только через одну из половин магнита; другие же линии вступают по более или менее искривленным путям во вторую половину магнита, сохраняя вообще то направление или полярность, какие они имели, когда находились внутри магнита; таким образом, эти линии образуют свой круг через обе половины магнита. Постепенно отдаляя друг от друга эти половины магнита и продолжая проверять путь силовых линий, можно прекрасно видеть, как все больше и больше линий, исходящих из вновь образовавшихся концов магнитов, возвращается к первоначальным концам стержня (табл. V, 7), как доля линий, совершающих общий путь через обе половины магнита, уменьшается, и в конце концов половины магнита совершенно уходят из сферы взаимного влияния и становятся тогда двумя отдельными и независимыми магнитами. Тот же процесс можно повторять до тех пор, пока вместо одного магнита не получится несколько магнитов.

3232. Во все это время количество силовых линий остается неизменным, если куски стержня полностью сохраняют магнитное состояние, т. е. если сумма силовых линий на экваторе *каждого* из новых магнитов равна сумме силовых линий на экваторе первоначального неразбитого на части стержня. Я взял стальной стержень длиной в 12 дюймов, шириной в 1 дюйм и толщиной в 0.05 дюйма, сильно закалил и намагнитил его до насыщения, пользуясь сердечниками из мягкого

железа и катушкой. Его сила составила $6^{\circ}9$. Я разбил его на две части близко к середине и нашел, что сила этих частей составляет соответственно $5^{\circ}94$ и $5^{\circ}89$. Это указывает на падение, которое, однако, не больше, чем можно было ожидать, принимая во внимание насыщенное состояние первоначального магнита. Эти половины я приложил друг к другу боковыми сторонами, одинаковыми полюсами вместе, так что образовался составной магнит; тогда общая их сила была равна $11^{\circ}06$. Хотя это число указывает на некоторое взаимное ослабляющее влияние, однако оно не на много ниже суммы их сил, которые раньше были определены в отдельности. Все это находится в совершенном согласии с гальванической батареей, где играют роль линии динамической электрической силы. Общеизвестно, что если батарею из 20 пар пластин мы разделим на две батареи по 10 пар, или на 4 батареи по 5 пар, то каждая из меньших батарей сможет дать столько же динамического электричества, как и первоначальная батарея, если только ходу линий, т. е. пути тока, не будет противопоставлено какое-нибудь заметное сопротивление.

3233. Когда пластинки расположены в неблагоприятном друг другу положении, то подобно тому, как в предыдущем случае ни одна из них не могла увеличить силы другой пластинки, так и теперь каждая из них сохраняет свою силу, и магнитные силовые линии в точности представляют это их состояние. Такое же отношение устанавливается между ними, когда один конец одной из них соприкасается с одноименным концом другой; точно так же ведут они себя, когда они положены рядом с обращенными в одну и ту же сторону одинаковыми полюсами. В этом последнем случае оба магнита, действуя как один составной магнит, дают систему силовых линий, которая равна сумме этих двух магнитов, взятых в отдельности (3232), за вычетом той доли, которая, как в несовершенных магнитах, либо направляется внутрь более мягкими частями, либо совершенно перестает возбуждаться.

РАЗДЕЛ 37

Изображение магнитных силовых линий с помощью
железных опилок

3234. Если бы экспериментатор, который желает рассмотреть магнитную силу представленной с помощью магнитных силовых линий, отказался от пользования железными опилками, это было бы произвольным и бесполезным отказом. С помощью опилок он может сразу сделать очевидным множество состояний этой силы даже в сложных случаях; он может проследить изменяющееся направление силовых линий и определить относительную их полярность; он может заметить, в каком направлении эта сила увеличивается или уменьшается, а в сложных системах может определить нейтральные точки или места, где нет ни полярности, ни силы, если даже эти места находятся среди сильных магнитов. С их помощью можно сразу увидеть вероятные результаты и получить много ценных указаний для будущих руководящих опытов.

3235. Нет ничего легче, чем положить на стол магнит, поместить сверху плоский кусок бумаги и затем сыпать на бумагу железные опилки и наблюдать те формы, которые они принимают. Тем не менее для того, чтобы получить наилучшие и наиболее общепользные результаты, могут оказаться желательными некоторые отдельные указания. Стол, на который кладут магнит, должен быть совершенно горизонтальным и устойчивым. Следует принять меры, пользуясь тонкими досками или планками или какими-либо иными средствами, чтобы заполнить пространство вокруг магнита так, чтобы бумага, лежащая на магните, находилась в горизонтальном положении. Бумага должна быть без всяких складок и сгибов и должна быть совершенно плоской, чтобы опилки имели возможность занять то положение, которое магнит стремится им сообщить. Я нашел, что для этой цели пригодна хорошая патронная бумага или тонкая чертежная бумага. Она не должна быть

слишком гладкой для обычных случаев, иначе опилки, будучи слегка приведены в движение, слишком легко устремляются по направлению к магниту. Я нашел, что при очень слабых или далеко отстоящих магнитах иногда оказывается полезной посеребренная бумага. Опилки должны быть чистыми, т. е. свободными от грязи и окиси: последние образуют линии, но не дают хороших изображений. Опилки следует разбрасывать по бумаге с помощью более или менее тонкого сита; количество их является делом вкуса. Следует, однако, помнить, что опилки в известной мере нарушают состояние того магнитного поля, в котором они находятся, и что в случае небольших магнитов, например — магнитных стрелок, следует избегать большого количества опилок. Крупные и мелкие опилки одинаково полезны в тех случаях, когда задаются целью сохранить образовавшиеся рисунки. Для распределения последних лучше пользоваться тонким ситом и обыкновенными опилками, чем сначала сортировать опилки: при этом получается более хорошее распределение их на бумаге. После того как опилки равномерно посыпаны на бумагу, следует очень легко постучать по ней кусочком дерева, например, ручкой для письма. Ударять следует в тех местах, где частицы недостаточно хорошо распределились. Следует ударять сверху вниз вертикально, а не наклонно, чтобы частицы, получив на время возможность двигаться, не были согнаны со своих мест хотя бы и на мгновение; бумагу следует при этом крепко придерживать за один угол, чтобы она не сдвигалась вправо или влево. Тогда линии образуются сразу, в особенности при мелких опилках.

3236. Полученные этим путем рисунки можно указанным ниже способом закрепить и получить очень ценную запись о распределении сил в каждом данном случае. Загнув два угла бумаги, на которой лежат опилки, можно воспользоваться ими как ручками для того, чтобы поднять бумагу над магнитом и положить ее на ровную доску или на какую-нибудь другую плоскую поверхность. Приготовив раствор одной части гумми в трех или четырех частях воды, следует нанести равномерный

слой этого раствора на кусок патронной бумаги с помощью широкой кисти из верблюжьего волоса так, чтобы бумага стала как следует влажной, но чтобы жидкость на ней не стояла; затем встряхнуть следует ее в воздухе раз-другой, чтобы разбить пузырьки, осторожно положить ее на опилки, затем накрыть десятью или двенадцатью слоями ровной мягкой бумаги; сверх бумаги следует положить доску, а на последнюю положить на тридцать или сорок секунд груз фунтов в 50. Или же — для больших рисунков такой способ будет более подходящим — придерживая листы бумаги, чтобы они не могли скользить друг по другу, следует пройти рукой по всей поверхности бумаги в одном направлении, умеренно и равномерно нажимая на нее. Если после этого снять бумагу, то окажется, что все опилки пристали к ней без какого-либо значительного нарушения формы образовавшихся на ней линий; а после того, как клей засыхает, они держатся на месте очень крепко. Если к водному раствору гумми прибавить небольшое количество раствора красной кровяной соли и небольшую долю виннокаменной кислоты, то бумага принимает желтую окраску, которая не лишена известной красоты. Но, кроме того, под каждой частичкой железа обраауется берлинская лазурь; поэтому, когда опилки намеренно удаляют или же они по какой-нибудь иной причине уходят с места, запись их узора все же сохранится. Если надо сохранить только рисунки синего цвета, то можно обойтись без гумми, одним лишь раствором красной кровяной соли.

3237. Следует иметь в виду, что эти рисунки не указывают внешним своим видом на относительную величину магнитной силы в различных местах, поскольку вид линий зависит в значительной мере от количества опилок и от постукиваяия по листу; но направление и форма линий передаются хорошо, и линии в значительной мере уясняют направление, в котором силы увеличиваются и уменьшаются.

3238. Табл. V, I показывает формы, которые магнитные линии принимают у магнитного бруска. Пользуясь небольшим электро-

магнитом и изменяя силу проходящего через него тока, я не мог заметить, чтобы при изменении силы магнита наблюдалось какое-нибудь изменение формы силовых линий выше его. Табл. V, 2 показывает силовые линии над полюсом, а 3 — силовые линии между двумя разноименными полюсами. Последний рисунок находится в согласии с магнитными кривыми, как они были определены и описаны д-ром Роже (Roget) и другими, исходящими из допущения, что полюсы являются центрами сил. Различие между этими линиями и линиями, принадлежащими непрерывному магниту, которые показаны на рис. 1, вполне очевидно. Таб. V, 4 и 5 показывают линии, создаваемые короткими магнитами. В последнем случае магнит представлял собою стальной диск около одного дюйма в диаметре толщиной в 0.05 дюйма. Рис. 6 показывает результат, получающийся в том случае, когда стержневой магнит разломан пополам, но части друг от друга не отделены. Рис. 7 показывает образование внешних линий у двух новых концов магнита по мере раздвижения его частей (3231). Табл. V, 8, 9 и 10 показывают результаты, которые получаются с двумя половинами магнита или с новыми магнитами в различных их положениях. Табл. V, 11, 12, 13 и 14 показывают результаты, получающиеся с дисковыми магнитами. Рис. 15 показывает состояние системы магнитных сил, когда последняя окружена большей системой сил и направлена противоположно ей. Рис. 16 показывает слияние силовых линий (3226) в том случае, когда магниты расположены таким образом, что их полярности находятся между собою в соответствии.

3239. Табл. V, 17 показывает силовые линии вокруг вертикальной проволоки, по которой проходит электрический ток. Все равно, какова толщина проволоки: большая или малая, это, по-видимому, не вызывает никакого различия в интенсивности силы, если только ток остается одинаковым. Рис. 18 представляет линии вокруг двух одинаковых токов, когда последние находятся под взаимным влиянием. Рис. 19 показывает результат, получающийся в том случае, когда вводится третий ток противоположного направления. Рис. 20 дает пере-

ход к катушке с тремя витками. Рис. 21 показывает направление силовых линий внутри цилиндрической катушки и снаружи у ее концов в плоскости, проходящей через ее ось. Рис. 22 представляет явление, который получается, когда в катушку вводят небольшой сердечник из мягкого железа.

3240. Табл. V, 23 и 24 дают экспериментальную иллюстрацию к тем принципам, которые я принял для объяснения атмосферного магнетизма, как общую причину суточных вариаций и т. д. (2864, 2917). Полушарие из чистого никеля, переданное мне д-ром Перси (Percy), было установлено плоской стороной кверху, и кругом него было устроено широкое кольцо для укрепления на нем бумаги. Бумага лежала на кольце и на никеле, и ее можно было посыпать опилками, которые при этом могли принимать определенное расположение. В той же горизонтальной плоскости на расстоянии около двух дюймов от никелевого полушария находился конец стержневого магнита; таким образом можно было определить формы силовых линий, связанных с этим полюсом, над местом никелевого полушария при различных условиях, а также в случае, когда это полушарие было удалено. Когда никеля не было на месте, силовые линии имели вид, показанный на рис. 23. Когда никель находился на месте, линии имели вид, показанный на рис. 24. Нагревая никель, когда он находился на месте, с помощью спиртовой лампы, можно было повысить его температуру настолько (около 600° по Фаренгейту), что он утрачивал свои обычные магнитные свойства, и тогда формы силовых линий, как это показали опилки, получались такими, как если бы никеля не было. Убрав лампу, я имел возможность получить расположение опилок последовательно на ряде кусков бумаги и четыре раза получил результаты, аналогичные рис. 23, и только после этого температура никеля понизилась настолько, что стали получаться силовые линии, соответствующие рис. 24.

3241. Таким образом, с никелем получились результаты, в точности совпадающие с теми, которые я принял для кислорода в атмосфере. Изменение формы силовых линий около

охлаждающегося никеля в этом опыте — это те самые изменения, которые я воображал себе в шаровой модели охлаждающегося воздуха (2865, 2874). И никель и кислород являются парамагнитными телами и изменяются в *одном и том же направлении* при нагревании и охлаждении; а так как область изменений кислорода охватывает температуры выше и ниже обычной (2861), то необходимо *должно* происходить в известной мере отклонение силовых линий, проходящих через атмосферу, анологичное тому отклонению, какое имеет место у нагревающегося и охлаждающегося никеля. Из результатов, полученных с никелем, видно, что силовые линии, проходящие совершенно вне его, по этой именно причине не продолжают идти по неотклоненному пути, а отклоняются в ту и другую сторону вследствие того, что другие линии располагаются внутри никеля; этот результат, независимо от того или иного воззрения на физическое действие магнитной силы, должен быть одинаково верным и в случае кислорода, и в случае никеля, так как магнитная сила имеет вполне определенный характер — независимо от того, как ее себе представлять: с помощью центров силы или с помощью силовых линий.

3242. Соответствует ли величина отклонения в случае атмосферы тем фактам, которые были зарегистрированы наблюдателями, это — вопрос, на который, думаю, можно будет ответить не раньше, чем мы будем знать влияние очень низких температур на магнитную силу атмосферы. В опыте с никелем отклонение в некоторых местах составляет 30° или 40° . В природе этот подлежащий объяснению эффект составляет не более 13 или 14 минут.

Королевский институт.

20 декабря 1861 г.