

НАУКА ДЛЯ ВСЕХ

В. В. РЮМИН

БЕСЕДЫ
О МАГНИТИЗМЕ

С 40 рисунками

Д. Митрохин

ИЗДАТЕЛЬСТВО
" ПЕТРОГРАД "
ЛЕНИНГРАД 1925 МОСКВА

В. В. РЮМИН

БЕСЕДЫ О МАГНИТИЗМЕ

(С 40 РИСУНКАМИ)

ИЗДАТЕЛЬСТВО „ПЕТРОГРАД“
ЛЕНИНГРАД—МОСКВА.

1925.

И.В.И. 2017 Киев

Ленинградский Гублит № 19536.

Тираж 5000 экз. 11 л.

2-я тип. „Транспечат“ НКПС им. тов. Лоханкова. Ул. Прады, 15.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

Стран.

Предисловие	7
Беседа I. Первоначальное знакомство с магнитом	9
Можно ли объяснить, отчего магнит притягивает железо?—Как впервые люди познакомились с магнитом.—Магнит в сказках и легендах.—Древние писатели о магните.—На север или на юг указывает магнитная стрелка?—Любопытный опыт с двумя магнитами.—Магнитные полюса.—Можно ли получить магнит с одним полюсом?—Наша Земля тоже магнит.—Как делают искусственные магниты	
Беседа II. Дальнейшее знакомство с магнитом	26
Несколько опытов с магнитом.—Магнитный спектр.—Наблюдения Лукреция.—Мировой эфир.—Проникновение магнетизма через преграды.—Весь ли магнит магнетен?—Магнитный магазин.—Отчего железо не сохраняет магнетизма?—Вечен ли магнит?—Магнитный якорь.—Магнитное кольцо.—Многополюсный магнит.—Летающая игла.—Могила Магомета и священный камень Каабы.—Как отличить магнит от не-магнита?	
Беседа III. Магнетизм—вид энергии	42
Еще несколько опытов с магнитом.—Тела ферропара- и диамагнитные.—Душа магнита древних эпикурейцев.—Позднейшие взгляды на магнетизм.—Единство энергии и современные воззрения на магнетизм.—Магнетон.—Физика или метафизика?—Свойства магнитного поля.—Как измеряют магнитные величины.—Влияние среды.—Самодельный прибор для проверки закона Кулона.—Магнитный момент и удельный магнетизм.	
Беседа IV. Возможен ли магнит в качестве вечного двигателя?	55
Несколько слов о вечном двигателе вообще.—Вечный магнитный двигатель Вилькенса и „Русский богатырь“.—Намагничивание и размагничивание это не преобразо-	

вание работы в магнетизм.—Даровые двигатели.—Пути достижения идеала.—Не нарушает ли магнит закона сохранения энергии?

- Беседа V. Необходимые сведения об электричестве** 62
 Янтарь.—Веретено молодой гречанки.—Различие магнитных и электрических свойств.—Электризация трением.—Знакомство с электрическими явлениями.—Химические реакции, как источник электрической энергии.—Термоэлектричество.—Действие тока на магнитную стрелку.—Астатическая стрелка.—Магнит—показатель направления и силы тока.—Электрическое поле сил.
- Беседа VI. Основные сведения по электромагнетизму . . .** 72
 Магнит без железа.—Еще о гипотезах магнетизма.—Законы электромагнетизма.—Какой груз может поднять электромагнит?—Электромагнит и завоевание Алжира.—Великий мистификатор.—Без магнита не было бы многих электротехнических аппаратов.—Как изобретен телеграф.—Магнит—предупредитель железнодорожных крушений.
- Беседа VII. Превращение магнетизма в электричество . .** 82
 Открытие, сделанное Фарадеем.—Как с помощью магнита получить электрический ток?—Передача речи при посредстве магнита.—Магнитный фонограф.—Идеальный телефон.
- Беседа VIII. Применение магнита в технике** 91
 Как изобрели динамо-машину.—Генераторы и регуляторы тока.—Двигатель Якоби.—Принцип действия электро-мотора.—Магнитотепловой двигатель будущего.
- Беседа IX. Еще о магните в технике** 98
 Электромагнитные подъемные краны.—Магнитные тормоза.—Сепараторы для всех целей.—Результат прогулки Эдиссона.—Оригинальные применения магнита.
- Беседа X. Возможные в будущем и фактические применения магнита** 105
 Магнитная железная дорога Линева.—Путь без трений Баилэ.—Идеальная дорога будущего.—Роль магнита в междупланетной войне.—Великое изобретение доктора Колингворта.—Электромагнит Кинга.
- Беседа XI. Применение магнита в военном деле и в медицине** 114
 Магнит-убийца.—Магнитные пушки.—Магнит в кабинете офтальмолога и отиатра.—Санитарное значение магнита.—Магнит в руках хирурга.—Действие магнита на человеческий организм.—Магнитотерапия.
- Беседа XII. Компас** 121
 Естественные указатели стран света.—Часы—указатель севера и юга.—Компас.—Кем, когда и как был

изобретен компас?—Применение компаса в судоходстве.— Как может компас показывать направление, будучи помещен на стальном судне?—Недоумение Колумба и консерватизм ученых.—Различные применения компаса в технике и общезнании. Компас в детской.

Беседа XIII. Земной магнетизм 133

Магнетизм положения.—Не южный ли магнитный полюс на севере земного шара?—Броненосцы-магниты и магниты-мости.—Террелла Джильберта.—Элементы земного поля.—Наблюдения Гартмана и Нормана.—Ошибка Колумба.—Где магнитные полюса земного шара?—Галилей и его заслуги в области изучения земного магнетизма.—Карты Гаусена.—Магнитная аномалия.—Гумбольдт и земной магнетизм.—Исследование земного магнетизма американцами.

Беседа XIV. Изменения элементов земного магнетизма . . . 142

Почему следует постоянно производить магнитные измерения?—Периодические и не-периодические изменения элементов земного магнитного поля.—Инструменты, для этого служащие.—Немного механики.—Вариационные и самопишущие приборы.—Магнитные обсерватории и измерения, на них производимые.

Беседа XV. Связь между земным и космическим магнетизмом 152

Немного астрономии.—Кое-что о солнце.—Любопытное наблюдение иезуита Шейнера.—Солнечные пятна и связь их с явлениями на Земле.—Опять отступления в область физики.—Явление Зеемана.—Солнце и революция, социальное значение солнечных пятен.—Полярные сияния.

Беседа XVI. Космический магнетизм 165

Магнитные бури.—Влияние космического магнетизма на земные электрические установки.—Современная астрология.—Гипотезы Грингмута и Лотца.—Беспроводный телефон между Землей и Солнцем.—Электро-земно-магнитная Ассоциация в 2906 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Для кого предназначены эти беседы? С одной стороны, в них говорится о вещах, известных каждому школьнику, с другой стороны—о таких, что известны немногим.

Мы думаем, что их прочтет не без интереса и тот, кто в молодости кое-что узнал о магните, так как они освежат в его памяти эти знания и дополнят их новыми, и тот, кто не получил систематического школьного образования, но по зрелости своего ума сможет одновременно усвоить и элементарные, и более широкие знания.

Словом, наши беседы не для детей, но и не для взрослых, прошедших курс высшей школы, а для многочисленной категории лиц, стремящихся приобрести знания или пополнить их недостаточность. Думаем, что и юноша, проходящий школьный курс, с пользой прочтет нашу книгу, как дополнение к своему учебнику физики.

Это не учебник, не руководство, это—именно беседы, из которых, смеем думать, каждый читатель узнает то или другое, для него бывшее неизвестным: один больше, другой меньше, смотря по степени своей подготовки.

Автор.

Б Е С Е Д А I.

Первоначальное знакомство с магнитом.

Можно ли объяснить, отчего магнит притягивает железо?—Как впервые люди познакомились с магнитом.—Магнит в сказках и легендах.—Древние писатели о магните.—На север или на юг указывает магнитная стрелка?—Любопытный опыт с двумя магнитами.—Магнитные полюса.—Можно ли получить магнит с одним полюсом?—Наша Земля тоже магнит.—Как делают искусственные магниты.

Среди детских игрушек есть одна, по которой вот уже несколько поколений людей впервые знакомятся с магнитом. Это набор жестяных рыбок и плавающих птиц и животных, к которому приложен небольшой намагниченный стерженек. Фигурки следуют за ним по всем направлениям, если пустить их плавать в таз с водой. Старшие не очень-то одобряют эту забаву, так как в конце игры костюмы детей оказываются вымоченными, а вода пролита на пол, да и самим детям игрушка скоро надоедает:

„Ну плывут и плывут за магнитом, а почему плывут,—никто объяснить не может“

И верно! Пытливость ребенка, захотевшего узнать, отчего рыбки следуют за магнитом, наталкивается на полную невозможность со стороны взрослых дать ему удовлетворительный ответ. Сам отец семейства—великий авторитет в глазах детей—в состоянии сказать не больше как: „Видишь, у рыбок железные носы, а магнит притягивает железо,—вот рыбки и плывут за магнитом“.

Понятно, что у ребенка возникает тотчас новый вопрос: „А отчего магнит притягивает железо?“

—„А вот вырастешь, начнешь учиться и узнаешь“.

Проходят годы, поступает ребенок в школу, знакомится с физикой и ему начинает казаться, что теперь то он уж знает, отчего магнит притягивает железо. А когда он послушает, став студентом, профессорских лекций со „страшными“ для непосвященного дифференциалами и интегралами, то и окончательно уверится в своих знаниях, и на вопрос нового, подросшего за эти годы, поколения: „Отчего жестяная рыбка плывет за магнитом?“—авторитетно ответит: „Благодаря свойству железа притягиваться магнитом“.

Конечно, он будет совершенно прав, так как он уже знает, что физика—не метафизика, что она учит нас лишь тому, как, по каким законам происходит то или иное явление, и не в силах ответить на конечный вопрос: „Почему?“

В самом деле. Почему яблоко падает на землю? Потому что земля его притягивает. А почему земля его притягивает? Потому что телам свойственно взаимное притяжение—так же неотъемлемо, как способность занимать тот или иной объем в пространстве.

Мы нередко забываем злой парадокс, что разница между ученым и невеждой в том лишь и заключается, что невежда ничего не знает и ничего объяснить не может, тогда как ученый тоже ничего не знает, но все может объяснить.

Конечно, это не так! Ученые знают весьма многое и, многое умея объяснить, не могут объяснить все. В парадоксе этом, однако, есть зерно истины, заключающееся в том, что по самому существу вопроса ответ, даваемый на него учеными, нуждается в новом вопросе и, в конце концов, приводит нас к тем основным свойствам вещества, рассуждения о которых выходят из области физики и относятся к метафизике,—где можно строить предположения, но наивно искать доказательств.

Вечно юным останется старый разговор Мефистофеля с жаждущим знания учеником: „Но, ведь, в словах должно же быть заключено какое-нибудь понятие?“—говорит ученик, а умный бес лукаво отвечает: „Совершенно верно, только из-за этого не стоит слишком мучить себя. Там, где отсутствует понятие, всегда найдется подходя-

щее слово. Словами можно отлично вести споры, словами строят системы, словам весьма легко верят“.

Памятуя это изречение, не станем доискиваться почему магнит притягивает железо, а ознакомимся с явлением этого притяжения как с существующим фактом, с теми условиями и законами проявления магнетизма и теми приложениями в разных отраслях человеческой деятельности, которые ему дали люди науки и практики.

Читатель увидит, что все объяснения причин магнетизма даются по рецепту Мефистофеля, но о самом магнетизме он узнает немало интересного. Ведь, это любопытное явление природы многие сотни лет привлекало внимание миллионов людей! Немудрено, что среди этих миллионов нашлись лица, изучившие законы магнетизма и сумевшие найти магниту сотни применений в жизни. Достаточно сказать, что такие „чудеса техники“, как телеграф, телефон, передача силы на расстояние и пр. основаны на его свойствах.

Начнем же знакомиться с этими свойствами приблизительно в той последовательности, в которой ознакомились с ними многочисленные поколения наших предшественников.

Среди разнообразных руд железа одной из важнейших является магнетит, или магнитный железняк, содержащий свыше 72% железа и применяемый издревле к выплавке этого металла. Эта ценная для человечества руда местами образует богатейшие залежи. На европейском континенте она залегает главным образом у нас и в Швеции. На Урале целые горы—Благодать, Магнитная, Высокая и Качканар—почти сплошь состоят из этой руды. В Швеции обилием магнитного железняка славятся Даннемора, вблизи Упсалы, Гренгесберг и др. места. Имеются обширные месторождения магнетита и в других странах.

Кем и когда было впервые обнаружено, что магнитный железняк (понятно, названный так лишь впоследствии) притягивает железо,—история не дает нам ответа. Во всяком случае, это очень древнее наблюдение. Как о факте давно известном, об этом упоминают еще Фалес Милетский, Лукреций, Платон и позднее Аристотель и Плиний.

В отличие от других, известных древним грекам минералов, куски упомянутой выше руды, хорошо притягивавшей железо, назывались ими „тем камнем“ или „способым камнем“. Иногда называли их „камнями Геркулеса“, чтобы этим выразить силу таких кусков. Впоследствии, однако, все другие названия были заменены словом „магнит“, происходящим от названия города Магнезии в Малой Азии, служившего ярмаркой для товаров, привозимых с далекого севера, в том числе, быть может, и для таинственных камней, обладавших удивительной способностью притягивать железо.

В учебниках физики приходится читать, что магнитная руда добывалась около Магнезии. Возможно, что так и было. Один русский путешественник ¹⁾, посетивший этот город в конце 80-х годов прошлого века, говорит, что „Магнезия сообщила свое название чудесному минералу, притягивающему железо, найденному в Сипиле (гора вблизи города), который, говорят, и до сих пор содержит в себе образчики этого камня“. Он же отмечает, что „Сипил был известен в древности частыми ударами в него молнии“. Последнее обстоятельство косвенно подтверждает, что в древности Сипил был богат магнитным железняком, который, возможно, за долгий период эксплуатации был почти весь выбран. В учебниках минералогии и металлургии нашего времени нет указаний на добычу железной руды вблизи Магнезии.

Другое объяснение слова „магнит“, названного так якобы по имени пастуха Магнуса, открывшего, что этот камень притягивает гвозди его сапог, тоже иногда приводимое в курсах физики, является одной из басен Плиния.

Вне всякого сомнения, что еще задолго до греков восточные культурные народы знали явление магнетизма. Возможно, что китайцы одни из первых остановили свое внимание на удивительном свойстве магнитного железняка. Они называли его „ни-тши-ги“, т.-е. любящий камень, ибо его притягивает к себе железо, как мать своего ребенка.

¹⁾ В. А. Теплов.

Помимо магнитного железняка и некоторые другие руды железа, а также куски метеорного железа обладают магнетизмом, но в первых он слишком слаб, а вторые встречаются весьма редко, так что факт этот мог быть подмечен лишь в позднейшее время.

Если небольшой кусок магнитного железняка притягивает к себе опилки и мелкие вещи, то надо думать, целая гора, состоящая из такой руды, притянет к себе всякий железный предмет, как бы велик он ни был. Из такого предположения и создались удивительные легенды о магнитных горах и островах.

В народных арабско-персидских сказках говорится об островах, к которым будто бы не может безнаказанно приблизиться ни один корабль, скрепленный железными гвоздями и связями. Железо с такой силой выдергивается из корабля, улетаая к горе, что корабль разваливается и тонет в виду острова.

Великий, но весьма доверчивый естествоиспытатель древнего времени, Плиний, пресерьезно рассказывает о двух магнитных горах на берегах Инда, из которых одна притягивает, а другая отталкивает железо с такой силой, что человек в сапогах, подбитых железом, не может поднять ногу, став на первую гору, и не в состоянии подойти ко второй.

Аналогичная легенда, относящаяся ко времени 220—210 г. до нашей эры, существует и у китайцев.

Вот как излагает эту легенду М. Брандт:

„Ши-Хуан-Ди построил в Сян-Яне Синангфу дворец, знаменитый Афань-чун, зала которого в верхнем этаже вмещала 10.000 человек, а в комнатах нижнего можно было ставить знамена в 50 футов высоты. Вдоль этих покоев шла галлерей. По преданию, одни ворота состояли из магнитного железняка, и если воин в железном панцыре, или кто-либо со спрятанным оружием пытался пройти через ворота, магнит задерживал его на месте. Подобное же сказание, касающееся действия магнита, находится в истории народного героя Чжугэяна и объясняется индийским влиянием“.

Все эти саги и легенды значительно преувеличивают силу естественных магнитов, которые обыкновенно так

слабы, что не в силах притянуть и удержать предмет, превышающий их по весу.

Вдобавок такая подъемная сила не пропорциональна весу магнита. Если магнит весом, скажем, в фунт может удержать полуфунтовый кусок железа, то это не значит, что десятифунтовый магнит удержит кусок железа, весом в пять фунтов.

Но от легенд, преувеличивающих силу магнита, мы не избавлены и в новейшее время. Так, имеются не проверенные сведения, что знаменитый Ньютон был обладателем перстня, в котором, вместо драгоценного камня, был вставлен естественный магнит, поднимавший железные предметы, в двести раз превышавшие вес самого магнита.

В настоящее время естественными магнитами в практике совершенно не пользуются. Они находят место лишь в минералогических коллекциях да в физических кабинетах учебных заведений, как пособие при изучении курса минералогии и физики.

В те времена, когда искусственных магнитов еще не умели делать, а применяли естественные, последним придавали форму бруска, близкого к кубу, или обтачивали их в виде шара. Позднее начали заключать куски магнитной руды в оправу из мягкого железа, что во много раз увеличивало их подъемную силу, направляя притяжение, оказываемое магнитом, в одну сторону. Мы поймем роль такой арматуры и производимого ею усиления действия магнита, когда ближе ознакомимся со свойствами последнего.

Эти естественные магниты иногда достигали довольно значительных размеров. В физическом кабинете дерптского университета имеется, например, естественный, магнит, весящий без арматуры 30 фунтов. В арматуре он поднимает груз в 87 фунтов. В первое время, когда стали готовить магниты искусственно, хорошие куски магнитного железяка еще могли с ними успешно конкурировать. Вполне хороших результатов при изготовлении искусственных магнитов впервые добился Савери, живший в начале XVIII века в Англии. Это произошло приблизительно после двухсот лет пользования естественными магнитами в качестве компасов. Такое

долгое неумение их готовить объясняется слабыми сведениями тогдашних техников в металлургии. В те времена еще не отчетливо различали сорта стали и жесткого железа и не умели готовить по произволу сплав строго определенного состава и свойств, к числу которых относятся и способность сплава хорошо намагничиваться.

Между тем способность магнита намагничивать подносимые к нему железные изделия была известна еще древним. В диалоге Платона приписаны Сократу следующие слова: „Этот камень не только сам притягивает железное кольцо—он одаряет своей силой и кольцо, так что оно, в свою очередь, может притягивать другое кольцо, и таким образом могут висеть друг на друге множество колец или кусков железа; это происходит только благодаря силе камня“.

Действительно, не трудно убедиться, поднося магнит к кучке железных опилок или мелких гвоздей, что ближайший к магниту ряд их, непосредственно им удерживаемый, увлечет за собой новые ряды опилок или гвоздей, которые станут держаться друг за друга, не касаясь самого магнита.

Итак, мы узнали о магните, что он не только притягивает железо, но и превращает его при этом тоже в магнит. Легко видеть, что как только опилки или железные гвозди (не стальные) удалить от магнита, они тотчас теряют приобретенный (наведенный или, говоря научным языком, индуктированный) магнетизм.

Неизвестно, где и когда было впервые обнаружено, что если заменить мягкое железо сталью, то последняя не только притянется магнитом, но и сама станет им, но и сохранит приобретенный магнетизм, будучи удалена от магнита. Между тем это наблюдение было кардинально важным, так как оно-то и дало возможность готовить искусственные магниты. В стали как бы существует какая-то сила, задерживающая индуктивный магнетизм и, в отличие от мягкого железа, превращающая намагниченную сталь в постоянный искусственный магнит.

Для такого превращения стального бруска или стрелки в постоянный магнит достаточно приложить их

к естественному или ранее изготовленному постоянному магниту, оставив так на некоторое время, а затем отвести в сторону (не отрывать с усилием!) скользящим движением. Еще лучше натирать несколько минут магнитом намагничиваемый стальной брусок в одном направлении по длине. Надо, проведя магнитом один раз по бруску справа налево, не вести им в обратную сторону, а опять приложить его к правому концу бруска и вести вновь до левого и так повторить несколько раз. После такого воздействия стальные бруски сами становятся постоянными искусственными магнитами, и ими можно намагничивать новые бруски.

Заметим, что намагничивающий магнит не передает бруску своего магнетизма, не перестает быть магнитом и даже не становится слабее; он только возбуждает в бруске свойство, как будто бы и раньше ему присущее, но находившееся в скрытом состоянии.

Ранее чем перейти к попыткам объяснения такого факта, ознакомимся еще с одной особенностью магнита, быть может, не менее замечательной, чем его способность притягивать железо.

Если выпиленному из естественного магнита или искусственно намагниченному стержню дать возможность свободно перемещаться в пространстве, то они примут вполне определенное положение и, будучи из него выведены, опять к нему вернуться. Если ограничить свободу перемещения стерженька или, что еще лучше, стрелки только горизонтальной плоскостью, пустив их плавать на пробке по воде, или подперев в центре тяжести на острие, то они расположатся одним концом к северу, другим к югу. Эта способность магнита автоматически ориентироваться в пространстве, как уверяют китайцы, была им известна чуть ли не за четыре тысячи лет до нашего времени. Весьма возможно, что эта дата преувеличена, но несомненно, что в энциклопедическом словаре, относящемся к 121-му году до нашей эры, китайский писатель Гуи-Чин определяет магнит, как камень, дающий направление игле.

Китайцы называли компас, т. е. стрелку, служащую указателем стран света, „указателем юга“, и знали, что стрелка указывает на юг всегда одним и тем же кон-

цом, который они обычно окрашивали в красный цвет. Окраска эта не была случайной. Китайцы, подобно другим древним народам Азии, обозначали страны света условно цветами. В одном ассирийском календаре времен Александра Великого север называется черной страной, юг—красной, восток—зеленой и запад—белой. Сообразно этому городские ворота в Китае окрашивались, северные в черный, южные в красный, западные в белый, а восточные в зеленый цвет. Вероятно халдейско-ассирийское обозначение стран света цветами, ныне сохранившееся лишь у китайцев, ранее было общепринятым. Весьма возможно, что такково, например, происхождение названий Красного и Черного морей, лежащих на юг и на север от Средиземного, берега которого в древности были средоточием цивилизации.

Все это не было известно европейским ученым средневековья, заимствовавшим красную окраску магнита от китайцев и приписавшим этому цвету какое-то таинственное влияние на силу и продолжительность его действия.

Велика сила традиций! Мы и до сих пор обычно окрашиваем магнит, для предохранения его от ржавления, в тот же красный цвет, как и китайцы...

У известного английского писателя Р. Киплинга (в книге „Ruck of Rook's Hill“) есть сценка, отлично иллюстрирующая различие привычек именовать компас указателем юга или указателем севера. Нижеприводимый разговор ведется между современным ребенком и явившемся ему привидением средневекового рыцаря. Рыцарь рассказывает: „Но вот другое чудо. У желтого человека стояла в шкатулке чашка с красными знаками



Рис. 1. Китайский „указатель юга“.

по борту, а в чашке на тонкой нитке висел кусочек железа, не толще стебелька соломы. В железе сидел дух, которого желтый увел из его страны на юг. Дух день и ночь стремился вернуться к себе домой и потому железный стерженек постоянно указывал на юг“.

— На юг?—спросил Ден и опустил руки в карман.

— Я видел это собственными глазами. Каждый день, с утра до вечера, сидевший в железе дух знал, куда ему хотелось итти, и поворачивал конец стержня, в направлении юга. Ну? Было ли это волшебством?

— То, о чем вы говорите, походило на это?—спросил Ден и вытащил из кармана свой компас.

Рыцарь от изумления глубоко вздохнул.

— Да, да. Мудрое железо дрожало и висело совершенно таким образом. Ну, стрелка спокойна, теперь она показывает на юг.

— На север,—поправил Ден.

— Нет, на юг. Юг там,—указал рыцарь. И оба засмеялись потому что, конечно, раз один конец стрелки показывает на юг, то другой указывает на север.

— Те-те-те,—протянул рыцарь.—Раз ребенок может носить эту штуку в кармане, в ней нету никакого волшебства.

— А почему стрелка указывает на юг...т.-е. на север?

— Папа говорит, что этого никто хорошенько не знает.

Рыцарь вздохнул с облегчением.

— Значит, в мудрой палочке есть нечто волшебное. Для нас она была волшебством“

Но отложим пока вопрос о компасе и не будем теперь касаться причин, по которым стрелка его становится одним концом на север, другим на юг; заметим только, что эти концы соответственно называются северным и южным.

Возьмем две намагниченных стрелки и подвесим их за середину, чтобы они висели приблизительно горизонтально. Кроме них возьмем еще две узких пластинки, одну железную, другую стальную. С этими несложными приспособлениями мы сможем произвести ряд интересных опытов, знакомящих нас со свойствами магнита.

Чтобы не спутаться, отметим концы компасных стрелок буквами: направленные к северу—буквой N, направленные к югу—буквой S.

Сближим наши стрелки разноименными концами, например к N—концу одной стрелки поднесем S—конец другой. Как и можно было предвидеть, стрелки притянутся. Действительно, раз магнит притягивает сталь,—отчего бы двум стальным магнитам не притянуть друг друга?

Попробуем повторить опыт, сближая одноименные концы магнитных стрелок, хотя бы северный с северным. Если мы впервые наблюдаем, что из этого происходит, то результат этого наблюдения нас не может не удивить: магниты в этом случае оттолкнутся друг от друга!

Такое же отталкивание произойдет и при попытке сближить их южные концы.

Понятно, что это явление вызвало у наблюдателей соображения о причине ориентации магнитной стрелки в пространстве. Впервые высказал эти соображения лейб-медик Елизаветы Английской Уильям Джильберт, современник Великого Галилея, в своей книге: „О магните“, изданной в 1600 году.

Читатель и сам вероятно догадывается, в чем оно состояло. Если один конец стрелки всегда притягивается, а другой соответственно всегда отталкивается северным полюсом Земли, то и сама Земля значит, не что иное, как огромный естественный магнит.

Теперь мы видим и то, что конец стрелки, указывающий на север, в сущности заключает южный магнетизм, т. к. он притягивается магнетизмом северного полушария земного шара. Правильнее было бы его называть южным концом, памятуя, что притягиваются разноименные концы магнитов. Но существующие наименования так укоренились, что изменять их не стоит, и мы и впредь будем конец стрелки, указывающий на север, называть северным, а не южным.

Продедаем еще один опыт. Возьмем тонкую намагниченную полоску. Поднеся один из концов ее к северному концу компасной стрелки, определим ее полюса. Если поднесенный конец притянет северный конец

стрелки,—значит в нем находится южный магнитный полюс, если оттолкнет, то северный. Легко убедиться, что другой конец полоски в первом случае оттолкнет, а во втором притянет южный конец стрелки.

Любопытно попробовать исследовать каждый полюс в отдельности. Такие стальные полоски легко ломаются прямо руками. Сломаем нашу полоску прямо по середине, по линии безразличия, где она одинаково притягивается и северны, ми южным полюсами магнита,

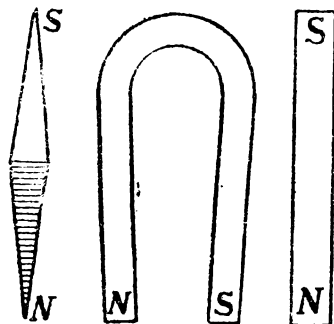


Рис. 2. Искусственные магниты.

т.-е. где она лишена магнетизма или где действия ее северного и южного полюсов взаимно уравновешены. Предварительно, чтобы не перепутать, отметим на полоске чернилами, где южный и где северный полюс.

Возьмем в руку ту половину полоски, на которой отмечен ее северный полюс. Он, как и следовало ожидать, оттолкнет северный конец компасной стрелки. Поднесем теперь к северному концу стрелки противоположную сторону нашего обломка, т.-е. место излома.

Что должно произойти теперь? Понятно, что если в нем и нет магнетизма, он должен притянуть к себе стрелку, так как—с какой силой магнит притягивает сталь, с такою и она влечет его к себе. Это общий физический закон: „Действие равно противодействию.“

Значит—и опыт это подтверждает—конец стрелки притягивается местом излома полоски.

Посмотрим теперь, притянет ли он и ее южный полюс, как это должно бы было быть, если место излома не имеет магнетизма? Нет. Оказывается этот конец отталкивает южный полюс стрелки, следовательно, здесь в полоске появился тоже южный магнитный полюс, который, казалось, остался на другом куске.

Повторим опыт с этим другим. Находим, что в нем вблизи прежней ливии безразличия образовался северный полюс. Итак, магнит, переломленный пополам дает не две половины магнита, а два новых магнита половинного размера.

Если взятая пластинка неособенно длинна, разломить ее половины опять пополам, т.-е. разломить от руки первоначальный магнит на четыре приблизительно равные части, трудно. Можно, конечно зажать его в струбцинку и ломать щипцами, но лучше для этого опыта заменить стальную полоску тоненькой пилочкой для лобзика. Кстати, в ней по направлению зубьев можно отличать полюса.

Оказывается, что каждая четверть первоначального магнита будет новым магнитом. Продолжая деление пилки, каждый раз будем получать все более и более слабые магниты, каждый с двумя полюсами: северным и южным. Получить магнит только с одним из них невозможно.

Здесь мы должны сделать небольшое отступление и раньше, чем притти к выводу из проделанных опытов, поговорить о строении вещества.

Вы, вероятно знаете, что вещество, или материя газов, жидкостей и даже твердых тел состоит из мелких механически неделимых частей, или молекул. Они не находятся в непосредственном соприкосновении друг с другом. Наличие расстояния между молекулами объясняет, например, расширение тел при нагревании.

Является ли пространство между молекулами абсолютно пустым, или оно заполнено особой средой, передающей действие взаимного притяжения молекул—вопрос спорный. Еще сравнительно недавно физика признавала существование такой связующей среды,—мирового или междуатомного эфира. Говорим: междуатомного, а не междумолекулярного, потому что сами молекулы не являются пределом деления материи. Они состоят из атомов, в свою очередь, по современным научным воззрениям, являющихся сложно организованными. Но эти подробности строения материи пока для нас неинтересны. В данный момент нам достаточно знать, что материя состоит из отдельных молекул, разрушить ко-

торые могут только химические процессы, а не механические усилия.

Вспомним проделанный нами опыт деления магнита на части. Ничто не препятствует предположению, что если бы мы могли продолжать наше деление до конца и разбить наш магнит на отдельные молекулы, то каждая из них оказалась бы магнитом с двумя полюсами.

Итак, магнит можно рассматривать как сумму молекулярных магнитов. Это важное в истории физики представление о магните приближает нас к знакомству с современной гипотезой о сущности магнетизма, но мы сможем сказать о ней лишь в одной из дальнейших

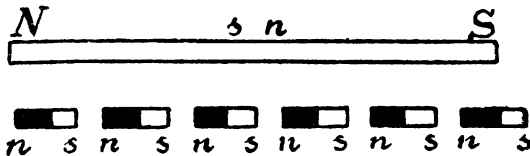


Рис. 3. Деление магнита на части.

наших бесед. Предварительно нам предстоит ближе изучить свойства магнита, чтобы попытаться дать ответ на вопрос: „Что такое магнетизм“?

Теперь же упомянем о нескольких других способах намагничивания помимо намагничивания простым соприкосновением.

Как видим, с точки зрения гипотезы молекулярных магнитов, цель намагничивания сводится к ориентировке этих последних. Можно нарисовать себе такую картину: в железе, стали и других веществах способных намагничиваться, каждая отдельная молекула сама по себе является магнитом; если же вещество и не проявляет магнетизма, то лишь потому, что молекулы его расположены как понало, в самых различных направлениях, и в любой точке его северные полюсы молекул нейтрализованы южными полюсами других молекул, вблизи лежащих. Действие отдельных молекулярных магнитов, таким образом не суммируется в один общий магнит.

Под влиянием же постороннего магнита все, или хотя бы многие из молекул металла изменяют свое положение, становясь своими северными полюсами по направлению к южному полюсу намагничивающего магнита.

По такому предположению о строении магнитных веществ выходит, что намагничивающий их магнит ничего им не передает, а только способствует проявлению уже ранее им присущего магнетизма.

Для достижения такого расположения молекул северными полюсами в одну, а южными в другую сторону, предложено несколько способов намагничивания.

Заметим, что для изготовления искусственных магнитов наиболее подходящими оказываются особые сорта стали. С конца прошлого века для этого берут весьма твердую вольфрамовую сталь, содержащую около 3% редкого металла вольфрама. Подъемная сила магнитов, изготовленных из этой стали, почти втрое больше, чем у обыкновенных стальных магнитов. Недавние опыты Прейса и Вейса на сталелитейном заводе Круппа показали значительное увеличение магнитных свойств стали от прибавки к ней небольших количеств кобальта. В 1921 г. японские ученые Хода и Саито выработали сплав для изготовления магнитов, дающих еще втрое большую подъемную силу, чем из вольфрамовой стали. Он состоит из 0,4—0,8 частей углерода, 30—40 кобальта, 1,5—3 хрома, 5—9 вольфрама, 0,4—0,8 молибдена и 46,4—62,7 железа.

Вероятно, в дальнейшем будут найдены сплавы, обладающие еще большей насыщенностью, что даст возможность заготовить магниты с еще большей подъемной силой, чем современные.

Стержни или полосы стали, предназначенные для намагничивания, подвергаются специальной закалке, после чего они медленно отпускаются в кипящей воде или ее парах в течение 20—30 часов. Чтобы намагнитить стальной брусок, можно, во-первых, как мы уже видели, проводить по его поверхности одним концом магнита во всю длину бруска по одному направлению. Если мы, например, проводим по бруску северным концом магнита слева направо, то этим заставляем моле-

кулярные магниты бруска расположить направо своими южными полюсами. Еще лучше, понятно, натирать полосу концами двух магнитов от середины (будущей линии безразличия) северным в одну, а южным в другую стороны.

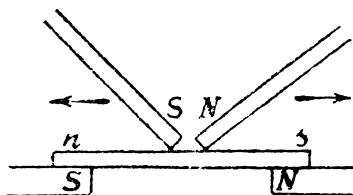


Рис. 4. Один из способов намагничивания стального бруска.

Так еще скорее достигнем цели—повернуть все молекулярные магниты южными полюсами в направлении той половины, по которой проводим северным концом магнита, а северным в обратную.

В-третьих, можно расположить намагничиваемые бруски непрерывной цепью, чтобы они касались концами друг друга, при чем последний брусок касался бы первого, и водить вдоль цепи одним полюсом магнита.

В-четвертых, можно положить намагничиваемую полосу концами на концы двух полосовых магнитов, на северный конец первого и на южный другого. Это уже само по себе вызовет в концах полосы противоположные полюса. Усилить же их легко натиранием полосы двумя другими магнитами от середины к концам. Натирают северным концом половину полосы, опирающуюся на северный конец подложенного под нее магнита, южным—другую, лежащую на южном же конце (рис. 4).

Этот способ дан Дюгамелем и усовершенствован Эпинусом.

Самый же лучший способ—прибегнуть к действию электрического тока, но о нем мы пока вынуждены умолчать. В свое время мы к нему вернемся, а пока заметим, что именно,

В-третьих, можно расположить намагничиваемые

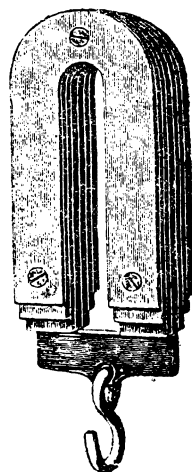


Рис. 5. Сильный искусственный магнит (по системе Жамена).

благодаря ему, магнит и получил современное разностороннее приложение в технике.

И еще заметим, что по какому способу ни намагничивать стальную полосу, нельзя довести ее магнитную силу до любого предела. Каждый магнит может быть намагничен „до насыщения“, и дальнейшее его намагничивание будет совершенно бесполезно, так как не увеличит уже достигнутой при этом подъемной силы.

Б Е С Е Д А II.

Дальнейшее знакомство с магнитом.

Несколько опытов с магнитом.—Магнитный спектр.—Наблюдение Лукреция.—Мировой эфир.—Проникновение магнетизма через преграды.—Весь ли магнит магнитен?—Отчего железо не сохраняет магнетизма?—Вечен ли магнит?—Магнитный якорь.—Магнитное кольцо.—Многополюсный магнит.—Летающая игла.—Могила Магмета и священный камень Каабы.—Как отличать магнит от не-магнита?

Снимем с подвеса стрелки, служившие нам для опытов, описанных в первой беседе. Положим их на столе параллельно друг другу, но направленными разноименными концами в одну сторону, так чтобы около северного конца одной стрелки лежал южный конец другой и обратно. Еще лучше будет, если вместо стрелок возьмем два полосовых магнита. Прикроем их листком картона или плотной бумаги, деревянной тоненькой дощечкой, либо куском оконного стекла и станем сыпать это прикрытие мелкими железными опилками. Опилки следует предварительно промыть в спирте, чтобы их обезжирить, и просушить.

Сыпать опилки весьма удобно из перечницы или из широкогорлой склянки, через кисею. Сыпать надо равномерно, постукивая пальцем по стенке банки и временами по обсыпаемому опилками прикрытию. Как бы мы ни старались покрыть картон или стекло ровным слоем опилок, магнит окажет на них свое притягательное действие, и они расположатся, образуя красивый рисунок, называемый магнитным спектром. Этот спектр представляет пучок отдельных линий, образованных притянувшимися друг к другу опилками. Нити, или точ-

нее цепи опилок как бы выходят из конца одного магнита и входят в конец другого.

Для дальнейших сравнений различных видов магнитных спектров весьма удобно закрепить эти нити, так как каждый случайный толчок или ничтожное перемещение магнита нарушат первоначально образовавшийся спектр, искажая правильность его линий.

Для закрепления магнитных спектров картон или стекло (последнее брать предпочтительнее) обливают

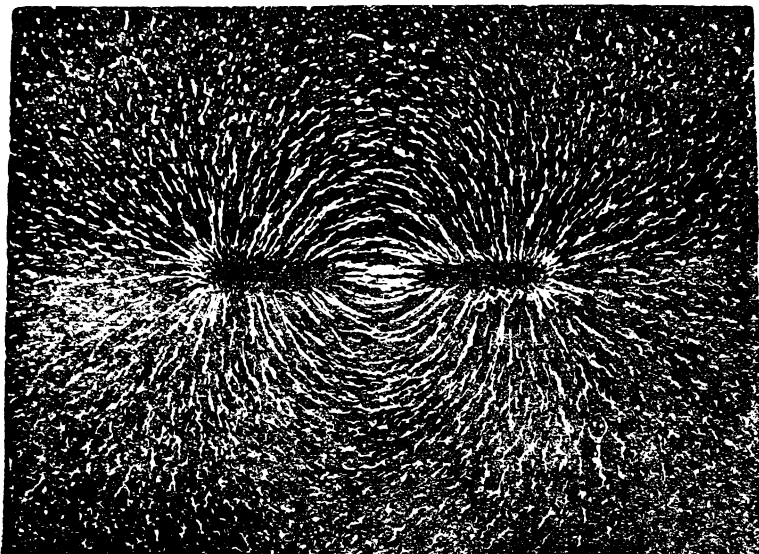


Рис. 6. Магнитный спектр, образованный полосовым магнитом.

расплавленным парафином. Чтобы он не стекал со стекла, стекло оклеивают бортиком из тонкого картона. В начинающий застывать парафин осторожно сыплют опилки, которые и дадут в застывшей массе прочно включенный магнитный спектр.

Имеющие проекционный фонарь могут на досуге проектировать полученные таким образом спектры на экран, предохранив парафин от расплавления применением к фонарю охладителя.



Рис. 7. Магнитный спектр, образованный подковообразным магнитом.

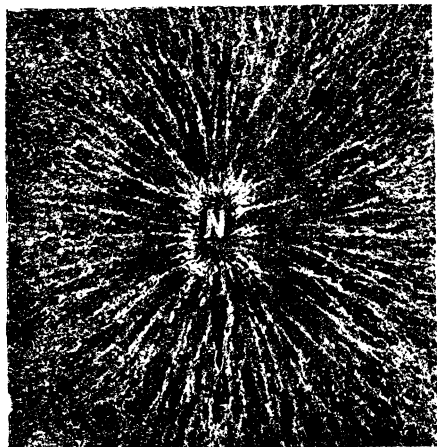


Рис. 8. Спектр, образованный одним полюсом магнита.

Повторим опыт получения спектра, расположив магниты одноименными концами в одну сторону. В образующейся картине спектра проявится отталкивание одноименных полюсов магнита. Нити, из которых складывается спектр, загнутся вокруг магнитов по направлению осей последних, как бы отталкиваясь от соседних одноименных полюсов и стремясь к противоположным полюсам.

Будем варьировать этот опыт дальше. Расположим магниты не параллельно друг другу, а по одной прямой, так чтобы они служили продолжением друг друга, но не соприкасались концами. И в этом случае, если магниты сближены разноименными полюсами, нити спектров будут выходить из одного конца и втягиваться в соседний конец другого магнита, если же магниты сближены одноименными полюсами, то образуются два самостоятельных спектра, словно обтекающих каждый из магнитов и отталкивающихся друг от друга.

После этого, сняв со стола один из магнитов, получим спектр

одиначного магнита. Еще лучше получить такой спектр в специальном приборчике Теплера. Это узенький ящичек, длинные стенки которого застеклены, а в узкие вправлены разноименные концы магнитов. Прибор наполняют глицерином с размешанными в нем железными опилками, которые располагаются по отношению к прямой, соединяющей оси магнитов, выпуклыми кривыми линиями. В отличие от предыдущих опытов, в которых мы могли наблюдать линии спектров лишь в одной плоскости, здесь мы увидим, что они проходят во

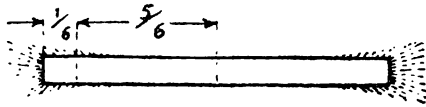


Рис. 9. Полюсы находятся от концов магнита в расстоянии $\frac{1}{12}$ его длины.

всех плоскостях, которые можно провести через ось магнитов, образуя правильное тело вращения. Где бы мы мысленно ни пересекли такой спектр пло-

скостью, перпендикулярной к оси магнитов, мы получили бы правильную окружность с диаметром наибольшим на середине расстояния между концами магнитов.

Проделаем еще один опыт. Покроем лист бумаги толстым слоем опилок и начнем приближать к ним магнит так, чтобы ось его была параллельна поверхности листа бумаги, т. е. горизонтальна. Когда магнит приблизится к опилкам, они станут притягиваться им и повиснут гроздьями по его концам, сосредоточившись преимущественно отступая от них на одну двенадцатую всей длины магнита.

Если, например, полосовой магнит имеет 6 дюймов длины, то наибольшая густота опилок будет в расстоянии полдюйма от каждого конца полосы. Середина же магнита почти совершенно не притянет опилок.

Материал для выводов, даваемый этими опытами, так обширен, что ранее, чем перейти к другим экспериментам, в нем надо разобраться. Надо посмотреть, чему проделанные опыты нас учат.

Во-первых, мы видели, что бумага, картон, дерево и стекло не препятствуют действию магнита. Его сила

проникает через них, как проникает она и через воздух. Пластика из какого-либо металла, не притягиваемого магнитом, например, из латуни, тоже окажется проницаемой для действия магнита. Эта способность проникновения магнитного притяжения через преграды, была подмечена еще древними греками. Лукреций, живший в I веке до нашей эры, пишет, что железные опилки, помещенные в медном горшке, притягиваются друг к другу, если под горшком держать магнит. После изобретения воздушного насоса ученые убедились, что и полная пустота—безвоздушное пространство—не препятствует действию магнита. Если поместим магнит под колокол воздушного насоса и выкачаем воздух, магнитная стрелка будет так же притягиваться разноименным и отталкиваться одноименным концами магнита, как и в воздухе. Следовательно, действие магнита передается не материальной средой, а чем-то иным.

Этой средой, в которой распространяется магнитное притяжение, а также электричество, свет и тяготение, как мы уже говорили, физиками прошлого столетия считался междуатомный или мировой эфир. Полагали, что он наполняет собою все пространство вселенной, свободное от материальных атомов. Шли даже дальше, рисуя себе атом, как вихрь в эфире.

Итак, в пространстве, окружающем магнит, происходит какое-то изменение, которое может быть подмечено действием на компасную стрелку. Та часть пространства, в которой это действие может быть обнаружено, носит название силового магнитного поля или просто магнитного поля, а направление действия, определяемое направлением нитей магнитного спектра, называется силовыми линиями поля, составляющими в совокупности магнитный поток.

Мы видели, что магнитные потоки разноименных полюсов стремятся слиться друг с другом, одноименных—взаимно оттолкнуться.

Рассматривая внимательно опилки, облепившие брусокый магнит, заметим, что гуще всего они располагаются, как мы уже и говорили, не на самом конце магнита, а словно втягиваются в точки сосредоточения магнитной силы.

Именно эти точки и являются полюсами магнита. Если бы лобзиком отпилить концы магнита, направляя распил через полюса, то последние не останутся на месте распила, а опять-таки окажутся на расстоянии $\frac{1}{8}$ -ой от конца магнита до его середины, т.-е. на $\frac{1}{12}$ -ой доле длины новой укороченной оси магнита.

Маленькие куски, отпиленные от концов магнита, как и следовало ожидать, обращаются в отдельные магнитики, каждый с двумя полюсами.

Не возникает ли у вас вопрос: „весь ли магнит магнитен?“, т.-е. проникают ли силовые линии поля, идущие от полюса к полюсу, через всю толщу бруска?

Факт существования магнитного насыщения, предела намагничивания, заставляет думать, что при достаточно продолжительном намагничивании все магнитные молекулы бруска принимают определенное правильное положение, установившись северными своими полюсами в одну, а южными в другую сторону. При таком достижении магнитного насыщения, не промагничивается ли, если можно так выразиться, весь магнит насквозь?

Однако, опыт показывает полную ошибочность такого предположения. Достаточно опустить намагниченный до насыщения магнитный брусок в соляную кислоту, растворяющую железо, и дать ей уничтожить тонкий поверхностный слой материала, толщиной в лист писчей бумаги (0,1 миллиметра), чтоб брусок перестал быть магнитом.

Значит, если предположение о молекулярных магнитах и верно, то ориентировка почему-то доступна только верхним слоям молекул и не проникает в толщу металла. Отсюда следует, что для получения возможно сильных магнитов нет надобности делать их слишком толстыми, а надо стараться придать им такую форму, чтобы при данном весе и материале магнита подъемная сила его была наибольшей.

Жамен, который в 1863 г. впервые проделал упомянутый опыт травления магнита кислотой, предложил для увеличения подъемной силы магнитов делать их составными из отдельных тонких полос, снабженных общей арматурой (см. стр. 24, рис. 5).

Зависимость между подъемной силой магнита и его массой для магнитов различной формы пытались неоднократно выразить определенными математическими формулами. Все они лишь приближительны, и мы, избегая в наших беседах математики, приводить их не будем. Вообще же говоря, магнит считается хорошо намагниченным, если он поднимает равный ему по весу груз. Знаменитые гаарлемские магниты, изготовляемые в г. Гаарлеме, в Голландии, могут поднимать: брусковые в 4—5 раз больше, нежели весят сами, а подковообразные даже в 18—20 раз.

Итак, опыт заставляет нас отказаться от предположения, что все молекулы магнита принимают участие в ориентации по определенному направлению. Что же касается самой гипотезы молекулярных магнитов, до поры до времени, будем ее придерживаться. Ею можно, например, объяснить явление магнитострикции, т. е. изменения объемов намагничиваемых тел. Замечено, что железо и сталь, взятые в виде длинных стержней, при намагничивании несколько удлиняются до определенного максимума силы, возбуждающей в ней магнетизм. Если же этот предел превышен, то стержни снова укорачиваются. Наоборот, стержни из кобальта становятся короче при слабом и длиннее при сильном намагничивании; никелевые стержни только удлиняются.

Той же гипотезой молекулярных магнитов можно объяснить и другие изменения, происходящие с намагниченным телом: его упругости, температуры, теплоемкости и пр. Не противоречит ей и отрицательный результат опытов над проверкой веса намагниченного и ненамагниченного железа. Опыт проделан был в 1910 г. Ллойдом на весах, точность показаний которых доходила до 0,0000007 грамма, и разности в весе обнаружено не было. Вообще же, за исключением изменений температуры, различие других свойств, меняющихся под действием магнетизма, очень невелико в количественном отношении. Оно доступно наблюдению лишь при помощи весьма точных и нередко весьма сложных приборов. Впрочем, изменение длины стержня из мягкого железа может быть обнаружено довольно оригинальным косвенным путем. При быстром намагничивании

и размагничивании, производимыми при помощи электрического тока, стержень звучит. Как в свое время узнаем, намагничивание током производится почти мгновенно. Столь же быстро и исчезает магнетизм в мягком железе. Последовательная смена магнитного и немагнитного состояний стержня сопровождается быстрым удлинением и сокращением его, что вызывает образование звуковых волн, подобных волнам, производимым дрожащим камертоном.

Упомянув о быстром намагничивании и размагничивании мягкого железа, уместно указать, что гипотеза молекулярных магнитов может объяснить и разницу в намагничивании стали и железа. В мягком (отожженном) железе, почти не содержащем углерода, молекулы, вероятно, более подвижны, чем в сортах железа, содержащих большее количество углерода, одним из которых и является сталь (иначе—литое железо). Если в мягком железе молекулы и подчиняются легко ориентации при введении металла в магнитное поле, то столь же легко и возвращаются в прежнее произвольное положение; в стали же магнитное поле не сразу ориентирует ее молекулы, но раз установив их в определенном положении, может прекратить свое влияние, молекулы же так и остаются правильно расположенными. Чем мягче железо, тем быстрее оно теряет индуктивный магнетизм. Этим свойством его пользуются в технике, применяя, смотря по надобности, то самое мягкое железо, почти мгновенно теряющее магнитные свойства, то более жесткое, сохраняющее их в течение определенного времени.

Однако, даже стальной магнит, хотя и носит название постоянного, не сохраняет приобретенного магнетизма неизменно. Подъемная сила стального магнита может быть с течением времени даже увеличена. Для этого к якорю магнита подвешивают ведро с дробью и, прибавляя ежедневно по одной дробинке, достигают отрывания якоря при большем грузе, чем это происходило раньше. Как будто бы за истекшее время большее количество молекул магнита заняли в нем правильное положение.

Обычно же, наоборот, с течением времени подъемная сила магнита уменьшается; это можно объяснить воз-

ращением все большего количества молекул в прежнее их беспорядочное положение.

Такое уменьшение подъемной силы магнита было известно еще прославленному алхимику Геберу (Абу-Мирза-Джабир). В его „Книге Милосердия“ (XII век. нашей эры) сказано: „У меня был магнит, поднимавший 100 драхм железа. Я дал ему полежать несколько времени и поднес к нему другой кусок железа. Магнит его не поднял. В куске оказалось 80 драхм. Значит, сила магнита ослабела“.

§ 4. Уменьшение подъемной силы современных искусственных магнитов, качества которых лучше, чем у естественных магнитов, бывших в распоряжении древних исследователей, не обнаруживается так резко, но самый факт уменьшения не вызывает сомнений.

Лишения магнита его магнитных свойств, размагничивание, может быть ускорено намагничиванием в обратном направлении. Так, при намагничивании по способу Дюгамеля, если переложить намагниченный брусок концами наоборот на нижние магниты и провести от середины его к концам верхними магнитами столько же раз и с такой же силой как при намагничивании, то брусок совершенно лишится магнитных свойств. Практически, однако, это неосуществимо, т. к. немыслимо намагнитить брусок в обратном направлении совершенно до такой же силы, как он был намагничен первоначально. Правда, он окажется почти утратившим магнетизм, но все же в нем можно будет обнаружить слабые остатки магнитных свойств. При этом положение полюсов остается в нем прежним, если размагничивание не доведено до конца, или станет противоположным, если размагничивание будет сильнее намагничивания. Продолжая же операцию, мы не только переместим полюса, но и достигнем прежней их силы.

В дальнейшем мы увидим, что при помощи электрического тока можно не только намагнитить, но и совершенно размагнитить сталь, так как силу тока можно урегулировать вполне точно.

Быстрому ослаблению и даже полному исчезновению магнетизма, приобретенного стальным магнитом, способствуют: многократное резкое отрывание от магнита

притянутого им груза или якоря, (т. е. специального куска мягкого железа, обычно прикладываемого к концам магнита, роль которого будет нами выяснена впоследствии) продолжительное встряхивание магнита, удары по его поверхности и нагревание до определенной температуры. Наоборот, удары и сотрясения, даваемые магниту во время операции намагничивания, способствуют увеличению его подъемной силы. В первом случае они, видимо, расстраивают ориентацию молекул, приобретенную намагничиванием, во втором—облегчают такую ориентацию.

Температура, при которой данное вещество совершенно неспособно намагничиваться, называется критической. В зависимости от состава, она для железа лежит в пределах от 690 до 870°.

Так как при нагревании тела молекулы его приходят в движение, тем более быстрее, чем выше температура нагревания, то потеря магнетизма при нагревании хорошо объясняется гипотезой молекулярных магнитов, которые при определенной скорости движения не в силах сохранять определенное направление.

Надо, однако признать, что отношение магнита к изменению температуры не так-то просто. Если, например, магнит, намагниченный при обыкновенной комнатной температуре, слегка нагреть, а затем вновь охладить, то подъемная сила его уменьшается лишь весьма незначительно. При температуре оранжевого каления (1100°) сталь и железо не намагничиваются в самом сильном магнитном поле. Предварительное многократное нагревание и охлаждение до намагничивания способствуют уменьшению чувствительности магнита к изменениям температуры. В практике пользуются этим обстоятельством, готовя магниты, которым по условиям их применения придется подвергаться нагреванию. Наконец, сильное охлаждение магнита тоже способствует уменьшению его подъемной силы, хотя некоторые сорта стали, содержащие никкель, при быстром охлаждении до температуры жидкого воздуха (— 185°), наоборот увеличивают свой магнетизм.

Тщательное изучение всех внешних влияний на силу намагничивания ведется в наши дни многими учеными

в физических лабораториях академий и высших школ всех культурных стран и далеко еще не может считаться законченным.

Отметим, что экспериментальное изучение зависимости между изменением степени магнетизма и внешними обстоятельствами разрушило ряд ложных представлений, сложившихся о магните у древних и средневековых ученых. В частности оказалось выдумкой уверение Плиния, что в присутствии алмаза магнит теряет свою подъемную силу.

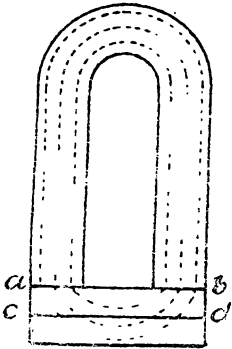


Рис. 10. Значение высокого якоря.

Итак, мы видим, что „постоянный“ магнит все же не вечен.

В отличие от силы тяготения, которая признается основным свойством материи, магнитное притяжение с течением времени уменьшается и даже совершенно исчезает. Чтобы сохранить подъемную силу магнита возможно дольше, его закрывают упомянутым уже нами якорем. Для этого к концам подковообразного магнита прикладывают железную полосу таких размеров, чтобы линии магнитного спектра, идущие от полюса, по возможности, проходили через якорь. Если якорь недостаточно высок, значительная часть линий пройдет через воздух; при отсутствии якоря все силовые линии пройдут через так называемое „воздушное междуполюсное пространство“. В том и другом случае они будут частично рассеиваться.

Полосовые магниты предохраняют от „утечки“ магнетизма, сохраняя их положенными попарно разноименными полюсами в одну сторону т.-е. если северный полюс одного полосового магнита направлен в одну какую-нибудь сторону, то в ту же сторону должен быть направлен южный полюс второго магнита, а к концам полос с обеих сторон прикладываются железные якоря. Обычно, во избежание путаницы, северные и южные концы магнитов окрашиваются в разные цвета.

Если мы имеем несколько полосовых магнитов, то можно предупредить ослабление их через утечку магнетизма и без помощи якорей, укладывая их так, чтобы они касались друг друга разноименными концами и чтобы первый магнит касался последнего, т.е. по замкнутой ломаной линии.

При беспорядочном хранении магнитов одноименные полюса их будут действовать друг на друга, образуя рассеивающиеся в пространстве спектры силовых линий, способствующие ослаблению подъемной силы магнитов. Магниты, которые по своему назначению должны оставаться слабыми, и компасные стрелки надо хранить подалеже от сильных, так как первые могут приобрести индуктивный магнетизм, а вторые даже перемагнититься.

Несколько опытов пояснят нам, отчего следует хранить магниты, как указано.

Возьмем стальное кольцо и станем по его плоской боковой поверхности водить каким-либо из полюсов магнита. Пусть это будет северный полюс, которым натирая кольцо, мы водили по направлению движения часовой стрелки. В этом случае молекулярные магниты расположатся в указанном направлении своими южными полюсами. При таком расположении они образуют ряд замкнутых цепей, в которых каждый южный полюс будет нейтрализовать действие северного полюса соседнего молекулярного магнита, и кольцо, повидимому, останется не намагниченным. Мы ведь лишь в том случае обнаружим действие магнита, если на компасную стрелку или железные опилки будет действовать его силовой поток, т.е. если они окажутся в сфере прохождения линий магнитного спектра. В кольце же, намагниченном указанным способом, все силовые линии пройдут внутри его, не проникая в воздух и, следовательно их присутствие в кольце не обнаружится притяжением к нему опилок или отталкиванием определенным местом кольца одного из полюсов компасной стрелки. Достаточно, однако, распилить в любом месте наше кольцо, чтобы убедиться в появлении вблизи места распила магнитных полюсов. Оба они станут притягивать разноименный с ним и отталкивать одноименный полюс компасной стрелки.

Понятно, что это произойдет оттого, что в распиленном кольце часть магнитного потока потечет по воздушному зазору между концами магнита. Отсюда видно, почему следует хранить полосовые магниты, расположив их замкнутой цепью

Такое положение препятствует утечке магнетизма. К тому же приведет приложение к концам подковообразного магнита якоря достаточных размеров. Подковообразный магнит с такой арматурой обращается в магнитное кольцо, не притягивающее железных и стальных предметов.

О магнитном кольце, кстати, следует заметить, что

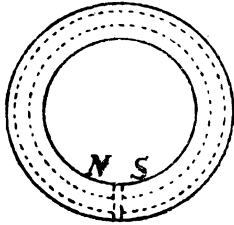


Рис. 11. Намагниченное кольцо.

молекулярные магниты в нем можно расположить и не по концентрическим окружностям, т.-е. можно получить в нем два магнитных полюса, как в брусковом, и не распиливая кольца. Для этого кольцо намагничивают, поместив между двумя разноименными полюсами магнитов, расположенных у концов одного из диаметров кольца. Тогда вблизи последних появляются разноименные индуктированные полюса.

Отчего не следует несколько магнитов бросать друг около друга в произвольном положении? Ответ на этот вопрос явится ответом и на другой еще более интересный: „может ли магнит иметь не два, а большее число полюсов?“.

Поместим вблизи полосового магнита подковообразный так, чтобы ось последнего была перпендикулярна к оси первого. Помощью компасной стрелки легко можно будет обнаружить, что при этом через некоторое время в полосовом магните появятся два вторичных полюса против концов подковообразного магнита.

Понятно, что эти полюсы, являющиеся результатом отклонения части молекулярных магнитов от их прежнего положения,—ослабляют силу первичных полюсов полосового магнита.

Таким образом, опыт дает ответ на оба поставленные вопроса. На первый—что беспорядочное хранение маг-

нитов может ослабить их подъемную силу; на второй— что число полюсов магнита может быть и более двух.

Мы уже видели, что получить магнит с одним полюсом нельзя, а теперь узнали, что их может быть несколько. Решим еще вопрос: должно ли число полюсов быть всегда четным?

Опять-таки опыт даст нам ответ на этот вопрос и при том отрицательный, т.-е., что число полюсов может быть и нечетным, например, может быть равно трем. Чтобы получить магнит с тремя полюсами, хотя бы с двумя южными у концов и северным по середине, достаточно поместить стальную полосу между двумя одноименными (в данном случае— северными) концами магнитов. Тогда в каждой половине намагничиваемой полосы ее молекулярные магниты своими южными концами повернутся по направлениям к концам полосы, а северные будут направлены к ее середине. Такой магнит можно рассматривать как два полюсовых магнита, сложенных одноименными концами.

Внимательный читатель может заранее предсказать, какой вид будет иметь спектр такого трехполюсного магнита— такой же, как двух полюсовых магнитов, соприкасающихся разноименными концами. В этом легко убедиться, проделав известный нам опыт с опилками.

В сущности это и будут два отдельных магнита, т.-к. подъемная сила среднего полюса оказывается равной сумме подъемных сил обоих полюсов по концам бруска.

Вообще надо заметить, что во всех случаях, когда в магните имеется несколько полюсов, будет ли число

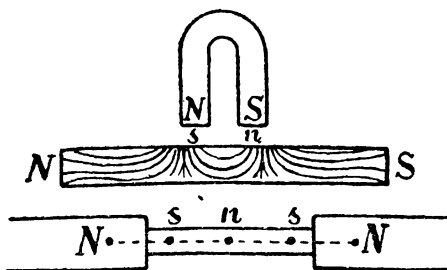


Рис. 12. Магнит с вторичными полюсами.

Рис. 13. Как получить магнит с тремя полюсами.

их четными или нечетными, сумма подъемных сил всех южных полюсов будет равна сумме подъемных сил всех северных полюсов. Как не может существовать магнит с одним только южным или только северным полюсом, так неосуществим магнит с преобладанием северного или южного магнетизма.

Проведем для развлечения после этих рассуждений, еще один опыт, эффектно подтверждающий отталкивание одноименных полюсов. Опыт этот кажется, был впервые предложен русским учителем физики Прокишным.

Положим обыкновенную швейную иглу, со вдетой в ее ушко ниткой, на подковообразный магнит так, чтобы концы иглы приходились вблизи полюсов магнита. Она при этом намагнитится и, как мы знаем, у ее острия появится северный полюс, если оно лежало вблизи южного полюса магнита, а около ушка, лежавшего вблизи северного полюса,—южный. Поднимем теперь иголку за нитку, прoderнутую сквозь ушко. Игла станет вертикально, так что ее острие будет над южным полюсом магнита. Начнем медленно отводить руку, держащую нить, по направлению к северному полюсу магнита. Когда острие иглы к нему приблизится, он станет иглу отталкивать, и при известном навыке не трудно достичь того, что игла ляжет в воздухе горизонтально. Малейшее движение руки вызовет при этом быстрый поворот иглы на пол-окружности.

Мусульманские легенды гласят, что в таком положении между небом и землею находится гробница Магомета, а некогда находился священный камень Каабы, который, лишь отяжелев от людских грехов, постепенно опустился на землю.

Закончим нашу беседу последним опытом, не столь эффектным, как предыдущий, но не менее поучительным.

В прежние годы, когда на конкурсные экзамены в высшие технические школы являлись чуть ли не десятки кандидатов на одну вакансию, большой популярностью среди экзаменаторов пользовался такой вопрос: „Положим, что у вас имеется две совершенно одинаковых по внешнему виду стальных полосы. Одна

из них намагничена, другая нет. Как отличить, не прибегая к помощи каких-либо других пособий, которая именно полоса намагничена?”

Как это ни странно, но сотни юношей, подвергавшихся конкурсу и великолепно изучившие гимназический учебник физики, „резались“ на этом вопросе. Резались только потому, что им, почерпавшим свои знания из книжки, ни разу не приходилось держать магнит в руках.

Тысячу раз был прав великий электрик и педагог Фарадей, сказав: „Учите не только уши слушателей, но и их глаза“.

Надеюсь, что читатель последует этому завету и тотчас проделает такой опыт: поднесет конец одной из пластинок к середине другой полосы. Если в руках у него случайно окажется магнит, полоска притянет другую полоску; если не магнит, то ни полоска в руках не притянет другую полоску, ни последняя, находящаяся в руках, так как линия безразличия магнитного действия не оказывает.

Притяжение же полосок их концами друг к другу не даст нам возможности определить, которая из них намагничена, потому что—с какой силой магнит притягивает не намагниченную полоску, с такую же и сам к ней притягивается.

БЕСЕДА III.

Магнетизм—вид энергии.

Еще несколько опытов с магнитом.—Тела ферро-, пара- и диамагнитные.—Душа магнита древних эпикурейцев.—Позднейшие взгляды на магнетизм.—Единство энергии и современные воззрения на магнетизм.—Магнетон.—Физика или метафизика?—Свойства магнитного поля.—Как измеряют магнитные величины.—Влияние среды.—Самодельный прибор для проверки закона Кулона.—Магнитный момент и удельный магнетизм.

Вернемся опять к опытному изучению свойств магнита. Возьмем подковообразный магнит,—придуманный, кстати сказать, во второй половине XVIII века базельским механиком Дитрихом,—накроем его листом бумаги, предварительно положив между концами магнита железную пластинку. Если нет под руками большого подковообразного магнита, можно положить железную пластинку между двумя разноименными концами двух полосовых магнитов, раздвинув их на такое расстояние, чтобы пластинка не притянулась ни к одному из них. Осыпая опилками железа лист бумаги, прикрывающий нашу установку, заметим, что силовые линии образующегося при этом магнитного спектра значительно гуще лягут под железом, чем вокруг него. Железо как бы сгущает силовой поток, словно втягивает в себя линии сил, являясь для них легче проницаемым веществом, чем воздух.

К сожалению, без сложных и дорого стоящих приспособлений нельзя каждому убедиться личным опытом, что такое сгущение силовых линий, такая проницаемость, большая проницаемости воздуха, присуща большинству тел, но только в очень слабой степени, в сравнении с железом.

Увеличение плотности магнитного потока, т.-е. напряженности магнитного поля, резко обнаруживается при прохождении тока через железо, кобальт и никель. Большинство же твердых и газообразных тел дают лишь незначительное сгущение потока, имея проницаемость немногим большую, чем проницаемость воздуха. Проницаемость последнего, в свою очередь, почти не отличается от проницаемости пустого пространства. Все вещества, сгущающие магнитный поток, носят название парамагнитных, а если это сгущение весьма значительно, то—ферромагнитных. За единицу проницаемости принимается проницаемость безвоздушного пространства. Проницаемость железа, меняющаяся в зависимости от состава и внешних условий, в среднем равна 5.500 таких единиц, кобальта 140, никкеля 300. Проницаемость остальных парамагнитных тел лишь немногим более единицы.

До XX-го века ферромагнетизм считался исключительным свойством железа и сходных с ним по химическим признакам никкеля и кобальта. Никто не предполагал, что сплавы парамагнитных металлов могут оказаться ферромагнитными, т.-е. иметь проницаемость во много раз большую проницаемости каждого из отдельных металлов, входящих в состав сплава. Однако, в 1903 г. Гейслер показал, что сплав меди, марганца и алюминия настолько ферромагнитен, что из него можно делать компасные стрелки.

Все парамагнитные вещества, если внести их в магнитное поле, в свою очередь намагничиваются, и при том так же, как железо. Стрелка, сделанная из твердого парамагнитного вещества, или стеклянная тонкостенная запаянная трубочка, наполненная парамагнитной жидкостью или таким же газом, введенная в поле сильного магнита, принимает осевое положение. Другими словами, в ближайшем к северному полюсу магнита конце стрелки или содержимого трубочки возникает южный магнитный полюс и наоборот, вблизи южного полюса магнита—северный.

В 1845 г. Фарадей показал, что весьма значительное число известных нам элементарных (простых) веществ и сложных химических тел намагничиваются указанным

образом. Он же впервые нашел, что имеется, пожалуй, не меньшее число тел диамагнитных. Эти вещества в указанном выше положении намагничиваются так, что в концах стрелок или трубочек появляются полюсы, одноименные полюсам магнитного поля.

Нетрудно догадаться, что по закону отталкивания одноименных полюсов, стрелки из диамагнитных веществ и трубочки, наполненные такими веществами, становятся в положение перпендикулярное к оси, соединяющей полюса магнита.

При исследовании магнитной проницаемости диамагнитных веществ нашли, что она меньше проницаемости воздуха и пустоты, но в общем близка к единице. Так, для наиболее диамагнитного элемента—висмута—она равна 0,9998.

Тем не менее висмут способен отталкиваться даже слабым магнитом. Потому-то и был обнаружен его диамагнетизм еще в 1778 г. Бругманом, что кусочек висмута, плававший в бумажной лодочке на воде, отталкивался обоими полюсами магнита.

Удивительно, что ни современные Бругману физики, ни позднейшие не обратили внимания на его наблюдение. На протяжении свыше полувека оно оставалось необъясненным, пока Фарадей не обнаружил своих классических исследований над отношением различных веществ к магнитному полю. Ему же мы обязаны представлением о силовых линиях магнитного поля и выражением напряженности поля плотностью силового потока.

Из элементарных веществ парамагнитны: марганец, хром, платина, алюминий, натрий, калий, цинк, олово и многие другие реже встречающиеся металлы; диамагнитны: медь, кадмий, свинец, золото, ртуть, аллотропическая модификация олова, висмут, мышьяк, селен, теллур, иод, бром, углерод, сера, бор и фосфор.

Имеется известная связь между степенью пара- и диамагнитности элемента и его атомным весом.

Из газов кислород более магнитен, чем воздух; менее воздуха магнитны: угольный ангидрид, окись углерода, закись и окись азота, водород, этилен, сернистый газ и др. менее распространенные в природе. Весьма

значительный диамагнетизм продуктов горения наблюдается при помещении пламени свечи или лампы между полюсами очень сильного магнита. Конусообразное пламя как бы сдавливается при этом в осевом положении и раздвигается в экваториальном.

Вода, как и большинство жидких химических соединений, диамагнитна.

Парамагнитные элементы соединяясь друг с другом, образуют в большинстве случаев парамагнитные сложные вещества, но, как мы уже видели на примере сплавов, могут давать и ферромагнитные, и диамагнитные соединения.

Интересно отметить, что еще в первой половине XIX века подробные исследования над отношением сплавов к магниту произвел русский академик Х. Э. Геллер.

Соединения диамагнитных элементов всегда диамагнитны.

Ферромагнитными минералами, помимо магнитного железняка, являются: пирротин, гематит, ильменит, лимонит, бромистый железняк, альмандин, кианит, авгит и др. Беккерель в 1845 г. нашел, что наиболее ферромагнитный минерал—магнетит обладает почти половинным магнитным напряжением (точнее 0,48) в сравнении с напряжением железа. Хольц указал, что остаточный магнетизм этого минерала в полтора раза больше, чем у самой лучшей магнитной стали.

Если способность к намагничиванию безвоздушного пространства примем равной нулю, то для воздуха она будет 0,02, для более парамагнитного кислорода +0,12, для висмута, который диамагнитен—14, ртути—2,61, воды—0,82 и т. д.

Резюмируя сказанное, мы найдем: 1) что магнетизм, повидимому, является основным свойством вещества, 2) что парамагнитные тела притягиваются, а диамагнитные отталкиваются магнитом, 3) что стрелки парамагнитных веществ в магнитном поле располагаются аксиально, а диамагнитных—экваториально.

Говоря более научным языком, мы можем сказать, что парамагнитные вещества движутся от мест меньшего напряжения магнитного поля к местам наиболь-

шего напряжения, а диамагнитные — в противоположном.

Читатель, не лишенный чувства юмора, вспомнит вероятно нашу цитату из „Фауста“, так как выше приведенная фраза выражает лишь факт притяжения магнитом железа, но не объясняет его. Что же заставляет парамагнитные (а, следовательно, и ферромагнитные) тела следовать в указанном, а диамагнитные в противоположном направлении?

Попытку несколько ближе подойти к решению этого вопроса пытается дать одна из самых молодых отраслей естествознания—магнито-химия. Она стремится найти связь между химическим строением молекулы данного вещества и его отношением к магнетизму. Действительно, факт получения магнитного сплава из строго определенных относительных количеств парамагнитных металлов или такой факт, что ферромагнитное железо, при соединении с 1% углерода и 12% марганца становится диамагнитным,—наводят на мысль о зависимости магнитных свойств от химического состава вещества.

Должно, однако, признаться, что пока закон такой зависимости не найден.

В дальнейшем мы еще вернемся к опытам, указывающим, что и другие причины, помимо химического состава, затрудняют или облегчают магнитному потоку его путь сквозь тела.

Но что же такое сам магнитный поток? Присутствие чего именно в стали или железе делает их магнитами, резко отличая от других, таких же по составу, но не намагниченных кусков этих металлов?

Над этим вопросом задумывались ученые с самого первого момента знакомства человечества с магнитом; древнейший исследователь магнетизма, Фалес Милетский, полагал, что так как лишь одушевленные тела могут произвольно двигаться или возбуждать движение, то в магните должна быть скрыта соответствующая „душа“.

Последователи Эпикура объясняли притяжение магнита тем, что из всех тел исходят непрерывно потоки атомов и, будучи особенно сильными* в магните, обра-

зуют вокруг него пустоту, куда и устремляется железо. Другие тела потому не притягиваются магнитом, что тела более тяжелые противостоят токам магнита, а более легкие—имеют настолько большие поры, что токи атомов проходят сквозь них.

Удивительно, как человеческая мысль кружится в заколдованном кругу, постепенно приближаясь к истине. При желании, в гипотезе эпикурейцев можно видеть прообраз самых исейших воззрений на сущность магнетизма, о которых мы вскоре упомянем.

Во времена нового пробуждения интереса к магниту, во времена Джильтберта, представляли магнетизм, как нечто вещественное, основываясь на том, что равные количества разноименного магнетизма взаимно уничтожаются. Слово „количество“ по отношению к магнетизму сохранилось до нашего времени, но этому слову придано не то понятие, которое ассоциировалось с ним у ученых XVI века. Тогда думали, что из магнита истекает некий тонкий „флюид“ и в нем видели причину магнитных явлений, как в „теплороде“—причину изменений температуры тела.

Ф. Эпинус, петербургский академик, полагал, что не существует двух отдельных магнитных флюидов: северного и южного. В его представлении нейтральные тела были равномерно насыщены магнетизмом, в некоторых же из них он скоплялся в определенных пунктах в избыточном количестве, вызывая в пунктах противоположных уменьшение нормального количества. Первые пункты это северные, а вторые—южные полюса магнитов. Стремление флюидов распределиться равномерно вызывает притяжение разноименных полюсов. Отталкивания одноименных полюсов эта гипотеза не объясняла.

Р. Симмер думал, что имеется два флюида. Объяснение притяжения и отталкивания сводилось в сущности, к принятию положения, что разноименным флюидам свойственно притягиваться друг к другу, а одноименным—отталкиваться.

Физики прошлого века, начиная с 40-х годов его, постепенно развили стройную теорию механического объяснения всех видов энергии. Было признано, что молекулы всякого тела при температуре выше абсолют-

ного нуля (-273°Ц.) находятся в движении. Оно ощущается как большая или меньшая нагретость (температура) вещества. Учение о теплороде превратилось в термодинамику—учение о тепловом отношении. Химические явления свелись к перемещению атомов внутри молекул. Движением же объяснялись акустические, оптические и электрические явления.

Было выработано представление о единстве энергии (причины работы) и о переходе одного вида в другой. Действительно, легко себе представить, что химическое перемещение атомов горящего тела вызывает усиленное перемещение образующихся молекул, т.-е. тепловое движение. Оно передается молекулам воды в паровом котле. Эти молекулы, стремясь ускорить свое движение, удаляются друг от друга, вода при этом превращается в пар. Удары молекул пара в поршень приводят последний в движение, заставляющее паровую машину работать.

Мейер, непонятый и доведенный современниками до потери рассудка, в 1842 г. указывал на численную зависимость перехода одного вида энергии в другой. Вскоре его рассуждения Джоуль, Гиры и др. подтвердили опытом, доказав, что единица „количества“ тепла ¹⁾, т.-е. теплового движения, производит работу, равную 424 килограммометрам. Физика конца XIX века целиком базировалась на законе эквивалента энергии. Так как свет (это доказал Лебедев в 1900 г.), электричество и магнетизм тоже могут производить работу и превращаться в теплоту, то и они являются видами энергии.

Полагали, что эти формы энергии суть результат волнообразных колебаний гипотетического мирового эфира.

Начало нашего века разрушило последний взгляд. Оно создало представление об электроны, как части атома, и перечисленные явления стремится объяснить движением электронов в атомах и в пространстве.

¹⁾ Количество, соответствующее нагреванию одного грамма воды на 1°Ц. (малая калория), умноженное на 1.000 (большая калория).

В 1905 г. Лонжевен, а за ним Вейс высказали предположение, что магнитные силовые линии есть не что иное, как пути движения электронов по замкнутым орбитам.

Такому непрерывно движущемуся электрону или, как его назвал Вейс, магнитону, присуще определенное минимальное количество магнетизма. В начале текущего десятилетия один русский электрик указал на теоретическую возможность выпрямить магнитный поток, т.-е. превратить замкнутое криволинейное движение его в прямолинейное—поступательное. Полагают, что такой „магнитный луч“, если он будет получен, найдет ряд интереснейших технических приложений. Поживем—увидим.

Гипотеза электронов и магнитонов удачно объясняет большинство электро-магнитных явлений, но мы не должны забывать, как много рушилось гипотез, казавшихся их современникам незыблемыми.

Осторожнее будет смотреть на магнитное поле только как на область, в пределах которой проявляется магнитное притяжение и отталкивание, и не слишком настойчиво пытаться объяснить себе причины его возникновения. Как ни интересны и привлекательны гипотезы в этой области, для практического использования магнита в технике можно свободно обходиться и без них. Для этого достаточно лишь изучить свойства магнитного поля и направление в нем силовых линий.

Как воздух вокруг нагретого тела нагревается тем сильнее, чем выше температура, так и напряженность магнитного поля будет тем сильнее, чем больше в нем магнетизма. Температура же тела, при данной его массе и теплоемкости ¹⁾, тем выше, чем больше в теле количество тепла. Так и напряженность магнитного полюса прямо пропорциональна количеству магнетизма в нем.

Какими же единицами можно измерить количество магнетизма? Так как всякая энергия может быть пре-

¹⁾ Теплоемкость—количество тепла, требуемое для нагревания грамма вещества на 1° Ц. Теплоемкость воды принята за единицу. Теплоемкость почти всех остальных тел выражается долями единицы.

образована в механическую работу, то и единицы количества энергии могут быть выражены через единицу работы. Всякая работа может быть сведена к перемещению тела определенного веса на определенную высоту в определенное время. Работа в единицу времени (в секунду) называется мощностью. Сила, дающая массе в 1 грамм ускорение, равное одному сантиметру в секунду—дина,—принята в физике за единицу силы. За единицу же количества магнетизма принято то его количество, которое отталкивает равно ему одноименное (или притягивает разноименное) на расстоянии одного сантиметра с силой одной дины. В технике удобнее пользоваться величиной в 1000 раз большей, носящей название вебер.

Сказанное, не правда ли, довольно скучно? Но все же освойтесь с ним и имейте терпение дочитать эту беседу до конца. Все дело в том, что в наших беседах мы решили не обращаться к помощи математики, а она облегчила бы нам изложение.

Зато, покончив с попыткой представить себе, как измеряют магнитные величины, мы в дальнейшем, по возможности, не будем возвращаться к таким сухим вопросам и постараемся в нашем изложении оправдать поговорку, что лишь корни учения горьки.

Итак, мы сказали, что магнитное поле характеризуется напряженностью и направлением силовых линий. Напряженность поля есть та сила, с которою оно в рассматриваемой его точке действует на полюс, имеющий одну единицу количества магнетизма. Единица напряженности называется гауссом. Это напряженность, действующая на полюс указанной силы с силою одной дины.

Направление силовых линий поля определяется направлением магнитной стрелки. Это направление можно продемонстрировать, если расположить мощные разноименные полюса магнитов над поверхностью воды в сосуде и пустить плыть по ней пробку с вертикально воткнутой иголкой. Пробка поплывет к ближайшему полюсу не по кратчайшему расстоянию, т.е. не по прямой, а опишет часть кривой линии, соответствующей направлению одной из силовых линий поля.

Так как никакой магнит не может иметь менее двух полюсов, то и магнитное поле может быть или двухполюсным, или многополюсным, если в данной точке пространства сказывается влияние нескольких полюсов. В практике, однако, говорят об однополюсном поле в том случае, когда рассматривается часть пространства вблизи одного из полюсов настолько длинного магнита, что влияние другого его полюса здесь ничтожно и практически может считаться равным нулю. Если, например, под листком бумаги установить вертикально длинный магнит, то опилки, насыпанные на бумагу, расположатся радиально, образуя картину силовых линий в однополюсном поле. Расположение силовых линий в двухполюсном поле разноименных и одноименных полюсов нам уже знакомо. В последнем случае, конечно, поле лишь условно может быть названо двух-, а не четырехполюсным. В проделанных нами ранее опытах мы частью сталкивались и с картиной силовых линий в многополюсных полях. Эта картина может бесконечно варьироваться в зависимости от числа и взаимного расположения полюсов и их сил.

Более трудным является определение напряженности поля.

Впервые оно стало доступным после того, как знаменитый французский физик и инженер Кулон устроил в 1785 г. особый, весьма деликатный прибор, называемый ныне весами Кулона, служащий для сравнения очень слабых электрических и магнитных притяжений и отталкиваний. Прибор первоначально служил для измерения силы кручения металлических проволок. На нижнем конце проволоки для этого подвешивалась в горизонтальном положении палочка. Закручивая проволоку, приводят палочку во вращение, вычисляя по весу палочки и скорости ее вращения, силу, скручивающую проволоку. Как именно это делается, для нас совершенно безразлично, так как нас интересует последнее применение того же прибора, давное ему Кулоном уже в качестве не инженера, а—физика. Определив силу, скручивающую металлическую нить на определенный угол, Кулон заменил палочку длинным и тонким магнитным стержнем. Во избежание действия

воздуха, нить с магнитом заключены в стеклянный колпак цилиндрической формы. Магнит становится в направлении меридиана, после чего в особое отверстие в крышке стеклянного сосуда опускают вертикально другой магнит. Его нижний полюс отталкивает одноименный полюс горизонтального магнита, отклоняя последний на больший или меньший угол от начального положения. Чтобы вернуть его в это положение, микрометрическим винтом ¹⁾ закручивают нить. Нужно для этого усилие известно по предварительным определениям, так что отметив угол закручивания нити, можно вычислить, с какой силой полюс вертикального магнита отталкивает горизонтальный магнит. Произведя ряд подобных вычислений, Кулон выразил их результат формулой: сила отталкивания одноименных (или притяжения разноименных) полюсов равна произведению чисел единиц магнитной силы их, деленному на квадрат расстояния между ними, выраженному в сантиметрах.

Если, например, полюс одного магнита равен десяти единицам, а другого пяти (произведение 50), а расстояние 5 (квадрат пяти равен 25), то они будут отталкиваться (или притягиваться) с силой двух дин.

Закон Кулона выражается, следовательно, той же формулой, как и закон Ньютона взаимного тяготения материальных масс.

Так как в зависимости от среды, окружающей взаимодействующие полюса, численное значение формулы меняется, то в точных вычислениях в нее вводят особый коэффициент (множитель), равный единице в пустоте. Практически коэффициент при взаимодействии полюсов в воздухе также принимается за единицу, настолько он к ней близок. Чем больше проницаемость среды, окружающей магниты, тем этот множитель больше. Мы уже видели, что ферромагнитные вещества как бы сгущают в себе силовой поток. Явление производит такое впечатление, словно, силовые линии стремятся сжаться, втянуться в магнит, увлекая за собою ферромагнитные материальные массы. Наоборот, тела диамагнитные как

¹⁾ Винт с очень мелкой нарезкой, опускающийся при каждом повороте головки на определенную часть миллиметра.

бы потому отталкиваются магнитом, что линии сил его испытывают затруднение при прохождении через такую среду. Если мы заменим среду, окружающую полюса магнита, средою более диамагнитной, чем данное тело, то-есть труднее, чем оно, проницаемой силовыми линиями, то тело из диамагнитного станет парамагнитным. По сравнению с окружающей средой, оно станет сгущать силовой поток магнита и, следовательно, начнет им притягиваться. Таким же образом слабо парамагнитное вещество может стать диамагнитным и будет отталкиваться полюсами, если окружить это вещество и магнит средою более парамагнитною, чем оно. В этом случае силовой поток пойдет более густо в среде, чем в теле. Если поместить пара- или диамагнитное тело в среду такой же, как у него, магнитной проницаемости, то тело по отношению к магниту станет инертным. Магнит не будет ни притягивать, ни отталкивать его, так как силовой поток будет одинаково пронизывать среду и тело, не сгущаясь и не рассеиваясь последним.

Часто по поступки человека говорят, что они являются результатом среды (в смысле воздействия на этого человека окружающих его лиц). Если это так, то и в области социологии мы имеем аналогию с влиянием среды в физических явлениях, где такое влияние неоспоримо. Мы перестаем слышать звонок, помещенный под колокол воздушного насоса, когда из-под колокола выкачан воздух: таково влияние среды на акустическое явление. Свеча, горящая в воздухе, гаснет, если погрузить ее в воду: влияние среды на химическое явление. Таково же влияние среды, в смысле ее магнитной проницаемости, на явления магнетизма. К сожалению, в природе нет веществ с резко выраженным магнетизмом, поэтому проделать опыты, иллюстрирующие описанное выше влияние среды на степень большей или меньшей проницаемости тел магнитным потоком, может не каждый. Их можно демонстрировать только в физических кабинетах учебных и научных учреждений; мы же, поневоле, должны пользоваться лишь результатами чужих наблюдений.

Зато проверка закона Кулона доступна и любителю, так как может быть произведена на „магнитных весах“ простого устройства, хотя и не очень точных.

Для этого надо уравновесить горизонтально коромысло весов, одно плечо которого сделано из магнитного стержня, другое из деревянной палочки. К этому плечу, как более легкому, прикрепляют чашку с грузом. Направляя сверху вниз к свободному концу намагниченного плеча весов одноименный полюс магнита, увидим, что полюса оттолкнутся и чашка весов поднимется кверху. Для возвращения ее в начальное положение придется на нее положить добавочный груз. Запишем его вес и расстояние между отталкивающимися полюсами. Повторим опыт, вдвое уменьшив это расстояние. Окажется, что в этом случае добавочный груз должен быть вчетверо большим, чем положенный в первый раз. Мы же знаем, что если в магнитное поле ввести магнит, расположив его нормально к силовым линиям поля, то магнит придет во вращение, стремясь стать в направлении линий. Сила, с которой он к этому стремится, называется магнитным моментом. Численно она равна произведению из расстояния между полюсами магнита, выраженному в сантиметрах, на число магнитных единиц его полюса (т.е. на количество магнетизма в нем).

Отношение магнитного момента к массе всего магнита, выраженной в граммах, называется удельным магнетизмом. Понятно, что чем больше напряженность магнитного полюса при данной длине магнита (чем сильнее намагничен магнит), тем больше его магнитный момент и удельный магнетизм.

Так как всякий магнит может быть намагничен лишь до известного предела, то ясно, что и магнитный момент и удельный магнетизм не могут быть произвольно большими величинами, а имеют свой максимум.

Б Е С Е Д А IV.

Возможен ли магнит в качестве вечного двигателя?

Несколько слов о вечном двигателе вообще.—Вечный магнитный двигатель Вилькенса и „Русский богатырь“.—Намагничивание и размагничивание не есть преобразование работы в магнетизм.—Даровые двигатели.—Пути достижения идеала.—Не нарушает ли магнит закон сохранения энергии?

Старым и вечно юным заблуждением людей, не имеющих представления о неизменных законах природы, является стремление изобрести вечный двигатель. Чаще всего такие горе-изобретатели мечтают для этого использовать силу тяжести или силу магнитного притяжения. В первом случае они прямо или замаскировано пользуются падением какого-либо груза так, чтобы груз, падая поднимал равный себе по весу, а то и больший, вверх. Таких изобретателей удастся в конце концов убедить, что как бы ни был сложен проект придуманной ими машины, она сводится к неисполнимому желанию поднять вверх более тяжелый груз падением вниз более легкого, что наглядно неосуществимо.

Другое дело доказать эфемерность затеи изобретателю, применившему в своем проекте комбинацию силы тяжести и магнетизма. Для этого приходится предварительно научить его всему тому, что мы с вами узнали из предыдущих бесед.

Одним из наиболее интересных проектов вечного магнитного двигателя является проект честерского епископа Вилькенса.

Вилькенс полагал, что железный шарик, скатывающийся по кривой и под влиянием инерции („с разбега“)

перескакивающий на другую выше лежащую наклонную площадку, покатится по ней, притягиваемый магнитом. Не доходя до последнего, шарик должен провалиться в отверстие, сделанное в верхней площадке и, упав на нижнюю, опять скатиться вниз, повторяя это движение бесконечно долгое время.

На замечание, что шарик, докатившись до отверстия, в него не провалится, а благополучно через него перепрыгнет и притянется к магниту, можно услышать

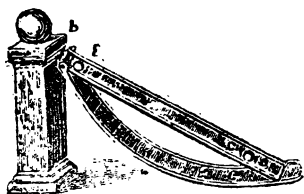


Рис. 14. Проект магнитного вечного двигателя.

возражение, что шарик должен быть настолько тяжелым, чтобы магнит его мог притягивать лишь пока он вскапывается по площадке, но не мог бы удержать его в воздухе. Законы механики опровергают такое предположение, — в этом случае сила магнита будет недостаточна, чтобы скатившийся вниз шарик мог начать

свой подъем по площадке вверх. Защитник проекта Вилькенса, пленившийся мыслью „на зло всем ученым“ осуществить вечный двигатель, и тут найдется и заявит, что сила магнита так должна быть урегулирована, чтобы он преодолевал действие тяжести шарика, поддерживаемого площадью, но не препятствовал бы шарика упасть в отверстие.

Пусть-ка он попробует это сделать!

Он убедится, что для вкатывания шарика вверх по наклонной плоскости, как бы полого ее ни поставить, нужно затратить как раз такое же усилие, которое необходимо, чтобы притянуть шарик по вертикальному направлению на высоту, равную высоте наклонной плоскости. Кроме того, сила притяжения шарика магнитом возрастает по мере приближения первого ко второму, а сила тяжести остается неизменной. Тело, подвергаемое одновременному действию двух сил, направляется по их равнодействующей. Значит, если магнит сможет преодолеть силу тяжести в первый момент движения шарика вверх, то тем паче преодолеет ее в момент, когда

шарик дойдет до отверстия. Можно конечно, менять силу магнита, но тогда прибор потребует внешнего источника энергии и перестает быть вечным двигателем.

Читателю скептику скажем, что Вилькенс жил еще в XVII-м веке, но действующего двигателя Вилькенса, или другого в том же роде, еще никто не видал.

Был еще, например, проект магнитного двигателя с колесом. Это широкий обруч, вращающийся на цапфах. Через обруч, под прямым углом друг к другу, пропущены два стержня. Концы стержней, выступающие над обручем, несут тяжелые свинцовые шары, а на $\frac{1}{3}$ от концов внутри обруча на стержнях укреплены железные пластинки. Мысль изобретателя такова: магнит вне колеса, притягивая железную пластинку, выдвигает в сторону стержень и свинцовый шар перетягивает вес другой половины колеса, поворачивая последние на четверть окружности и подставляя под магнит конец второго стержня и т. д., отчего колесо будет непрерывно вращаться. В действительности, никакого вращения не будет: если магнит притянет пластинку, то он ее и удержит, если же шарик перетянет действие магнита, то магнит не будет в силах притянуть пластинку.

Еще ошибочнее идея маятникового магнитного двигателя. Его надеялись устроить с диамагнитной чечевицей маятника, которую должны были отталкивать магниты, установленные против концов ее горизонтального диаметра, вечно поддерживая качание маятника. В действительности такое отталкивание только скорее останавливает качание, которое и само по себе было бы вечным, если бы не сопровождалось трением и сопротивлением среды.

Соблазнительная мысль использовать магнит для сооружения вечного двигателя вызывается тем обстоятельством, что сам-то магнит как будто бы нарушает закон сохранения энергии. Ведь, достаточно затратить ничтожную работу на намагничивание куска стали—и он приобретет чуть ли не неистощимую подъемную силу. Невольно возникает подозрение, что магнит, если и не вечный источник энергии, то все же не подчиняется закону ее сохранения. Так же ничтожна работа, ко-

торой достаточно, чтобы размагнитить магнит, в сравнении с той, какую он мог бы еще произвести, если бы его не размагнитили.

Между тем, для того, чтобы вода произвела при своем падении с высоты определенную работу, надо на ее подъем затратить как раз такую же работу, которую она произведет, стекая вниз.

В этом-то сравнении и заложена ошибочность предположения, что магнит противоречит закону сохранения энергии. Намагничивание нельзя сравнивать с подъемом воды на высоту или с заводом часового механизма.

Работу, затрачиваемую на намагничивание, всего лучше сравнить с ничтожной работой на открытие шлюза или крана, а работу размагничивания—с закрытием шлюза или крана. Как никто не станет предполагать, что для поворота самоварного крана мы должны полностью затратить ту работу, которую может произвести вытекающая из самовара вода, так и при намагничивании мы производим лишь ничтожную работу, в сравнении с той, на которую будет способен магнит. За счет чего же он работает? Откуда является в нем источник энергии, годами могущий производить работу?

Источником этой работы является очевидно, не работа, затраченная на намагничивание стали, а энергия, освобождаемая намагничиванием, приводящим молекулы стали в положение, при котором они могут проявить эту энергию, бывшую в них в потенциальном (скрытом) состоянии.

Что именно является источником этой доколе скрытой энергии? Такой вопрос будет лишь другой формой вопроса: от чего зависит способность магнита притягивать железо (т.-е. совершать механическую работу)? Мы уже видели, что в разные века ученые различно отвечали на этот вопрос, считая причиной магнетизма то особые флюиды, то движение электронов. Видели мы и то, что вопрос этот выходит из пределов экспериментальной физики. Последняя учит нас лишь тому, что всякий вид энергии, в том числе и энергия, скрытая в магните, способны производить работу, находящуюся в определенной числовой зависимости к количеству энер-

гии в данном теле. Философия же пытается дать ответ на вопрос: а что такое энергия сама по себе и почему она может производить работу?

Однако, если ничтожной силы достаточно для обращения силы куска стали в магнит и этот магнит является источником, хотя и не безграничного, но численно весьма большого количества энергии, то нельзя ли эту энергию использовать для совершения полезной работы, до тех пор пока она не иссякнет? Пусть это не будет вечный двигатель, это будет только даровой двигатель, не требующий топлива или иного внешнего источника энергии.

К сожалению, и таким двигателем не может быть магнит.

Чтобы лучше разобраться в причинах непригодности его к данной цели, обратимся к одному научно-фелетристическому произведению на эту тему.

В 1912 г. на страницах журнала „Природа и Люди“ мой покойный отец дал любопытную задачу любителям физики в своем рассказе: „Судьба Русского Богатыря“. В рассказе этом говорится, как некий изобретатель нашел вещество, непроницаемое для магнитных линий. Магнит совершенно не притягивает железа, если между ними помещена шпирмочка из этого вещества. Вот описание двигателя: „Два сильных магнита, все равно электромагниты или постоянные естественные, или стальные,—помещены друг против друга. Якорь в форме спиц колеса вращается между ними. Но когда я (говорит изобретатель) заставлю его вращаться, он непременно остановится от притяжения магнитом. А теперь—смотрите: когда спица начнет двигаться к магниту, я между полюсом и спицей ставлю мою шпирмочку. Магнит дал толчок, но когда спица притянулась к нему, он ее уже не задерживает, и она проходит мимо; убираю шпирмочку—и следующая спица подтягивается“.

В чем заключаются „наглядные несообразности“ изобретения, описанного в рассказе? Отчего неосуществим двигатель „Русский Богатырь“?

Начнем с того, что совершенно не „все равно“, будут ли в нем взяты постоянные стальные магниты (о естественных и говорить не стоит, мы знаем, как

ничтожно их притяжение) или электромагниты. Если в двигателе имеются электромагниты, то для получения электрического тока необходим посторонний источник энергии и, значит, никакого „вечного движения“ не будет, да и экран из вещества непроницаемого для силовых линий магнитного поля, совершенно не нужен. Много проще в момент подхода очередной спицы якоря к магниту выключать ток и тем мгновенно превращать магнит в простой кусок железа. Введение какой-то ширмочки было бы не усовершенствованием существующих электро-магнитных машин, а регрессом. Когда мы в дальнейшем ознакомимся с электро-магнетизмом, то увидим, что в современных электродвигателях якорь, подойдя к магнитному полюсу, не только перестает им притягиваться, но еще и начинает им отталкиваться, что понятно, улучшает действие двигателя, в сравнении с фантастическим „Русским Богатырем“.

Итак, электромагниты надо отбросить и посмотреть, не сможем ли мы устроить такой двигатель с сильными постоянными стальными магнитами? Уже одно то обстоятельство, что самый сильный постоянный магнит, по сравнению с другими источниками энергии такого же как он веса, весьма слаб, делает его неприменимым в качестве двигателя даже для автомобиля и тем паче для аэроплана, как о том говорится далее в упомянутом рассказе. Но, оставляя в стороне и это обстоятельство, мы не должны обольщаться надеждами на осуществление двигателя, даже если найдем идеально диамагнитное вещество, совершенно непроницаемое для силовых линий. Ведь, такое вещество так бы сильно отталкивалось магнитом, что пришлось бы затратить большую работу для введения между якорем и магнитом сделанной из него ширмы. Кроме того, она имела бы какой-нибудь вес, значит на подъем ее тоже понадобилась бы внешняя энергия.

Следовательно, даже идеальный, по первому взгляду, даровой магнитный двигатель неосуществим.

А между тем, если фантазии мечтателей не могут быть реализованы, то для трезвого техника-практика замена современных двигателей более дешевыми была бы уже крупным плюсом.

Вместо того, чтобы мечтать о невозможном и пытаться создать вечный двигатель, благоразумные люди и стали работать над вопросом, как бы использовать такие источники энергии, как силу ветра и падения воды. Ведь ими человек пользовался задолго до изобретения паровой машины и только потому от них отказался, что ими нельзя в любое время и в любом месте приводить в движение наши машины.

Вот тут-то магнетизм, или, точнее, электромагнетизм, и пригодился для накопления энергии ветра и передачи энергии падения воды на расстояние.

Тесная связь между магнитными и электрическими явлениями и приложение в практике одновременно тех и других приводят нас к необходимости, ранее чем перейти к рассказу о технических применениях магнита, сказать несколько слов об электричестве. Это положительно необходимо для изложения законов электромагнетизма, как связующего звена между чисто электрическими и чисто магнитными явлениями. А связь эта настолько тесна, что до Джильберта ученые даже не различали магнетизма от электричества. Он впервые указал на их различие, что вызвало обратную ошибку— полное отделение одних явлений от других и создание особых отделов физики: учение о магнетизме и учение об электричестве.

В 1821 г. были подмечены явления, относящиеся к обоим этим отделам— явления электромагнитные. Пришлось снова сблизить учение об электричестве с учением о магните. В настоящее время это сближение пошло еще дальше, современная физика, хотя и отделяет магнитные явления от электрических, но причину тех и других считает движение электрона, того элемента материи, из которого построен весь наблюдаемый нами мир.

Б Е С Е Д А V

Необходимые сведения об электричестве.

Янтарь.—Веретено молодой гречанки.—Различие магнитных и электрических свойств.—Электризация трением.—Знакомство с электрическими явлениями.—Химические реакции, как источник электрической энергии.—Термоэлектричество.— Действие тока на магнитную стрелку.—Астатическая стрелка.—Магнит—показатель направления и силы тока.—Электрическое поле сил.

Бурные волны Балтийского моря выбрасывают на его берега янтарь—смолу вымерших ныне растений. Эта смола затвердела до прочности камня и отдельные куски ее часто имеют весьма красивый вид. Этот дар моря издревле полюбился человеку. Уже древние греки были с ним знакомы и называли его солнечным камнем (по-гречески „электрон“) за его цвет и блеск. Песнь 15-я, стих 460 „Одиссеи“ подтверждает, что в Грецию он ввозился финикийцами: „Дорогое принес ожерелье, крупный янтарь, оправленный в золото“.

Самое слово „электричество“ и происходит от греческого названия янтаря.

Легенда говорит, что дочь философа Фалеса Милетского уронила свое янтарное веретено и, желая очистить его от пыли, стала тереть шерстяной туникой. К ее удивлению при этом к веретену начали прилипать волоски шерсти. Девушка рассказала об этом отцу и Фалес сам принялся за повторение опытов, открыв таким образом, способность янтаря при натирании шерстью притягивать легкие предметы.

Знаменитый естествоиспытатель Гумбольдт, с именем которого нам еще придется встретиться, рассказывает, что дети дикарей, живущие по берегам Ориноко, тоже

знакомы практически с электризацией тел трением. Они натирают сухие семена каких-то стручков, пока те не начнут притягивать пух и волокна хлопка.

Действительно, в отличие от магнетизма, резко заметного лишь у железа и некоторых его соединений, электричество можно обнаружить при трении весьма многих тел. Так, еще Теофраст, живший за 400 л. до нашей эры, указывал на способность драгоценных камней действовать подобно янтарию. Аристотель же отметил, что притяжение, производимое янтарем, много слабее, чем у магнита.

Не раз упоминавшийся нами Джильберт первый систематически занялся этим вопросом и нашел много вещей, электризирующихся трением. При своих исследованиях, он впал однако, в ошибку, придя к заключению, что этой способности лишены все металлы и некоторые другие тела. Различие между электричеством и магнетизмом Джильберт видел в том, что первое появляется временно, а второй всегда присущ магниту, а также и в оказывании первым притягательного действия на все тела, а вторым лишь на некоторые.

В 1729 г. С. Грей указал, что все тела можно разделить на проводники и непроводники электричества. Металлы принадлежат к первому классу и электризуются, если поставить опыт так, чтобы приобретаемый ими заряд не уходил в землю. Например, металлический шар можно наэлектризовать, укрепив его на стеклянной подставке и ударяя по нем мехом. Шар после этого начинает притягивать легкие предметы, как это делает янтари.

Дальнейшим крупным успехом в деле знакомства с электричеством было открытие Дюфе, что существуют как бы два вида электричества, подобно тому, как имеется северный и южный магнетизм. Тела, наэлектризованные одноименными зарядами, отталкиваются, как отталкиваются одноименные полюса магнитов. Разница состоит в том, что в магните всегда имеется оба рода магнетизма, а тела электризуются либо положительным, либо отрицательным электричеством. Как показали дальнейшие наблюдения, все же и в этом случае оба вида электричества появляются одновременно и когда

янтарь наэлектризовывается положительно, то сукно, которым его натирали, электризуется отрицательно. Первые наблюдатели не заметили этого, потому что электрический заряд сукна уходил в таком случае через руку и тело экспериментатора (наше тело хороший проводник электричества) в землю. Нашли и еще аналогию с магнетизмом. Как в магните сумма количеств северного и южного магнетизма одинаковы, так и при электризации тел трением сумма количеств положительного и отрицательного электричества равна нулю.

Для опытов с электричеством различными изобретателями, начиная с Герики, были сконструированы специальные машины, совершенствуемые до нашего времени.

Чтобы не отвлекаться от нашей прямой задачи, мы не будем говорить об их устройстве, упомянув лишь, что на особых частях этих машин, называемых кондукторами и обычно имеющих шарообразную форму, накапливаются разноименные заряды, стремящиеся соединиться друг с другом. Заряды эти количественно крайне ничтожны, но имеют громадное напряжение (потенциал). При соединении их через воздух происходит миниатюрная гроза, при чем проскакивающая между кондукторами искра является крохотной молнией, а слышимый при этом треск—тем же, что гром настоящей грозы.

Нам для начального знакомства с электричеством такая машина не является необходимой и нам будет достаточно запастись кусочком янтаря (напр., обломком мундштука) или каким-нибудь предметом из вулканизированного каучука (футляр термометра, гребенка и т. п.) или, наконец, просто палочкой сургуча. Натирая янтарь, эбонит или сургуч сукном, зарядим их отрицательным электричеством. Для получения положительного заряда надо взять толстостенную стеклянную трубку или палочку, за отсутствием их—бутылку, и натирать шелком или сухой газетной бумагой. Как смола, так и стекло, будучи наэлектризованы, станут притягивать пылинки, соломинки и клочки бумаги. Хорошо притягиваются шарики, вырезанные из бузиновой сердцевинки. Подвешенные на шелковинке они представляют простейший

электрический маятник, прибор для обнаружения заряда. Такой шарик, прикоснувшись к наэлектризованному телу, которое его притягивает, заряжается сам и отскакивает от тела, что указывает на отталкивание одноименных зарядов. Наоборот к телу, имеющему противоположный заряд, заряженный шарик притягивается легче (с большего расстояния), чем нейтральный.

В несколько измененных весах Кулона, в которых вместо магнита взяты палочки с металлическими шариками на концах, можно изучить количественную сторону явления электрического притяжения и отталкивания. И в этом случае закон Кулона остается в силе.

Если количества электричества выражены в особых единицах, а расстояния между шариками в сантиметрах, то отталкивание одноименных и притяжение разноименных зарядов будет равно (в динах) произведению количеств зарядов, деленному на квадрат расстояния между ними.

Если при равных напряжениях заряды количественно равны, то при соединении их они нейтрализуются, и тела, бывшие носителями зарядов, перестают быть наэлектризованными—разряжаются.

Такое соединение зарядов или переход электрического заряда на нейтральное тело или уход заряда полностью в землю носит название электрического разряда.

В электрической машине при ее вращении заряды все время пополняются; достигнув предельного для данного расстояния между кондукторами напряжения, заряды нейтрализуются, при чем между кондукторами проскакивает искра. Если кондукторы сближены, то искры проскакивают одна за другой почти непрерывно, сливаясь в поток электричества между разноименными кондукторами. Однако, как бы быстро ни вращать машину, все же не удастся сделать этот поток действительно непрерывным. Глаз наш сохраняет некоторое время полученное им световое ощущение, и потому искры, в действительности следующие друг за другом, скажем, через десятую долю секунды и длящиеся тысячные ее доли, дают глазу ложное впечатление непрерывного светового потока. Для получения же

электрического тока фактически непрерывного указанные машины непригодны, и приходится прибегать к совершенно другому методу,—к использованию химической энергии, способной превращаться в энергию электрическую.

Как при трении янтаря или вращении электрической машины часть механической энергии переходит в теплоту и часть в электричество, так при некоторых химических реакциях (взаимодействии веществ) часть химических веществ преобразуется в энергию тепловую и электрическую.

Опуская в слабый раствор серной кислоты палочку литого цинка, можно заметить, что при начавшемся химическом процессе вытеснения цинком из кислоты горючего газа водорода, атомы которого входили в состав молекул кислоты, раствор сильно нагревается и, независимо от того, приобретает положительный заряд, цинк же заряжается отрицательно. Заряды эти имеют весьма незначительное напряжение, но количество образующегося электричества, в отличие от электризации трением, так велико, что если соединить цинк (отрицательный полюс или электрод) с угольной пластинкой, то электричество непрерывно будет перемещаться по проводнику, образуя постоянный электрический ток.

Приспособления, при помощи которых пользуются теми или иными химическими реакциями для получения тока, называются гальваническими элементами, по имени итальянского ученого Гальвани.

Условно принимая направление тока от положительного электрода к отрицательному, всегда имеют возможность узнать, в каком направлении идет ток по проводнику.

Положительным электродом обычно служит уголь, так как кислота на него не действует.

Упомянем еще об одном источнике электрического тока—о термоэлектричестве, потому что нам придется с ним встречаться, когда станем беседовать о земном магнетизме.

Если нагреть место спая двух различных металлов, то в проволоке, соединяющей свободные концы металлических брусков, спаянных из этих металлов, появ-

ляется ток. Следовательно, один из металлов при этом электризуется положительно, а другой—отрицательно. Напряжение термотока еще значительно меньше, чем гальванического тока.

Датский профессор Эрстедт, читая своим слушателям лекцию по магнетизму и электричеству, случайно расположил провод тока над стрелкой компаса и обнаружил, что она при этом отклонилась в сторону.

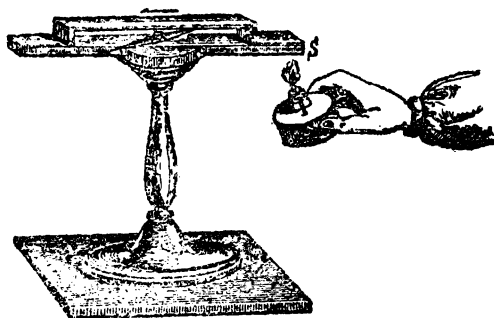


Рис. 15. Появление тока при нагревании спая двух металлов.

Это случайное открытие явилось, как часто с такими открытиями бывает, гораздо более богатым последствием, чем то мог вообразить сам Эрстедт и современные ему физики, тотчас занявшиеся изучением зависимости между электричеством и магнетизмом, найденной Эрстедтом.

Прделаем и мы несколько опытов, чтобы ознакомиться с нею.

Возьмем небольшую компасную стрелку и, когда она установится в меридианальном направлении, протянем над нею параллельно ей проволоку, соединяющую электроды гальванического элемента, взятого хотя бы от обыкновенного электрического звонка.

Мы увидим, что компасная стрелка отклонится в определенном направлении на некоторый, впрочем, весьма ничтожный угол. Перемзним направление тока

в проводнике, т.-е. соединим тот конец проволоки, которым мы прикасались к цинку, с углем и обратно конец, соединявшийся с углем, приложим к цинку. Стрелка отклонится в противоположную сторону. Возьмем вместо одной проволоки целый пучок их: угол отклонения увеличится.

Что можно вывести из сделанного наблюдения?

Во-первых, что на перемещение стрелки влияет направление тока в проводнике, во-вторых, что на величину перемещения оказывает влияние сила тока в проводнике, т.-е. количество протекающего над стрелкой

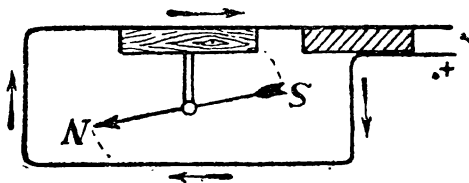


Рис. 16. Отклонение магнитной стрелки электрическим током.

электричества. Понятно, что по двум одинаковым проволокам и электричества потечет вдвое больше, чем по одной такой же.

Чтобы выразить зависимость направления отклонения стрелки от направления тока в проводнике, русский ученый Ленц дал такое правило: „Если мы над проводом, по которому течет ток, расположим кисть руки ладонью к стрелке, то заметим, что северный конец стрелки отклонится в сторону большого пальца“ Ампер, о котором нам еще придется упоминать, формулировал то же правило другими словами: „Вообразив наблюдателя плывущим по направлению тока, лицом обратившись к проводу, заметим отклонение северного конца стрелки влево от наблюдателя“.

На этом свойстве тока основано устройство магнитных приборов, определяющих, есть ли ток в проводнике и, если есть, по какому направлению он течет. В простейшем виде прибор называется гальваноскопом и состоит из намагниченной стрелки, могущей вращаться

в вертикальной плоскости и окруженной обмоткой из проволоки, концы которой могут быть соединены с электродами источника тока. Стрелка-указатель, укрепленная на середине магнитной стрелки, уклоняется от вертикального положения по направлению движения тока в обмотке. Угол отклонения будет тем большим, чем сильнее ток. Если по углу отклонения можно измерять силу тока в единицах ее величины—амперах, то прибор носит название гальванометра (рис. 17).

В приборах, в которых магнитная стрелка вращается в горизонтальной плоскости, она устраивается особым образом, чтобы уничтожить действие на нее земного магнетизма. Такая стрелка называется астатической

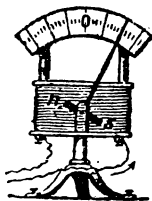


Рис. 17. Гальванометр.

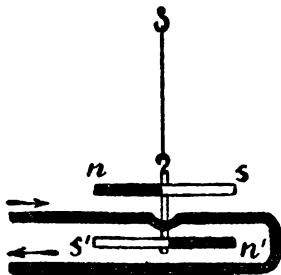


Рис. 18. Астатическая стрелка.

и состоит из двух магнитов, по возможности, одинаковой силы, расположенных один под другим, одноименными полюсами в противоположные стороны.

Астатическая стрелка, какое бы положение ей ни придали, должна оставаться в покое: если один из ее концов, под влиянием земного магнетизма, стремится повернуться к северу, то он же притягивается и южным полюсом земли. Разность сил притяжения так ничтожна, что не может преодолеть силы трения стрелки о лупинек, на котором она вращается. Обороты обмоток около стрелок направляют в приборах так, чтобы идущий по ним ток, отклоняя в одну из сторон северный полюс верхней стрелки, в ту же сторону отклонял бы

и расположенный под ним южный полюс нижней. Астатическая стрелка реагирует на самые слабые токи, например, на токи в термо-элементах.

Как мы уже сказали, единица силы тока называется ампер, в честь много поработавшего над изучением законов электричества французского ученого Ампера: прекрасный обычай физиков отмечать таким образом заслуги своих собратьев.

Сила тока равна амперу, если в каждую секунду по проводнику протекает количество электричества, равное одному кулону. Кулоном же (в память инженера Кулона) называют такую единицу количества электричества, которая получается умножением на 3 миллиона

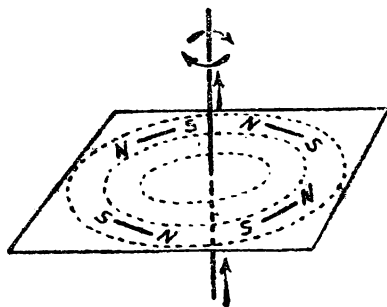


Рис. 19. Магнитное поле вокруг проводника.

единицы количества электричества, отталкивающей ей равную на расстоянии одного сантиметра с силой одной динь.

Действие тока на магнитную стрелку показывает нам, что вокруг проводника, в окружающем его пространстве происходит какое-то изменение, т.-е. вокруг проводника образуется поле действия сил.

Имея под руками источник тока довольно большой силы (в несколько ампер), можно обнаружить это поле, подобно тому, как раньше мы обнаруживали наличие магнитного поля. Для этого проводник пропускают вертикально через горизонтально расположенный картон, обсыпают последний железными опилками и встря-

живают; опилки при этом располагаются концентрическими окружностями вокруг проводника. Крохотные магнитные стрелки, свободно вращающиеся на подпирающих их остриях, поставленные на картон, ориентируются в определенном направлении (которое легко предугадать, вспомнив правило Ленца) и тем указывают, сверху вниз или снизу вверх идет ток в вертикальном проводнике. В первом случае стрелки располагаются южными концами в направлении вращения часовой стрелки, во втором—обратно ему.

Между двумя заряженными кондукторами электрической машины также образуется силовое поле. Картина линий такого поля отличается от линий магнитного спектра. Такое поле, подобно постоянному магнитному полю, может быть названо постоянным электрическим полем. В дальнейшем мы ознакомимся и с переменными полями; сказанного же будет достаточно, чтобы перейти к краткому изложению электромагнитных явлений.

БЕСЕДА VI.

Основные сведения по электромагнитизму.

Магнит без железа.—Еще о гипотезах магнетизма.—Законы электромагнетизма.—Какой груз может поднять электромагнит?—Электромагнит и завоевание Алжира.—Великий мистификатор.—Без магнита не было бы многих электротехнических аппаратов.—Как изобретен телеграф.—Магнит—предупредитель железнодорожных крушений.

Проделаем такой опыт: в стакан со слабым раствором серной кислоты пустим плавать пробку, сквозь которую

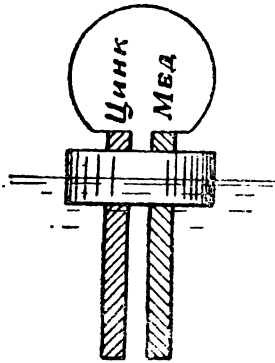


Рис. 20. Опыт с плавающим током.

пропущены цинковая и угольная пластинки, соединенные изогнутой по окружности проволокой. Мы уже знаем, что при действии кислоты на цинк химическая энергия частью преобразуется в электрическую, а разноименные заряды электричества, стремясь уравняться, дадут нам источник постоянного тока по проводнику от угля к цинку. Обратим внимание, что окружность, по которой изогнут проводник, расположится при этом с запада на восток.

Это не случайность. Как бы ни повернули мы пробку, она снова примет указанное положение. Соединив несколько таких пробок так, чтобы окружности проводников были параллельны друг другу, мы заметим, что

все наше сооружение повернется в определенном направлении, что каждое из колец, как раньше отдельное кольцо, станет в направлении запад-восток, а ось всего прибора, мысленно проведенная через центры окружностей, совершенно подобно магниту, будет указывать одним концом на север, другим на юг. Можно просто согнуть медный проводник в спираль (соленоид) и подвесить его горизонтально за среднее кольцо на тонкой нити. Такой соленоид, при пропускании через него тока, превратится в настоящий магнит.

Магнит без железа! Не значит ли это, что и в обыкновенном магните дело не в одном лишь химическом

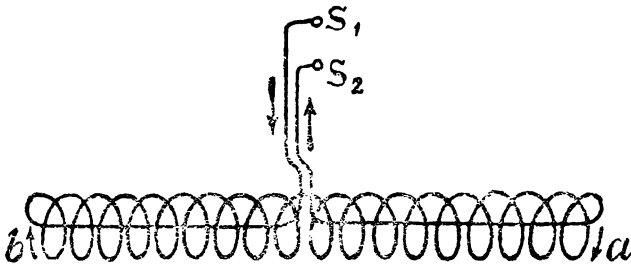


Рис. 21. Соленоид при пропускании через него тока приобретает свойства магнита.

его составе, а в чем-то другом, чему этот состав только позволяет проявиться?

Действительно, наш соленоид будет одним концом притягивать один из полюсов магнита, другим его отталкивать. Опилки, насыпанные на картон, расположенный над соленоидом, дадут знакомую уже нам картину спектра полосового магнита. Два соленоида станут притягиваться противоположно направленными и отталкиваться направленными в одну сторону концами (при условии, что ток в обоих имеет одинаковое направление). Словом, вокруг соленоида силовые линии поля расположатся как вокруг полосового магнита. Установив соленоид вертикально, можно при его помощи сравнивать силу тока различных источников. Чем сильнее про-

текающий по соленоиду ток, с тем большей силой притягивает соленоид подвешенный над ним на пружине железный стержень, стремясь втянуть его внутрь себя. Измеряя глубину опускания стержня, получают амперметр, не давая стержню опускаться и измеряя силу, для этого требующуюся—электродинамометр.

Мы видели, что при внесении крохотных магнитных стрелок в поле, окружающее проводник, они занимают определенное положение. Если гипотеза молекулярных магнитов верна, то соленоид должен в железе и стали так ориентировать их молекулы, что и железо, и сталь, окруженные соленоидом, сами станут магнитами. Так оно и есть! Стальная игла, окруженная спиральным проводником, при пропускании через последний тока, намагничивается и остается магнитом после прекращения тока. Этот-то способ намагничивания и является лучшим и общепринятым ныне способом изготовления постоянных стальных магнитов.

Ампер дополнил теорию молекулярного магнетизма предположением, что каждую молекулу вещества, способного намагничиваться, охватывают спирально обходящие ее токи, так что каждая молекула является как бы соленоидом, а весь магнит—суммой их. По новейшим воззрениям, разработанным в 1907—1913 г.г. Вейсом, эти вихревые токи сводятся к движению электронов по замкнутым орбитам.

По условиям элементарности наших бесед мы не можем коснуться изученных в последние годы влияний магнитного поля на распространение световых волн, на химические реакции, электродвижущую силу, на изменение коэффициентов упругости и кручения материалов и пр. и пр.

Заметим, только, что влияния эти с большей или меньшей вероятностью, а иногда и вполне несомненно, установлены путем в высшей степени сложных и точных опытов. В конечном результате эти наблюдения, быть может, в недалеком будущем еще ближе ознакомят нас с сущностью магнетизма и создадут новые гипотезы о том, „почему магнит притягивает железо“

Пока же мы должны довольствоваться знанием законов, которым подчиняется это притяжение. Для практиче-

ского использования электромагнитных явлений достаточно и этого.

Так, по правилу Ленца мы можем определить, на каком конце электромагнита или соленоида будет северный или южный полюс. Если ток идет в обмотке, когда смотреть на вертикально поставленный соленоид сверху, по направлению движения часовой стрелки, то в этом конце будет северный полюс; если же ток движется навстречу движения стрелки часов, то южный.

Подковообразный магнит можно обмотать так, что проволока обовьет одно его колено слева направо, а другое справа налево или оба в одном направлении. В первом случае в конце каждого колена будут различные полюса, во втором—одноименные, а противоположный им в месте перегиба магнита, на середине его ярма. По силе этот полюс будет равен сумме сил полюсов по концам магнита.

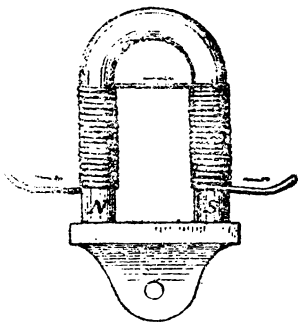


Рис. 22. Подковообразный электромагнит с якорем.

Не возник ли у вас вопрос: „если соленоид сам по себе является магнитом, то стоит ли брать для устрой-



Рис. 23. Различные способы обмотки электромагнита.

ства электромагнита железный сердечник? Зачем усложнять прибор, когда сама обмотка образует магнитное поле?"

Сердечник нужен. Железо, мы знаем, во много раз легче проницаемо для силовых линий магнитного поля, чем воздух; оно сгущает магнитный поток, увеличивает напряженность поля, и, следовательно, благодаря сер-

дечнику, подъемная сила прибора возрастает. Чем мягче железо сердечника, тем быстрее он превращается в магнит при пропускании тока в обмотку и тем скорее размагничивается при прекращении тока. Однако, даже самое мягкое железо не намагничивается моментально и не теряет столь же мгновенно приобретенный магнетизм. Смотри по цели электромагнита, сердечник делается из железа различного состава, т. к. в некоторых приборах необходимо возможно быстрое размагничивание, в других сохранение на некоторое время остаточного магнетизма.

Указанное явление носит название гистерезиса.

Максимум подъемной силы электромагнита это 10 кг. груза, удерживаемого магнитом, на каждый кв. см. плоскости сечения его сердечника. Так, для подъема и удержания пуда железа достаточно иметь подковообразный электромагнетик, согнутый из стержня диаметром около 5 миллим. Магнит с сечением стержня в 1 кв. дюйм может удержать уже целых 125 пудов.

В 1912 г. по указаниям Вейса, был сконструирован электромагнит с колоссальной мощностью поля. Это, собственно, два магнита, сближенных разноименными полюсами и имеющих особой формы полюсные наконечники. Обмотка каждого из них состоит из 1000 оборотов медной трубки, внутри которой циркулирует вода, служащая для охлаждения обмотки, перегреваемой током, сила которого доходит до 200 ампер. Полюсные наконечники сделаны из кобальтового железа и сближены между собою на расстояние 2 мм., что доводит напряженность поля между ними до 40000 гаусов. Впоследствии Оливье увеличил ее даже до 45.100 гаусов.

Рассказывают, что свойством электромагнита притягивать и удерживать железные предметы с силой значительно превышающей их вес некогда воспользовались французы при завоевании Алжира. В их лагерь приехал фокусник, между аппаратами которого был сильный электромагнит. Спрятав последний под ковер, на ковер поставили железный сундук и предложили арабским атлетам поднять его. Ни один из них не смог сделать этого, тогда как любой француз легко под-

нимал сундук. Это произвело на арабов якобы такое впечатление, что они отказались от дальнейшей борьбы.

Понятно, что ток замыкался, когда сундук хотел поднять араб, и размыкался, когда за него брался француз.

И сейчас еще фокусники нередко пользуются теми или иными электромагнитными приборами для удивления зрителей, от которых скрыт механизм аппарата.

В 1892 г. в американском журнале „Scientific American“ было приведено описание грандиозной мистификации при помощи электромагнита уже не простых смертных, а самих ученых физиков. Некто Киль объявил, что он нашел новый вид энергии, развивающей громадную мощность в весьма портативных приборах. Была приглашена комиссия ученых, которой изобретатель продемонстрировал такой опыт: на деревянный стол, тщательно исследованный комиссией, был положен крохотный патрон с тонкими проводами, над патроном, на деревянных брусках, чтобы не раздавить его, поместили громадную глыбу железа, с трудом принесенную десятью людьми. Киль соединил провода, раздался легкий взрыв, и глыба железа была подброшена почти к потолку помещения, а упав обратно, разбила стол вдребезги.

Под протоколом, свидетельствовавшим о происшедшем явлении, подписались все присутствовавшие. Изобретателю удалось собрать немалый капитал для эксплуатации нового вида энергии, после чего он бесследно скрылся. Вслед за его побегом, уже не ученые, склонные к доверчивости и не привыкшие в каждом человеке заподозреть преступника, а полиция произвела тщательный осмотр научной лаборатории Киля. Над потолком ее нашли мощный электромагнит. Прибор, продемонстрированный комиссии, был вероятно просто игрушечной петардой. Нажимая в момент ее взрыва скрытую под ковром кнопку, изобретатель замыкал ток в обмотке электромагнита, но лишь на такой короткий промежуток времени, чтобы глыба не успела подпрыгнуть до потолка (это могло бы навести на подозрение об электромагните), а лишь поднялась и упала.

Но если от „великого до смешного один шаг“, то и обратно: от смешного недолго переход к великому.

Уже не раз на протяжении знакомства человека с законами физики приборы, казавшиеся вначале игрушками, служили прообразами великих технических изобретений. Электромагниту, осуществленному в простейшей форме Араго в 1822 г., в этом отношении повезло более, чем многим другим приборам. Уже через три года Стюрджент придал ему практически применимый вид, а через

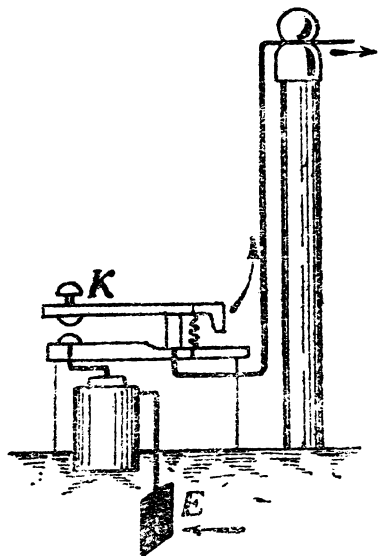


Рис. 24. Электромагнитный телеграф: станция отправления.

каких-нибудь 20 лет электромагнит стали применять и в технике. Это не ирония. Вертушка Герона Александрийского только через две слишком тысячи лет преобраз валась в современную паровую турбину.

Так как во времена Араго и Стюрджента еще не было известно применение тока большой мощности, то и электромагниты делались лишь небольших размеров, весьма слабые по сравнению с современными, обладающими подъемной силой в тысячи пудов.

Однако и эти слабые электромагниты внесли целый переворот в электротехнику и дали энергичный импульс к развитию специального отдела,

ныне известного под названием техники слабых токов.

Одним из простейших, хотя и не одним из первых применений электромагнита является использование его для сигнализации на расстояние. В нашу задачу не входит описание конструкции тех или иных технических приспособлений, основанных на действии электромагнита, но принцип их устройства все же следует указать. Сигнальные приборы действуют так: коммутатор (кнопка электрического звонка, ключ телеграфа и т. п.)

устанавливается на месте подачи сигнала, а небольшой электромагнит с якорем—на месте получения. Ток, замыкаемый коммутатором, проходит через обмотку электромагнита, отчего якорь притягивается. При размыкании тока сердечник размагничивается и якорь отпадает сам или оттягивается слабой пружиной в прежнее положение. Простейшим сигнальным прибором является

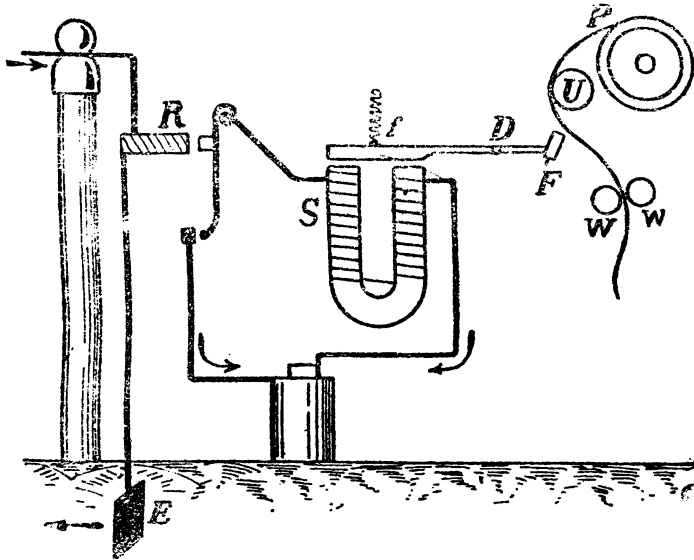


Рис. 25. Электромагнитный телеграф: приёмная станция.

всем известный электрический звонок, изобретенный 1850 г. Д. Марандом.

Кому приходилось ждать прихода поезда, тот знает, что ждать осталось недолго, после того как прозвонила „повестка“, извещающая о вступлении поезда в последний перегон. Эти повестки подаются также при помощи электрического звонка, но несколько особого устройства, чем комнатный.

Говорить о других его разновидностях: о звонке с обратным сигналом, одноударном, звуковой сирене

и пр.—здесь не место. Не будем останавливаться и на применении всех этих сигнализаторов, напомним только, что они могут действовать и автоматически. Так, в противопожарных сигнализаторах ток замыкается расплавившимся легкоплавким сплавом, в предохранителях от взлома—разрывом провода и т. п.

Самым важным применением электромагнита в технике слабых токов является использование его в телеграфии. Идея электромагнитного телеграфа Морзе весьма проста. На станции, принимающей депешу, движется, при помощи часового механизма, бумажная лента, сматываясь с колеса. Под нею расположен штифт, соединенный с якорем электромагнита, а над нею валик, процианный краской. Если на станции отправления замкнуть ток, то на станции получения электромагнит притянет якорь, соединенный с ним штифт нажмет при этом на ленту, прижав ее к валику с краской, и на бумаге отпечатается черточка или точка, смотря по времени, в течение которого был нажат ключ, замыкавший ток.

Интересно отметить, что Морзе не был физиком. Он был художник. Это не первый случай, что изобретение в определенной области сделано не специалистом. Впрочем, Морзе с юности интересовался электричеством и посещал лекции по физике профессора Дэ. Говорят, идею телеграфа дал Морзе его спутник по пароходу, на котором он в 1832 г. возвращался из Европы в Америку,—Джэксон. Как бы то ни было, но, сходя с парохода, Морзе уже имел готовый проект своего аппарата и разработанную условную азбуку из черточек и точек. Прощаясь с капитаном, он сказал: „Когда вы услышите о телеграфе — знайте, что это изобретение сделано на борту вашего парохода“. Но прошло много лет, пока Морзе удалось добиться средств для осуществления своего проекта. Первая телеграфная линия, между Балтийским морем и Вашингтоном, была устроена только в 1843 г. Зато потом дело пошло быстро, и Морзе, проживший всю жизнь в бедности, умер богачом. Сейчас мир окутан паутиной телеграфных проводов и кабелей, общая длина которых во много раз больше расстояния от Земли до Луны.

В заключение нашей беседы упомянем еще об одном применении электромагнита на железных дорогах.

Машинисту на станции вручается жезл, который с ближайшей станции он возвращает с поездом обратного направления. Но если несколько поездов пускаются по одному направлению, раньше чем придет поезд обратного направления, то при вручении жезла не может быть гарантии, что предыдущий поезд дошел уже до станции и что отправляемый не наскочит ему на „хвост“. В этом случае применяют электромагнитную жезловую систему. Жезлы укрепляются в аппаратах, соединенных проводами с соседними станциями, и не могут быть вынуты, пока соседняя станция не откроет током электромагнитный замыкатель аппарата.

Б Е С Е Д А VII.

Превращение магнетизма в электричество.

Открытие, сделанное Фарадеем.—Как с помощью магнита получить электрический ток?—Передача речи при посредстве магнита.—Магнитный фонограф.—Идеальный телефон.

Рассказывают, что открытие Эрстедта и изобретение электромагнита, при помощи которого электрическая энергия превращается в магнетизм, привело Фарадея к непоколебимому убеждению в возможности обратного превращения магнетизма в электричество. Чтобы не забывать об этой задаче, он постоянно носил в жилетном кармане небольшой магнит, напомиравший ему, что величайшее дело его жизни еще не осуществлено.

Но однажды настал день, когда намеченная цель была достигнута: Фарадею удалось при помощи постоянного магнита получить в металлическом проводе электрический ток, без каких бы то ни было побочных источников электричества.

Сделанное им открытие без преувеличения может быть названо величайшим открытием XIX-го века. На основании его стало возможным получать ток такого же высокого вольтажа (напряжения), как в электростатических машинах, но уже не ничтожной силы, выражаемой долями ампера, а произвольно большой. Практические использования открытия Фарадея создали всю современную нам электротехнику и, в частности ряд интереснейших приложений магнита в различных отраслях человеческой деятельности.

Мы уже знаем, что при прохождении тока по проводнику вокруг последнего возникает магнитное поле.

Нельзя ли, обратно, использовать магнитное поле постоянного магнита или электро-магнита для получения тока в проводнике?

Многие до Фарадея пытались решить эту задачу, но безуспешно. Фарадей решил ее движением провод-

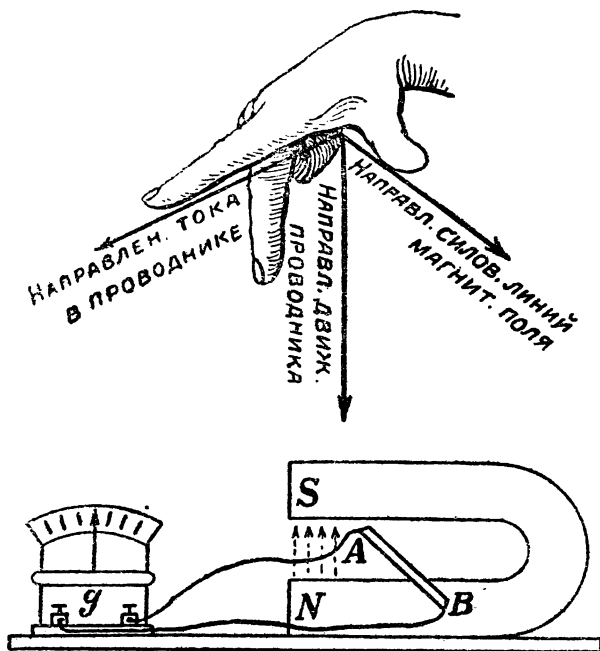


Рис. 26. Опыт Фарадея.

ника в магнитном поле, так, чтобы проводник пересекал силовые линии.

Расположим постоянный подковообразный магнит, как показано на нашем рисунке. Силовые линии магнитного поля направляются в данном случае снизу вверх, от северного полюса N к южному S. Соединим проводник АВ с гальванометром g. При передвижении

проводника в направлении, указанном средним пальцем правой руки, изображенной на том же рисунке, ее указательный палец покажет направление тока, появляющегося в проводнике, в то время, когда он пересекает силовые линии поля. Их направление отмечает большой палец руки. Ток, следовательно, пойдет от А к В, если двигать проводник от магнита к гальванометру, и от В к А, если вести проводник в обратном направлении. Ток станет появляться в проводнике и в том случае, если двигать не проводник, а магнит так, чтобы силовые линии его поля пересекались при этом проводником. Заменяв же постоянный магнит электромагнитом, сможем получить индуктивный (наведенный) ток в проводнике, не двигая ни его, ни магнита, а лишь замыкая и размыкая ток в обмотке последнего. Действительно, и в этом случае проводник будет пересекаться силовыми линиями поля, так как в момент замыкания тока вокруг магнита образуется силовое поле, силовые линии которого как бы заполняют собою пространство вокруг магнита, двигаясь от его оси во все стороны. При размыкании (прекращении) тока, магнитное поле исчезает, при чем силовые линии как бы втягиваются внутрь соленоида и стержня магнита. Нет даже надобности совершенно размыкать ток, достаточно ослабить магнитное поле. Уменьшение его напряженности в каждой точке можно символически представить перемещением силовых линий к оси магнита. Обратно, усиление тока вызывает перемещение линий в том же направлении, как при замыкании.

Итак, индуктивный ток появляется в проводнике, пересекающем силовые линии поля или пересекаемом ими, в те моменты, когда напряженность поля меняется.

Последняя фраза, быть может, требует пояснения. Когда ток пускают в обмотку электромагнита или усиливают уже пущенный, а также, когда размыкают или ослабляют его, то понятно, что напряженность поля меняется, но, ведь, в поле постоянного магнита она в каждой точке остается неизменной. Напомним, что символически эта напряженность выражается густотой силовых линий. Каким образом постоянное магнитное поле вызывает ток в проводнике? А в этом случае, как мы ска-

зали, проводник сам двигается в поле и, следовательно, переходит из мест большого его напряжения к меньшим и обратно, или движется магнит, при чем опять-таки проводник оказывается в каждый данный момент в точках поля, имеющих разное напряжение. В постоянном поле, как и в переменном, ток возникает от изменения напряженности поля в месте нахождения проводника.

Одним из интереснейших практических приложений открытия Фарадея явилось изобретение телефона, действующего при помощи поляризованного магнита, т. е. намагниченного стального стержня с обмоткой, дающей возможность при пропускании через нее тока, усиливать или ослаблять постоянное поле магнитного стержня.

Если когда-нибудь наступит такое время, что человек изобретет все, что он в силах изобрести, то жить станет очень скучно. Ведь, только новые открытия и изобретения поражают невдумчивые умы широких кругов публики. Только самая последняя новинка в области техники кажется профану чем-то „чудесным“, но стоит ему к ней привыкнуть—и она перестает его удивлять и привлекать его внимание.

И все же, хотя телефон весьма обычен для современного поколения, он поистине является чудом техники. Голос человека передается им за сотни верст, не будучи слышен между станциями для переговоров. Очевидно, он не усиливается настолько, чтобы быть слышным на такое громадное расстояние. Он, собственно говоря, и не передается, потому что телефонную проволоку можно провести и через среду, не пропускающую звука. Дело здесь обстоит значительно интереснее. В данном случае мы имеем пример трансформирования механической энергии звуковых волн в энергию электромагнитную и обратное превращение последней в звуковую. Речь, которую мы слышим в телефон, тождественна с производимой голосовым аппаратом говорящего, но воспроизводится она дрожащим металлической пластинки.

Изобретатель телефона, Грэм-Белль, и не помышлял о том сложном процессе преобразования энергии, кото-

рый происходит в его аппарате, а хотел лишь усилить при его помощи звук.

Белль был преподавателем в школе для глухонемых и, наслышавшись о чудесах электричества, решил попробовать при его помощи сделать им слышными звуки.

Впоследствии он сам признавался, что будь в то время его познания в физике более обширными, он не стал бы пытаться решать такую задачу. И он был прав, потому что, когда его изобретение после многолетних трудов было им осуществлено, специалисты отнеслись к нему весьма скептически, как к американской „газетной утке“. Так, в заседании Московского отделения Технического общества, посвященном докладу о новом изобретении, многие из присутствовавших признали его неосуществимым. Конфузно им, вероятно, было через какие-нибудь два года после этого ставить телефон у себя в квартире. Мысль Белля об аппарате для глухих была использована много позже, его же соотечественником, Гутчисоном, тогда как сам Белль увидел, что его аппарат имеет значительно более широкую сферу применения, чем служить пособием при обучении глухонемых.

Как Морзе, так и Белль, не будучи электриками, имели своими предшественниками специалистов, но приборы последних имели недостатки и в практику не вошли. Подобно Морзе, Белль добился успеха не сразу и разбогател тоже только под старость.

На чем же основано действие телефона?

Чтобы понять это, сделаем небольшую экскурсию в область акустики, т.-е. учения о звуке.

Звуком мы называем ритмические колебания упругой среды, распространяющиеся продольными волнами и воспринимаемые нашими органами слуха. В сущности говоря, звук—явление чисто механическое, подобно волнам на поверхности жидкости. Каким образом толчки, получаемые барабанной перепонкой уха и передаваемые от нее сложным слуховым аппаратом специальному нерву, воспринимаются мозгом не как толчки, а как особое ощущение,—этого мы не знаем. Так же непонятны нам, впрочем, и все остальные восприятия внешних явлений органами наших чувств.

Звуковые волны, ударя в тонкую металлическую мембрану, заставляют ее дрожать. Такая пластинка (железный кружок) устанавливается на станции отправления перед поляризованным магнитом, около одного из полюсов которого сделана тонкая обмотка с зажимами. В первых аппаратах применялся просто постоянный магнит. Пока железная мембрана неподвижна, силовое поле магнита остается неизменным, напряженность его не меняется, силовые линии пребывают в покое. Но если под влиянием звуковых волн мембрана начинает дрожать, то она то приближается к магниту, то удаляется от него и тем меняет напряжение поля. Силовые линии последнего то втягиваются в магнит при приближении к нему мембраны, то удаляются от него, пересекая в своем движении контур обмотки. В обмотке же, как мы уже знаем, при таком пересечении ее силовыми линиями возникают переменные индуктивные токи. По проводам они идут в такую же обмотку приемной станции. Здесь, под влиянием токов, пробегающих в обмотке, силовое поле магнита соответственно то усиливается, то ослабляется. В результате магнит то притягивает, то отталкивает расположенную перед ним мембрану, так что она в точности повторяет движение мембраны на первой станции. Это ритмическое дрожание пластинки передается окружающему ее воздуху, вызывая звуковые волны, в точности воспроизводящие звуки, произносимые перед мембраной станции отправления.

В дальнейших усовершенствованиях, внесенных в телефон Белля целым рядом изобретателей, в числе которых выдается знаменитый Эдиссон, особенно важно введение в аппарат усилителя звука — микрофона.

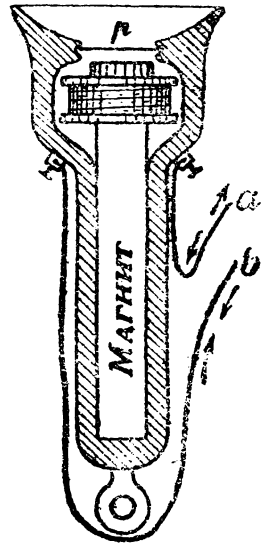


Рис. 27. Телефонная трубка.

В современных аппаратах в телефон только слушают, а говорят в микрофон. Чтобы разобраться в устройстве современного телефона, нам необходимо отклониться в область учения об электричестве. Мы знаем, что подъемная сила электромагнита зависит от силы тока, протекающего через его обмотку. Если мы в обмотку телефона пустим ток от какого-либо постоянного источника, например, от гальванических элементов, то магнитное поле будет постоянным по своему напряжению и силе, и мембрана телефона будет оставаться в покое.

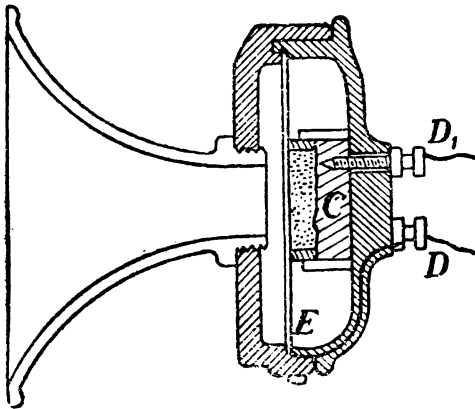


Рис. 28. Микрофон.

Если же сила тока в цепи станет меняться, то сообразно ее изменению будет изменяться и напряжение магнитного поля. Последствием же изменения напряженности поля будет движение железной мембраны. По закону Ома, сила тока, выраженная в амперах, равна частному

от деления числа вольт ¹⁾ напряжения тока на число омов ²⁾ сопротивления цепи. При неизменяющемся напряжении (вольтаже) тока его сила будет, следовательно, тем больше, чем меньше сопротивление цепи ³⁾ прохождения по ней тока. Обратно, чем сопротивление больше, тем сила тока меньше. Если, значит, каким-либо способом менять сопротивление цепи, то сила тока, а от нее и напряжение поля тоже станет ме-

1) Ом—единица сопротивления.

2) Вольт—единица напряжения тока (потенциала).

3) Сумма всех приборов и проводов, по которым проходит ток.

няться. Микрофон и делает это: он меняет, в зависимости от звуковых волн, действующих на него, силу тока в цепи. Обычно телефонный микрофон состоит из угольной пластинки (мембраны), соединенной с одним проводом цепи, и угольных зерен, находящихся в контакте (соединении) с другим проводом. Если говорить в рупор микрофона, то звуковые волны заставляют ритмически дрожать угольную пластинку, и она будет то сильнее, то слабее нажимать на угольные зерна, и тем то усиливать, то ослаблять ток в цепи.

Последствием этого будет соответствующее изменение напряженности поля телефонного магнита на второй станции. Значит, его железная мембрана придет в ритмическое дрожание, воспроизводя такие же звуковые волны, как те, что колебали угольную мембрану микрофона на первой станции.

Расстояние двух пунктов, с которых можно переговариваться, по началу было невелико, но, по мере совершенствования телефона, год от году росло. К началу 1915 г. оно дошло уже до 7.000 килом. Интересно отметить, что 25 декабря 1914 г. Белль и его помощник по конструированию телефона, Ватсон, говорили друг с другом по телефону между Нью-Йорком и Сан-Франциско. Лет за 40 до этого они впервые добились возможности такого разговора из одного этажа дома в другой. Прогресс колоссальный!

Но как быть, когда того, к кому мы обращаемся по телефону, нет дома? И в этом случае на помощь нам приходит магнит. Он записывает нашу речь, обращенную к отсутствующему, и пересказывает ему ее позже. Такой магнитный фонограф состоит из телефона с отдельным магнитом, в поле которого движется тонкая стальная лента. Уходя из дома, переключают аппарат так, чтобы при вызове действовал самозаписыватель речи. Когда говорят по телефону, то магнитное поле испытывает изменения напряжения, и лента, проходящая в поле электромагнита, включенного в телефонную сеть, намагничивается не равномерно. Вернувшись домой, включают приемник звука и снова проводят перед ним ленту, на которой невидимо для глаз записана речь, обращенная к отсутствовавшему. Лента,

магнитическая неравномерно, проходя перед магнитом, меняет напряженность его поля.

От этого меняется сила тока в цепи, что заставляет вибрировать пластинку телефона, воспроизводящую звуки, записанные на ленте.

Такой аппарат был предложен в 1890 г. Паульсенем и назван им телефонографом. В усовершенствованном Эдиссоном виде он был переименован в телеграфон и с 1911 г. вошел в практику, главным образом для замены стенографии. Говорящий может быстро диктовать в аппарат, а переписчик впоследствии может пустить прибор в ход настолько медленно, что произносимое им легко записывать слово в слово.

Как видите, принцип действия телефонирования весьма прост, описание же детального устройства телефонных установок выходит из пределов программы наших бесед. Одно только отметим, что ныне телефон широко применяется и в беспроводной телеграфии и телефонии. На Западе, да отчасти и у нас широко распространены домашние станции телефона без проводов, дающие возможность слышать сообщения редакций газет о новейших событиях, концерты, лекции и даже церковные проповеди, не выходя из дома и живя в любой глухой деревушке.

Но и такой телефон еще не идеален. Идеалом телефона будет аппарат, при посредстве которого каждый из нас сможет в данный момент вступить в беседу с любым обитателем земного шара. Пути к достижению такой возможности уже намечены и, быть может, подобный телефон явится очередным „чудом техники“, которое мы вправе от нее ждать не в особенно далеком будущем.

Если нам суждено дожить до его осуществления, не забудем, что и оно явится лишь логическим последствием древнего наблюдения, что магнит притягивает железо!

Б Е С Е Д А VIII.

Применение магнита в технике.

Как изобрели динамо-машину.—Генераторы и регенераторы тока.—Двигатель Якоби.—Принцип действия электр-мотора.—Магнитотепловой двигатель будущего.

Выдающееся по своим последствиям открытие Фарадея—получение электрического тока при помощи движения проводника в магнитном поле,—как мы указали в прошлой беседе, создало всю современную нам технику сильных токов, дав возможность получать ток произвольных напряжений и силы. Замечательно, что первая попытка соорудить машину для получения электрического тока при посредстве магнита основана не на движении проводника в магнитном поле, а на вращении самого магнитного поля вокруг проводника. Не менее достойно внимания, что именно из этих, казалось, совершенно забытых конструкторами магнито-электрических машин развились новейшие типы динамо с вращающимся магнитным полем и неподвижным якорем.

Некто Пикси в Париже, в 1832 году, поместил над вертикально поставленным подковообразным магнитом, могущим вращаться вокруг линии безразличия (вертикальной оси), стержни с обмотками. При вращении магнита стержни индуктивно намагничивались. Они приобретали северные полюса внизу в те моменты, когда под ними проходил южный полюс вращающегося магнита, и—южный, когда проходил северный. Другими словами—магнетизм сердечников из мягкого железа менялся с северного на южный и обратно, а следова-

тельно, силовые линии могли быть при этом представлены в движении и пересекающими провода обмотки. В обмотке при этом возникали переменные (по направлению и силе) токи.

Почти одновременно с Пикси, Кларк в Лондоне устроил аналогичную машину, но уже с неподвижным постоянным магнитом и вращающимися стержнями с обмотками.

Хотя общество „Алианс“ в Париже и пыталось строить машины Кларка для практических целей, но вес и размеры их, при сравнительно ничтожной мощности, не дали им получить распространения.

В дальнейшем все подобные электромагнитные машины были вытеснены магнитно-электрическими или, как их обычно называют, динамомашинами, или еще проще, динамо.

Переходной формой к динамо-машинам явилась машина Вильде, построенная им в 1866 г. В ней ток в обмотке электромагнита получается от отдельной небольшой магнитной машины, катушка которой вращается между полюсами постоянного магнита. Этот ток питает (будучи выпрямлен по направлению особым приспособлением) обмотку большого электромагнита, развивающего индуктивный ток в обмотке своего якоря.

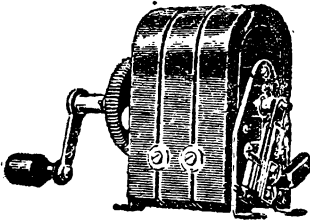


Рис. 29. Магнитно-электрическая машина.

В телефонах и сигнальных приборах еще до сих пор применяются магнитно-электрические машины, как часть всего аппарата для вызова или подачи сигнала. Такие небольшие машинки с постоянными магнитами носят название индукторов. В них проводник, в котором развивается постоянный ток, вращается от руки между 3—4 постоянными подковообразными магнитами, одноименные полюса которых соединены между собою. Подобного же рода машины под названием „магнето“ применяются для зажигания взрывчатой смеси в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания.

Надо ли говорить, какую крупную роль в современной технике и транспорте играют эти двигатели? Достаточно вспомнить их значение в авиации, чтобы понять, что ее развитием мы также отчасти обязаны магниту.

Нам уже приходилось отмечать, что изобретателю какого-либо практически применимого прибора нередко предшествует другой, а то и несколько изобретателей той же вещи, но не сумевшие придать ей практической конструкции, или просто не умевшие ввести ее в практику. Так было и с динамо-машиной. Общепризнанным ее изобретателем является столяр-модельщик Э. Грамм. В 1869 г. он взял патент на якорь машины, не требующий постоянных магнитов, на „кольцо Грамма“. В этом якоре ток образуется в обмотке кольца, вращающегося между бапмаками (наконечниками) электромагнита, и часть этого тока пускается в обмотку магнита. Стоит однажды пустить ток в машину из постороннего источника (хотя бы от гальванических элементов), чтобы железный стержень, сделанный не из слишком мягкого железа, сохранил остаточный магнетизм. Этих следов магнетизма в стержне будет достаточно для возбуждения слабого тока в обмотке кольца, а этот слабый ток, отведенный в обмотку электромагнита, усилит его магнитное поле, и следовательно, возбудит уже более мощный ток в кольце. Таким образом, постепенно, через несколько оборотов якоря ток в обмотке электромагнита достигнет своего максимума. Принцип такого возбуждения тока был указан еще в 1866 г. известным электротехником Вернером Сименсом, а самое кольцо, но только вращавшееся между полюсами постоянного магнита, было придумано итальянским профессором Начинотти даже еще раньше, а именно в 1860 г., как прибор, демонстрировавшийся им на лекциях физики. Найдутся и другие претенденты на приоритет изобретения Грамма, как-то С. Хиордт, Лэдд, но тем не менее все же приходится, к стыду ученых электротехников, признать, что фактически динамомашинка была сконструирована простым рабочим, а не одним из них.

В 1872 г. Гефнер фон Альтенек придумал более удобную форму якоря. Это так называемый „барабанный якорь“, в котором большая часть обмотки пересе-

кается силовыми линиями поля, чем в кольце Грамма. Тот же Альтенек является официальным конструктором альтернаторов—машин, действующих переменным током. Однако, злые языки утверждают, что он лишь воспользовался излишней доверчивостью известного русского изобретателя Яблочкова, когда тот за ужином, сопровождавшимся обильными возлияниями, развил Альтенеку свою идею устройства подобных машин, что, будто бы произошло при проезде Яблочкова из Парижа в Россию через Берлин.

Машины, в которых механическая энергия двигателя (паровой машины или турбины, газомотора и т. д.) превращается (генерируется) в электрический ток, будут генераторами или машинами первого рода. Обратное, машины, в которых электрический ток служит причиной механической работы, будут регенераторами или машинами второго рода, электродвигателями или электромоторами. Как ни странно, но регенераторы ранее привлекли внимание изобретателей, чем генераторы.

Первым изобретателем двигателя, вращающегося под действием пущенного в машину тока, повидимому является Дель-Негри. Это было еще в 1834 г. Тогда же знаменитый в истории электротехники русский ученый, Мориц Якоби, начал работать над улучшением такого двигателя и в 1838 г. уже смог приводить им в движение лодку. Она возила 14 человек против течения, а моторная повозка (первый электровоз) могла катить по рельсам одного человека. Однако, дороговизна эксплуатации не позволила использовать эти изобретения.

Надо заметить, что прямое преобразование электрической энергии в механическую работу было сделано еще до открытия Фарадея. Барлоу в 1824 г. устроил физическую игрушку, в которой электрический ток вращал небольшое зубчатое колесико.

В 1836 г. Ричи обнаружил обратимость магнито-электрических машин: пуская переменный ток в обмотку машины Дикси, он привел ее во вращение. И в этом случае наблюдение теоретика ученого не сразу стало достоянием практиков-конструкторов. Только после того как были выработаны технически применимые системы

динамо-машин, и Фронтен на Венской выставке 1873 г. демонстрировал обратимость их в электромоторы, последние привлекли внимание техников. Зато тем быстрее проложили они себе путь к разнообразнейшим практическим применениям.

Принцип действия электродвигателя постоянного тока можно постичь из рассмотрения помещаемого здесь рисунка. На нем изображен четырехполюсный мотор с кольцом Грамма, наглухо посаженным на ось. Ток

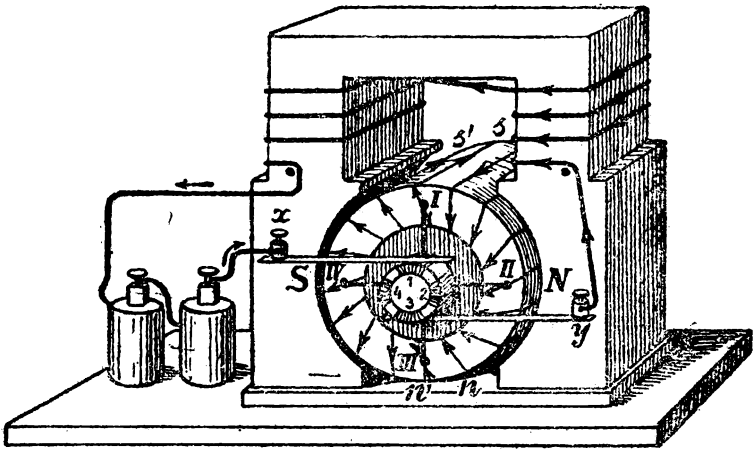


Рис. 30. Схема устройства электродвигателя постоянного тока.

через клемму (зажим) входит через щетку в 1-ю медную пластинку коллектора (токособираателя), а из нее направляется в обмотку. Направление тока в последней указано на рисунке стрелками. При изображенном положении якоря, ток, пройдя обмотку, через 3-й медный сегмент коллектора и нижнюю щетку, вступает в клемму, из нее же в обмотку электромагнита. Оттуда он возвращается к своему источнику,—на рисунке к катоду (отрицательному полюсу) батареи из двух элементов.

Согласно правилу Ампера, нам уже известному, при указанном направлении тока в обмотке якоря, его железный сердечник намагнитится таким образом, что верхняя часть кольца будет иметь южный, а нижняя— северный магнитный полюс. В то же время в правом колене электромагнита возникает южный, а в левом— северный полюс, в результате чего якорь повернется на четверть окружности, так как южное колено магнита станет отталкивать верхнюю часть якоря и притягивать нижнюю, а северное колено—наоборот. Казалось бы, как только южный полюс якоря станет как раз против северного полюса электромагнита, а северный—против южного, так вращение и прекратится. Этого не происходит потому, что одновременно и коллектор повернется на $\frac{1}{4}$ окружности и подведет под верхнюю щетку свой 4-й сектор, а под нижнюю 2-й и, следовательно, в тот же момент в якоре снова южный полюс возбуждётся вверху, а северный внизу, значит якорь будет продолжать отталкиваться своей верхней частью от правого, а нижней от левого колена магнита. Таким образом, он опять повернется на $\frac{1}{4}$ окружности и будет вращаться все время, пока в мотор идет ток извне.

В 1885 г. Феррарис показал, что и при посредстве переменного тока можно возбуждать вращающееся магнитное поле. Мотор, работающий от переменного тока, был в 1888 г. сконструирован Доливо-Добровольским и в 1891 г. послужил впервые для передачи электрической энергии на большие расстояния.

С этого момента собственно началось широкое проникновение электромоторов в различные отрасли техники, где они почти вытеснили ременную передачу и ныне приводят в движение разнообразнейшие станки и иные механизмы фабрик, заводов и мастерских, вертят в типографиях колеса печатных машин, заставляют работать мясорубки в колбасных, поворачивают лебедки и подъемные краны, вращают пушки в крепостях и на военных судах, возят электрические плуги, молотят хлеб, заменяют на рельсовых путях паровозы электровозами и исполняют сотни других работ, одно перечисление которых завело бы нас за пределы нашей задачи.

Нарушением этих пределов было бы и рассмотрение систем современных динамо-машин и электромоторов.

Здесь же будет уместным указать лишь на то, что как ни экономичны и удобны эти машины, но и они, конечно, представляют только временную стадию в деле приложения электромагнетизма к промышленности. Намечается возможность и иного использования этого вида энергии для практических целей. Так, еще в конце прошлого века М. Дебре указал принцип превращения магнетизма в теплоту и механическую работу. Как мы знаем из наших первых бесед, нагревание и охлаждение ферромагнитных металлов меняет напряженность их магнитного поля. В частности, сплав 70% железа и 30% никкеля, еще при 50° обладающий сильными магнитными свойствами, будучи нагрет до 100, почти совершенно их теряет. Значит, если последовательно нагревать и охлаждать стержень из такого сплава, помещенный между полюсами сильного магнита то в обмотке стержня станут появляться и исчезать индуктивные токи. Дебре надеялся, что можно будет сконструировать и обратно действующие аппараты, в которых бы переменный ток вызывал изменение температуры или даже прямо трансформировался бы в механическую работу.

Насколько мне известно, техники-конструкторы до сих пор не обратили своего внимания на использование принципа Дебре, но это не значит, что он и некоторые другие так и останутся навсегда погребенными на страницах специальных технических журналов. Будем надеяться, что, как это бывало и раньше, некогда их извлекут на свет и найдут им достойное применение в технической практике.

Б Е С Е Д А IX.

Еще о магните в технике.

Электромагнитные подъемные краны.—Магнитные тормоза.—Магнитные сепараторы для всех целей.—Результат прогулки Эдиссона.—Оригинальные применения магнита.

Упомянув вкратце в прошлой беседе о важной роли динамо и моторов, основанных на действии магнитного и электрического поля, вернемся к применению в технике магнита, как такового.

Самым важным в практическом отношении таким применением будет использование способности магнита притягивать железо, для устройства электромагнитных подъемных кранов. Обыкновенные подъемные краны и лебедки, имеющиеся на пристанях и заводах и служащие для загрузки и выгрузки товаров на суда и с судов или для перемещения тяжелых заводских изделий, сырых материалов, тиглей с расплавленным металлом, а в строительном деле для подъема строительных материалов,—требуют особых приспособлений для прикрепления перемещаемого ими в вертикальных и горизонтальных направлениях груза к перемещающей части крана. Груз должен быть тщательно обвязан канатами или цепями, за которые кран и захватывает его особым крюком.

Такое укрепление грузов требует времени и далеко не всегда гарантирует безопасность их перемещения. Бывают случаи, что канаты и цепи лошались, крюк крана ломается или плохо увязанный груз рассыпается. Так как значительное количество грузов, перемещаемых мощными подъемными кранами, особенно на металлур-

гических, механических, судостроительных и паровозных заводов состоит из металлических предметов и притом чугунных, стальных и железных, т.е. притягиваемых магнитом, то во многих случаях крюк подъемного крана может быть с успехом заменен электромагнитом. Последний подводят к перемещаемому грузу, пускают в обмотку ток и вместе с притянувшимся к магниту предметом переносят в требуемое место. Здесь, осторожно опустив груз в назначенное положение, выключают ток электромагнита и отводят кран от груза. Ненужным является ненадежное прикрепление цепями или канатом, устраняется опасность изгиба или поломки крюка, — словом достигается уменьшение опасности при перемещении груза и значительная экономия времени.

Поднимающая часть такого крана, заменяющая крюк, состоит из коробки, представляющей полюсный наконечник сильного магнита. Стенки ее ребристые, чем достигается лучшее охлаждение. При пропускании тока сердечник магнита и полюсные наконечники нагреваются, а нагревание магнита, как известно, уменьшает его подъемную силу. Чтобы ослабить такое нежелатель-

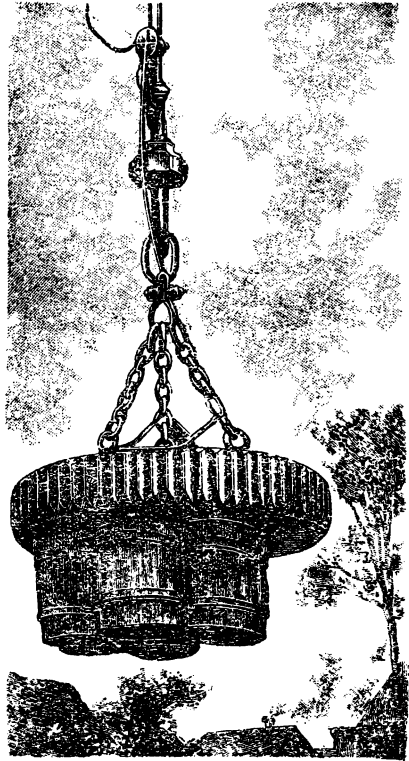


Рис. 31. Электромагнитный подъемный кран.

ное нагревание, стараются сделать поверхность полюсного наконечника при заданном диаметре магнита возможно большей, оттого и делают ее ребристой. В центре коробки имеется отверстие частью для той же цели, т.-е. для большего охлаждения магнита, частью для свободного прохода воздуха при подъеме и опускании поднимающей части крана.

Впервые в большом масштабе электрические краны были применены японцами на судостроительной верфи в Йокагаме.

В зависимости от специального назначения крана форма полюсных башмаков его электромагнита меняется.

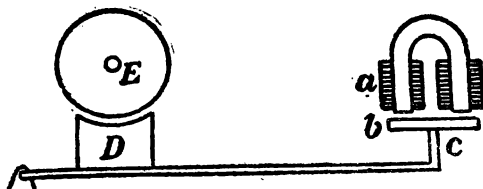


Рис. 32. Моментальный электромагнитный тормаз.

Так для подъема и сбора мелких частей, кусков, обрезков и проволоки притягивающей поверхности придается вогнутая форма. Сечение коробки делается круглым или квадратным. Вес при диаметре в пол-метра около 20 тонн. Такой электромагнит требует 35 ампер силы тока при 200 вольт напряжения, развивая работу около 10 лошадиных сил. Он может за сутки переместить до 800 тонн груза. Делают краны и значительно большей мощности, подъемной силой в сотни тонн. Недосток подъемных кранов—перегорание обмотки при продолжительном включении тока устранен в 1922 г. введением особых предохранителей.

С меньшим успехом применяются электромагниты для устройства моментально действующих тормазов. Схема электромагнитного тормазы изображена на помещенном здесь рис. 32. Прибор состоит из электромагнита и собственно тормазы. В момент пуска тока в обмотку *a*, якорь *b* притягивается и, будучи соединен

с рычагом *c*, заставляет колодку тормоза *D* нажать на затормаживаемое колесо или вал *E*.

Другой тип тормоза основан на способности соленоида образовать в момент прохождения по нему тока магнитное поле, соответствующее полю полосового магнита. Принцип действия такого тормоза тот же как электродинамометра или пружинного амперметра, о которых мы упоминали в начале шестой беседы. Его действие понятно из рис. 33. При пропускании тока в обмотку пустотелой катушки *S*, она втягивает внутрь себя железный цилиндр *R*, укрепленный на конце рычага *B*, вращающегося на оси *A*. Лента *L*, прикреп-

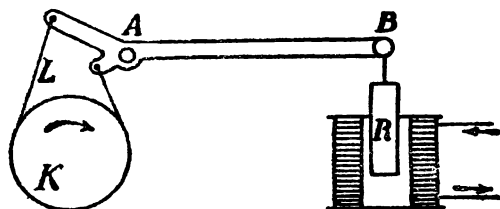


Рис. 33. Другой род электромагнитного тормоза.

пленная к другому концу рычага, при этом прижимается к колесу или валу *K* и тем тормозит его вращение.

Следующим крупным применением постоянных магнитов и электромагнитов в технике являются магнитные сепараторы (разделители), служащие для отделения мелко-раздробленных, мелкозернистых и порошкообразных ферромагнитных веществ от веществ, на которые магнит не влияет, находящихся с ними в тесном смешении.

Применяются подобные сепараторы главным образом в металлургии. Выработано несколько типов их для специальных целей, как-то: отделения железной руды от пустой породы (обогащение руды), отделение магнитной железной окиси, полученной обжигом руды и т. п. Впервые были применены постоянные магниты для извлечения железных предметов из металлического лома, а обогащение руд введено с начала XIX-го века.

Первый электромагнитный сепаратор был устроен в 1855 г. Траверзелло. Для освобождения сердечника магнита от приставших к нему металлических частиц время от времени прерывали ток, проходящий через обмотку электромагнита. В 1881 г. Туберле приспособил сепаратор для отделения цинковой обманки от железного шпата, после предварительного обжига руды. Манн в 1884 г. заострил концы магнитов, усилив магнитное поле. Впервые такие сепараторы применил Уитрейль в 1896 г. для сухих руд. В 1906 г. Ульрих сконструировал кольцевой сепаратор для мокрых руд. Имеется много систем сепараторов, напр., Венстрема, Чэза, Конклина, Буханана, Эдиссона и др. Описывать их не будем, сделав исключение только для изобретения Эдиссона.

Однажды этот великий изобретатель гулял по берегу Лонг-Эйленда и обратил внимание на то, что песок пляжа содержит некоторое количество окиси железа. Надо лишь было придумать способ извлечения ее из масс песка. Эдиссон не замедлил сконструировать для этого сепаратор, которым впоследствии обработал миллионы тонн песка с немалой для себя выгодой. Не довольствуясь этим успехом, он исследовал также горы Нью-Джерси, где находились громадные залежи железной руды, признанной специалистами невыгодной для переработки, в виду бедности ее железом. Применение Эдиссоновских сепараторов заставило отказаться от такого пессимистического взгляда и вскоре на месте нахождения руды возник целый городок, названный по имени предприимчивого изобретателя Эдиссонсити, в котором, стали перерабатывать до 8.000 тонн руды ежедневно. Глыбы песчаника, содержавшего железо, непрерывно доставляются на завод и поступают там при посредстве электромагнитных кранов в дробилки, приводимые в движение электромоторами. Отсюда руда, превращенная в порошок, направляется в особую башню, с вершины которой сыплется вниз, проходя в своем падении мимо ряда электромагнитов с постепенно возрастающей мощностью. Электромагниты ограждены наклонными плоскостями, сближенными друг с другом нижними концами. Порошок падает вниз с галереи сверху башни

при чем песчинки проходят свой путь строго отвесно, а магнитные частички отклоняются электромагнитами и попадают на наклонные плоскости, с которых и скатываются в особый приемник. Отсортированный железосодержащий порошок гидравлическими прессами спрессовывается в особые брикеты, идущие уже в доменную печь. Сепараторы специального устройства применяются и для иных целей. Так, в механических мастерских сепараторами с постоянными магнитами отделяют от смеси стружек различных металлов железные и стальные. Общества конно-железных дорог и омнибусов для выделения из овса, служащего кормом лошадям, железных гвоздей, применяют стальные намагничиваемые полосы, укрепляемые на наклонных плоскостях. На плоскости направляют струю овса, которая скользя по ним, оставляет на полосах железные предметы и падает в расположенный ниже приемник.

Незначительные примеси окиси железа к глине, меняют ее естественный белый цвет на желтый и значительно ухудшают качества выделяемых из нее предметов. Там, где нет естественной белой глины—каолина, к очистке глины применяют опять-таки электромагнит. Для этого глина размешивается с большим количеством воды и смесь заставляют протекать над сильным магнитом, захватывающим и удерживающим частички окиси железа.

На мельницах магнитные очистители служат для удаления из зерна гвоздей и других железных предметов, могущих при помоле повредить жернова, сита и вальцы.

Интересное применение магнита было указано профессором Вулэндом в конце прошлого века, когда в одном случае бурения оказалось необходимым вытащить обломок бура, застрявшего в буровой скважине. Чтобы это сделать, обмотали штангу электрическим проводом и, опустив штангу в скважину, замкнули ток. Таким путем удалось притянуть и поднять отломанные куски бура и беспрепятственно продолжать работу.

Случались и ныне оригинальные применения магнитов в тех или других практических задачах, например для снятия с затонувших судов бочек с гвоздями, благо

силовые линии магнита свободно пронизывают дерево, так что бочки можно было поднимать целиком.

Были даже предложения поднимать таким же путем затонувшие подводные лодки и, более того, вылавливать их огромными электромагнитами, опущенными на пути их движения под водой.

Надо думать, что, по мере удешевления электрической энергии и сооружения все более и более мощных электромагнитов, они еще расширят свое применение в технике будущего.

О некоторых таких приложениях магнита вполне возможных, но еще не осуществленных, мы поговорим в следующей нашей беседе.

Б Е С Е Д А Х.

Возможные в будущем и фактические применения магнита.

Магнитная железная дорога Линева.—Путь без трений Башлэ.—Идеальная дорога будущего.—Роль магнита в междупланетной войне.—Великое изобретение доктора Колингворта.—Электромагнит Клянга.

Хотя и в современных трамваях и электровозах магнитное поле является необходимым условием преобразования электрического тока в работу, сводящуюся к перемещению вагонов по рельсам, но все же в них магнит не является главной действующей частью, роль его, если можно так выразиться, подчиненная. Оттого мы и не касались этой области применения магнитного поля, вскользь указав на нее в беседе об электродвигателях. Но в технике уже намечены, а частью и разработаны такие конструкции железных дорог, в которых именно магнитная энергия играет доминирующую роль, а электрическая—более второстепенную. Таковы электромагнитные дороги Линева, Башлэ, Вейнберга и др.

Магнитно-электрический путь Линева в общих чертах сводится к так называемым контактным путям, в которых одним из электродов является средний магнитный рельс. Рельс этот состоит из отдельных изолированных друг от друга секций, под которыми проложен рабочий провод. С ними приходит в соприкосновение только та секция рельса, по которой в данный момент пробегает вагон. Под вагоном помещается электромагнит, катящийся по рельсам на двух колесах, окруженных полюсными башмаками электромагнита. Понятно, что

когда вагон находится над какой-либо секцией рельса, то силовые линии поля вагонного электромагнита проходят через данный отрезок рельса, намагничивая его и вызывая тем притяжение гибкого провода к рельсу. Таким образом ток все время вводится в мотор вагона, а ответвление его питает обмотку электромагнита, вызывающего контакт.

Дорога Линева была построена и испытана еще в 1890 г. в Лондоне, но в практику не вошла, так как оказалась не экономичной.

Еще более значительную роль играет магнитное поле в дорогах Башлэ и Вейнберга.

Пока они еще являются „дорогами будущего“, но надемся—не особенно отдаленного. Принцип их действия весьма интересен, и вряд ли конструкторы не сумеют его осуществить в практически применимом виде.

Чтобы понять этот принцип, придется начать издалека.

При движении повозки по дороге или вагона по рельсам необходимо преодолевать силу трения между ободьями колес и полотном дороги или поверхностью рельс. Чем путь глаже, тем меньше должно быть усилие, заставляющее повозку или вагоны катиться по горизонтальному направлению. Все мы по опыту отлично знаем, что совсем не одинаково легко катить санки по льду или тащить их же по земле. Теоретически, согласно закону инерции, если бы путь был абсолютно лишен трения,—достаточно было бы дать первоначальный толчек вагону, чтобы он покатился с тем большей начальной скоростью, чем сильнее был толчек, и катился бы до тех пор, пока постепенно не остановился бы от „сопротивления среды“, т.-е. от противодействия воздуха его движению. В среде же безвоздушной, где такое сопротивление отсутствует, движение должно продолжаться до встречи с каким-либо препятствием и при том с неизменяющейся скоростью.

Мы также знаем, что по одной и той же дороге катить повозку тем тяжелее, чем она более нагружена, т.-е. чем сильнее она давит на поверхность пути, усугубляя этим величину трения.

Стало быть весьма важно, если не уничтожить окончательно силу трения, то ослабить ее до возможно

большей степени. Вот тут-то и приходит на помощь магнит.

Давление поезда на рельсы вызывается земным притяжением (силою тяжести поезда). Чтобы уменьшить эту силу, действующую по направлению сверху вниз, надо действовать на вагон в обратном направлении, отталкивая его от рельс вверх.

Поместив над вагоном сильный магнит, можно заставить вагон парить между ним и рельсами, наподобие легендарного гроба Магомета, а соответственно ослабив магнит, можно позволить вагону катиться по рельсам, почти не надавливая на них, т.е. почти без всякого трения. Такой поезд, как бы тяжел он ни был, не потребует мощного паровоза или электровоза, его достаточно будет время от времени подталкивать вперед, и он станет катиться, как катится шар по ледяной поверхности.

Как же сделать это практически?

Башлэ воспользовался для решения поставленной задачи взаимным отталкиванием электромагнитных полей.

Давно было известно, что при внесении в переменное магнитное поле массивного проводника, в нем воз-

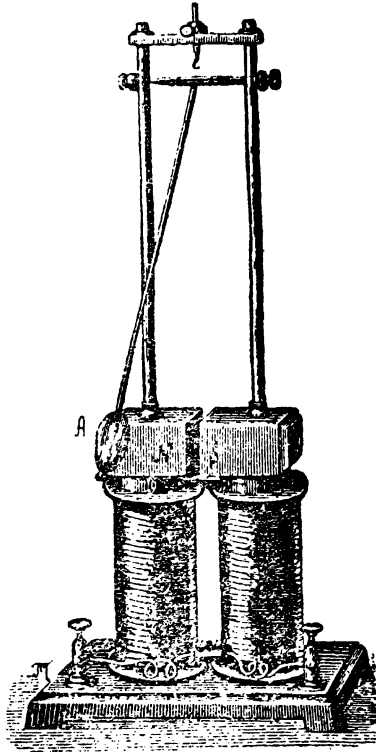


Рис. 34. Опыт с токами Фуко: медная пластинка замедляет свои качания, проходя между полюсами сильного магнита.

никают так называемые вихревые токи, или токи Фуко, как их называют по имени ученого, исследовавшего их законы.

Томпсон демонстрировал крайне любопытное явление отталкивания металлических масс от магнита возникающими в них токами Фуко. Конструктор Удэп построил специальный прибор, в котором массивное, но легкое алюминиевое кольцо отскакивало вверх от вертикально поставленного электромагнита, когда в обмотку последнего пускали часто-переменный ток.

Справедливость требует отметить, что Башлэ ничего этого не знал. Он не использовал наблюдений, сделанных до него учеными физиками, а самостоятельно открыл их наново и, кстати сказать, настолько не понял их сущности, что полагал, будто бы алюминий весьма диамагнитен, а потому и отталкивается так сильно магнитом.

Но как бы там ни было, а Башлэ соорудил модель вагона с алюминиевым днищем и пустил ее по рельсам, под которыми расположил ряд электромагнитов. Вагон, отталкиваемый вверх магнитными полями катушек, почти не давит на рельсы и требует ничтожного усилия для перемещения в горизонтальном направлении. Модель, весящая около трех пудов, при включении тока в обмотки катушек, легко катится по рельсам от толчка пальцем. Вагон, двигаясь по рельсам, автоматически включает в цепь впереди лежащие катушки и выключает пройденные. Скорость движения, по мнению специалистов, может быть доведена до 1.000 килом. в час.

Возможно, что в будущем такая скорость перемещения по железным дорогам станет обычной. Порукой этому служит то обстоятельство, что изобретение Башлэ не явилось исключительным, единственным; независимо от него аналогичную дорогу предложил профессор Томского технологического института Вейнберг, — значит, идея такого пути „носила в воздухе“, созрела для проведения в практику.

По мысли Вейнберга скорость движения вагона может быть даже еще большей, так как он предполагает помещать вагон внутри трубы, из которой выкачан воздух. В его проекте отсутствует не только трение, но и сопро-

тивление среды. У него над трубой расположен ряд сильных электромагнитов, притягивающих вагон к себе и не дающих ему опуститься, так что вагон катится по верхнему рельсу, вернее,—им направляется. При условии отсутствия сил, задерживающих движение вагона, постоянный двигатель становится лишним. Для того, чтобы переместить вагон со станции на станцию, достаточно начального толчка. Этот толчок дается вагону при отправлении при помощи опять-таки магнитного поля. Вагон втягивается внутрь горизонтально расположенного соленоида. В момент, когда вагон дойдет до его середины, автоматически размыкается ток,—магнитное поле соле-

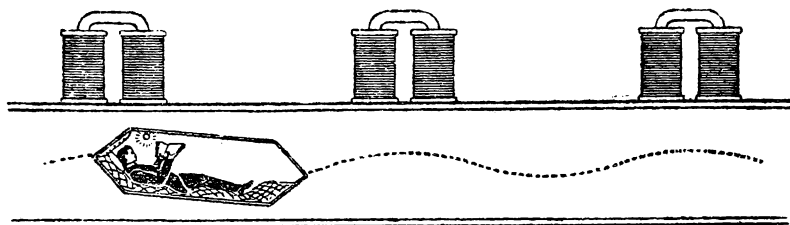


Рис. 35. Проект электромагнитной железной дороги Б. П. Вейнберга.

ноида исчезает, и вагон по инерции проскакивает сквозь соленоид и мчится дальше.

Для остановки вагона достаточно на станции прибытия установить такой же соленоид, входя в который, вагон включал бы ток.

Уже в 1915 г были взяты и другими конструкторами патенты на подобные магнитные железные дороги, могущие развить весьма значительную скорость.

Как видим, применение магнита в практике в достаточной степени широко и разнообразно и бесспорно должно расти в будущем, но фантазия увлекающихся людей, а также некоторых писателей-беллетристов, забегает вперед, и, не довольствуясь фактами, рисует технике новые идеалы.

Впрочем, необходимо оговориться, что уже далеко не однажды пылкое воображение романистов лишь временно опережало действительные успехи техники,

с годами же беллетристические прообразы воплощались инженерами в те или иные изобретения, часто даже в более совершенном виде, чем грезилось писателю беллетристу.

Достаточно вспомнить изобретенные фантазией Жюль Верна: паровой дом, Наутилус, управляемый аэростат и их воплощения в действительности: автомобиль, подводную лодку и дирижабль. Фонограф, аэроплан и даже лучи Рентгена тоже имели свои прообразы в измышлениях писателей, живших задолго до нашего времени, когда, наконец, техника смогла осуществить упомянутые изображения досужих романистов. Не будем поэтому с особым недоверием относиться к мечтам современных писателей о тех или иных, пока еще недоступных для нас применениях магнита, а взглянем на них, как на пророчества, которым, может быть, и суждено когда-нибудь в будущем осуществиться.

Небезызвестный и у нас немецкий писатель Курт Лассвиц в своем романе „На двух планетах“ описывает борьбу марсиан и людей, в которой пришельцы с Марса применяют электромагнит чрезвычайной силы для обезоружения своих земных противников.

„С оглушительным криком „ура“ кинулись неудержимо вперед блестящие ряды кавалеристов. Это был потрясающий миг. Ужас, леденящий сердце, охватил случайных зрителей атаки. Казалось, самоотверженная решимость войска принудила марсиан к отступлению. Между их воздушными машинами началось какое-то движение, они поднялись вверх. Но, одновременно, сверху спустилось какое-то тело, подобно широко-развешивающемуся покрывалу; тело это, со всех сторон окруженное воздушными кораблями, быстро развернулось над полем сражения. Вот уже первый ряд всадников попал в район его действия, и тотчас странная машина распростерлась над всем полком. Действие машины было неожиданно и так чудовищно, что двинувшаяся навстречу полку группа принцев и генералов замерла на месте. С поля донесся пронзительный вопль ужаса. Ни один конь не удержался на ногах, лошади и всадники каким-то чудовищным спутанным клубком валялись на земле, а воздух был наполнен густой тучей копий

сабель и карабинов, с громом и треском летевших вверх к притягивавшей их машине, к которой они и пристали. Машина скользнула немного в сторону и сбросила свою железную пошу на землю. Еще два три раза возвращалась машина и словно скосила все находившееся в поле оружие. Не нашлось ни одной руки, которая оказалась бы в силах удержать саблю или пику, а в тех случаях, когда всадник не выпускал оружия, машина поднимала и его вместе с лошадей. Лошадиные подковы тоже унесены были в воздух и вследствие этого все лошади попадали на землю“.

„Машина была новым могущественным изобретением марсиан: это был снаряд для обезоруживания людей, с непреодолимой силой притягивавший к себе все сделанное из железа или стали. Это было магнитное поле колоссальной силы и громадного протяжения. С помощью этого витающего в воздухе магнита марсиане вырывали из рук своих противников оружие, не причиняя им вреда, кроме некоторых, неизбежных при этом ушибов“.

Как видим, фантазия автора лишь модернизировала старинные легенды, приписывавшие магнитным горам свойство притягивать корабли, скрепленные железными гвоздями: и там и тут дело сводится лишь к непомерному увеличению силы существующих в природе и технике магнитов.

На том же предположении о возможности получить магнитное поле значительно большего напряжения, чем развиваемое современными магнитами, основан рассказ известного английского писателя Конан-Дойля. В „Письмах доктора Мэнро“ выведен изобретатель необычайного электромагнита. Между ним и лицом, от имени которого ведется рассказ, происходит следующая сцена: „Я нашел способ, — говорит доктор Коллингворт, — какой именно, не стану рассказывать, — увеличить во сто раз притягательную силу магнита. Вы понимаете это?“

— Да.

-- Очень хорошо. Вы знаете также, что современные метательные снаряды делаются из стали или, по крайней мере, обтягиваются сталью. Возможно, что вы когда-нибудь слышали и о том, что магнит притягивает

сталь. Позвольте мне теперь показать вам маленький опыт.

Он наклонился над своим аппаратом, и я услышал треск.

— Это,—продолжал он,—пистолет. Я вставлял в него патрон со стальной пулей, сделанной специально для опыта. Целюсь в кружок сургуча на стене на четыре дюйма выше магнита. Я стреляю без промаха. Стреляю! Теперь, подите и убедитесь, что пуля сплюснлась о магнит, а затем оправдайте предо мной ваш смех.

Я подошел и убедился, что вышло так, как он сказал.

— Ну еще бы! Вы видите, спорить не о чем. Мой военный корабль снабжен на носу и корме магнитами, которые во столько же раз более этого, во сколько раз пушечное ядро больше пули. Вот он вступает в дело. Что же выходит, Монро? А, что? Каждое ядро, пущенное в мой корабль, расплющивается о мой магнит. Вы только представьте себе это, старина! Я вам говорю, что для ядра нет абсолютно никакой возможности задеть мой корабль. А дешевизна-то! Нет надобности в броне. Ничего не нужно. Всякий корабль становится неуязвимым с моим аппаратом. Вы опять смеетесь, но дайте мне магнит и лодку с семифутовым орудием, и я уничтожу лучший военный корабль.

— Тут что-нибудь да не так,—заметил я.—Если ваш магнит силен, то не будет ли он притягивать обратно и ваши ядра?

— Ничуть. Огромная разница между ядром, вылетающим от вас со всей его колоссальной начальной скоростью и ядром, которое прилетает к вам и требует только легкого отклонения, чтобы упасть на магнит. Кроме того, прерывая ток, а могу прекратить влияние магнита, когда сам стреляю. Затем замыкаю ток и становлюсь неуязвимым“.

Мысль ловит снаряды неприятеля электромагнитом приходила в голову не только писателям-беллетристам. В 1896 г. полковник американской службы В. Кинг, по сообщению „*Revue de Cercle Militaire*,“ установил громадный электромагнит, сердечником которого были две пушки. Гвозди и куски железа, бросаемые по на-

правлению магнита, устремлялись к нему с громадной быстротой, но опыты со снарядами из орудий, стрелявших по направлению форта, защищенного электромагнитом Кинга, не дали положительных результатов.

В великую всемирную войну 1914—18 г.г. в разных странах горе-изобретатели заваливали военные министерства и редакции технических журналов аналогичными проектами. Насколько известно, ни один из этих проектов не был осуществлен практически. Как бы ни был силен электромагнит, развиваемое им поле все же будет иметь напряжение, недостаточное для изменения траектории летящего снаряда или курса подводной лодки.

Правда, упомянутый магнит Кинга мог действовать на магнитную стрелку компаса, находившегося в девяти верстах от него, и это дало повод газетным корреспондентам надеяться, что при помощи подобного рода громадных электромагнитов, устанавливаемых на определенных местах побережья, можно будет сбивать с пути неприятельские суда при подходе их к берегам. Однако, и это предположение оказалось ошибочным. Писавшие забыли, что на самых судах имеются в настоящее время динамомшины и электромоторы, образующие магнитные поля, которые тем не менее не влияют на правильность показания судовых компасов, защищенных от силовых линий всяких случайных магнитных полей и подчиняющихся действию только земного магнетизма.

Б Е С Е Д А XI.

Применение магнита в военном деле и в медицине.

Магнит-убийца.—Магнитные пушки.—Магнит в кабинете офтальмолога и отиатра.—Санитарное значение магнита.—Магнит в руках хирурга.—Действие магнита на человеческий организм.—Магнитотерапия.

Не все применения магнита в военном деле должны быть отнесены к области фантастических. Он нашел в этой области и уже осуществленные приложения.

Англия своей победой над германским флотом в войне 1914—18 г.г. отчасти, говорят, обязана умелому применению магнита. Германские подводные лодки легко избегали расставленных по пути их следования подводных мин, пока англичане не начали применять к минам магнитные замыкатели тока, взрывавшие мины в момент прохождения над ними лодок. Идея этого прибора крайне проста. Электрические провода взрывателя располагались друг над другом на небольшом расстоянии. Выше нижнего провода и ниже верхнего укреплялась магнитная стрелка, могущая вращаться в вертикальной плоскости на горизонтальной оси. Она и сама располагалась горизонтально, не касаясь выше и ниже ее лежащих проводов. Когда же над нею, хотя бы на большой высоте, проплывала субмарина, то металлический корпус последней притягивал один из концов стрелки, которая, приняв вертикальное положение, прикасалась своими концами к обоим проводам тока. В этот момент ток замыкался, взрывая мину.

Ранее мы описали приспособление, приводящее в движение вагон электромагнитной дороги Вейнберга. Совершенно такое же приспособление применено

в электромагнитных пушках, по слухам, уже осуществленных на Западе. В них снаряд кладется перед соленоидом, развивающим магнитное поле громадной мощности. Снаряд с колоссальной быстротой втягивается внутрь соленоида в момент замыкания тока в последнем; будучи в середине соленоида, он достигает максимума скорости и одновременно автоматически размыкает ток, вылетая из дула орудия по инерции. Выстрел не только бездымен, но и беззвучен. Специалисты предсказывают электромагнитным орудиям блестящее будущее.

Но магнит может быть не только убийцей, он бывает и целителем человеческих страданий. Так мы уже отметили, что в отиатрии успешно применяется специальный микротелефон, дающий возможность глухим, слуховой нерв которых не атрофирован, слышать обычную речь на более или менее отдаленном расстоянии. В офтальмологии применяют магнит и особенно электромагнит для извлечения металлических соринки, попавших в глаз. На металлообделочных заводах засорение глаз рабочих такими стружками—пылинками, врезающимися в роговую оболочку глаза,—явление обычное. Приемные покои этих заводов обязательно должны снабжаться специальным электромагнитом с острыми полюсными наконечниками. Самые же мастерские, в которых производится стругание и обточка металлических предметов, следует оборудовать особыми магнитами с большой поверхностью для очистки воздуха от металлической пыли. Пыль этих мастерских также в значительной части своей состоит из почти микроскопически-малых стружек. Она по этой причине трудно удалима откашливанием и проникая в дыхательные органы, не только раздражает их нежную ткань, но и способствует развитию туберкулеза. Вращающиеся магниты в соединении с электрическими вентиляторами (экспаустерами) удаляют ферромагнитную пыль из воздуха и тем уменьшают негигиеничность работы в мастерских для обработки металлов.

В 1915 г. Клингенберг придумал для ветеранов войны, работающих в указанных мастерских, слесарей, часовщиков и т. п. магнитную руку. На остаток руки

или на протез надевается кожаная манжета с электромагнитом, действующим от батарейки, помещаемой в кармане. Такая рука пригодна для держания металлических инструментов или специально изготовленных для увечного предметов, снабженных железными рукоятками.

Профессор Пейр применил магнит для лечения кишечных болезней. Для этого больному дают пилюли, наполненные тончайшим железным порошком. Порошок равномерно покрывает слизистую оболочку кишечных стенок, после чего к животу приближают сильный магнит. Под влиянием оказываемого им притяжения частички железа стремятся к магниту, увлекая за собою кишки. Больной при этом испытывает легкую колику. Если же естественная подвижность кишечника чем-либо нарушена, то боли бывают очень сильны. Прекращаются они выключением тока, питающего обмотку электромагнита. Характер и местоположение болей дают врачу возможность определения существования сращения кишек, заворот их и т. п. неправильности. Двигая магнитом в соответственных направлениях, можно направлять и расправлять данную петлю кишечника и даже разрывать образовавшиеся сращения, не вскрывая брюшной полости. При помощи рентгенографии все такие перемещения могут быть видимы оператору, так как петля, наполненная железным порошком, отбрасывает на фосфоресцирующий экран или на фотографическую пластинку темную тень. Подобное же применение магнита имеет место при необходимости повысить перистальтику кишечника для удаления завалов и т. п.

В хирургии применяются электромагнитные зонды для определения и быстрого извлечения пуль, осколков снарядов и пр. ферромагнитных инородных тел, проникших в организм. Один из первых, если не первый сконструировал такой зонд в 1867 г. Трувэ. Зонд состоит из двух стальных изолированных друг от друга стержней с изогнутыми концами. Когда при введении зонда в рану, оба конца зонда коснутся металлического предмета, то последний замыкает ток электромагнита. Электромагнит помещен в коробке, имеющей форму

и размеры карманных часов. В момент прикосновения концов зонда к пуле электромагнит притягивает упругую пластинку, которая при размыкании тока дрожит, издавая звук, указывающий на то, что пуля найдена. Зонд Трувэ в дальнейшем совершенствовался рядом конструкторов. В 1887 г. изобретатель телефона Белль применил подобный инструмент к исследованию раны президента Гарфильда. Профессор Лиймак в 1914 г. показал, что в таком зонде можно применить комбинацию электромагнита с телефоном, что и было осуществлено Кауфманом, Шиловским и другими конструкторами. Аппараты звучат даже без прикосновения зонда к пуле, лишь бы последняя стала в области магнитного потока между его концами. Зонд Франсуа реагирует даже на парамагнитные металлы.

Во время войны 1914—18 г.г. Релэ применил электромагнит для извлечения осколков снарядов. Очень сильный электромагнит, установленный вертикально над местом расположения осколка, притягивает последний, заставляя вытягиваться верхний покров тела. Если осколок лежит непосредственно под кожей, то выступ будет конический, если в ткани мышц,—полусферовой. Оперлируемый при стремлении осколка продвинуться к магниту ощущает режущую боль. Профессор Бергонье дополнил аппарат введенным переменного тока, вызывающего вибрирующее силовое поле. Оно, в свою очередь, заставляет вибрировать осколок, облегчая выход его наружу.

Интересно решить вопрос,—действует ли вообще на организм магнитное силовое поле?

Мы знаем, что некоторые виды энергии в определенных пределах ее напряжения воспринимаются специальными органами чувств. Так, световые волны в пределах их длины от 0,76 до 0,4 микрона ¹⁾ ощущаются глазом. Всякое иное раздражение зрительного нерва мозг также воспринимает, как свет. Вспомним, что при ударе глаза—„из него искры сыплются“, т.-е. что давление на зрительный нерв производит впечатление света. Косвенно мы можем „видеть“ гальванический ток. Если, обмотав концы проводов тока влаж-

¹⁾ Микрон=0,001 миллиметра.

ной ватой, коснуться ими осторожно роговой оболочки глаза, он ощутит свет. Отдельного органа для восприятия электрической энергии у нас нет, но вся нервная система реагирует не на присутствие мощного электростатического поля, а на изменение напряженности последнего. Особой чуткостью в этом отношении отличаются нервные субъекты, предчувствующие, например, грозу. На восприятии нашей нервной системы электрических разрядов основана целая отрасль медицины — электротерапия. Сильный разряд может даже убить человека. Кто же не знает о поражении людей молнией или током высокого напряжения от проводов электрических установок?

Другое дело — магнитное поле. До последнего времени вопрос, реагирует ли на магнетизм наша нервная система, решался отрицательно. Физики и физиологи указывали, что ни один из органов наших чувств ни прямо, ни косвенно не указывает нам присутствия магнитного поля. Опыты с гигантским электромагнитом эдинбургской обсерватории дали в этом отношении такой же отрицательный результат, как и опыты с любым самым слабым постоянным магнитом. Между тем оккультисты утверждают, что магнит оказывает определенное влияние на организм человека. Они же говорят, что есть сенситивы — люди настолько чувствительные к магнетизму, что они каким-то особым „шестым чувством“ отличают магнит от немагнита. Они испытывают специфическое ощущение при приближении даже к компасной стрелке. Более того! Рассказывают, что некоторые сенситивы не только видят в темноте магнитное поле, представляющееся им в виде особой светящейся оболочки вокруг магнита, но и отличают истечение из северного полюса от истечения от южного. И еще более. Оккультисты уверяют, что некоторые люди могут оказывать влияние на магнитную стрелку, силою воли заставляя ее отклоняться от ее нормального положения.

Повторяем, что физики всецело отрицают все эти утверждения, хотя возможно, что оккультисты и не совсем неправы. Ведь и на электростатическое поле реагируют люди далеко не одинаково, — быть может, отдель-

ным лицам и присуща способность ощущать силовое поле магнита. Высказать такое предположение позволяют недавние опыты известного английского физика С. Томпсона. Он манипулировал с переменным полем большой частоты, питая обмотку электромагнита частопеременным током. При весьма значительной силе тока, а, следовательно, столь же большой напряженности поля, Томпсон впервые обнаружил поразительное явление свечения магнитного потока. Зрительный нерв в этом случае испытывает световое ощущение непосредственно, т. к. свет „видим“ одинаково хорошо, как с открытыми, так и с закрытыми глазами. Значит, мы имеем тут дело не с преобразованием магнитной энергии в световую, а с прямым действием магнита на зрительный нерв, который лишь „не умеет выражать получаемые им раздражения иначе, чем ощущением света“. Итак, нормальный зрительный нерв не видит постоянного магнитного поля, но вполне возможно, что, будь он устроен иначе, он бы его воспринимал. Известный бельгийский писатель Метерлинк в своей книге: „Смерть“ говорит: „Какое представление мы составили бы себе об окружающих нас предметах, если бы наши глаза были чувствительны не к свету дня, а к электромагнитным волнам? Динамомашинка во время работы походила бы на пожар, а магнит осуществил бы мечту средневековых мистиков и стал бы вечной лампой, горящей, никогда не сгорающей“.

Из опытов Томпсона видно, что все же действие силового поля магнита не вполне бесследно для человека, а потому, быть может, не совсем ложна и идея магнитотерапии.

Современная медицина ее не признает, как прежде не признавала лечения животным магнетизмом. Однако, Месмер с 1766 г. не без успеха лечил им многие, особенно нервные болезни. Комиссия французских академиков, во главе с гениальным Лавуазье, исследовав месмеризацию, пришла к заключению, что она ничего общего с явлениями физического магнетизма не имеет, что в данном случае все сводится к явлениям внушения или гипноза. Медики лишь в конце прошлого века, после клинических исследований этого рода явлений, произведенных Шарко, стали применять внушения в психотерапии.

Быть может, и магнитотерапия, некогда пользовавшаяся большим фавором у врачей, вновь найдет научное признание и объяснение, дождавшись своего Шарко.

Еще древние, изумленные способностью магнита притягивать железо, пользовались для лечения судорог естественными магнитами. Магнит при этом держали около сведенной судорогой части тела в продолжение от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$ часа, расположив пациента больным членом на север, а магнит держа в направлении с севера на юг. При других болезнях носили магнит при себе постоянно, привязывая в виде больших пластинок на грудь или на живот, или в виде браслетов, ожерелий и повязок на шее, руках и ногах. Знаменитый средневековый алхимик и медик Парацельс (1493—1541) был убежденный последователь магнитотерапии. В новейшее время ее пропагандировал некий Дюрвиль, выпустивший книжку ¹⁾ с подробным изложением способов лечения постоянными магнитами и с описанием влияния земного магнетизма на наш организм. В этой книжке, между прочим, говорится, что постели следует располагать в меридианальном направлении, а не по линии запад—восток. Китайцы при постройке домов определяют положение стен при помощи компаса, тоже приписывая этому направлению какое-то влияние на обитателей дома. В беседах о земном и космическом магнетизме мы еще вернемся к этому вопросу.

В заключение же отметим, что древние и средневековые ученые вплоть до Месмера (1733—1815) и даже до Глещингера (магнетизера XIX-го века) смешивали по аналогии физические явления магнетизма с физиологическими магнетизма (влияния более сильной воли врача на ослабленную волю пациента). К сожалению, до сих пор еще в руководствах по физике можно встретить устарелую транскрипцию „магнетизм“, позаимствованную от немцев, которую следовало бы сохранить исключительно для определенной категории явлений, ничего общего с магнитом не имеющих. Кстати и происходит это слово, впервые введенное иезуитами от слова магия, а вовсе не от слова магнит.

¹⁾ Проф. Дюрвиль: „Лечение болезней магнитами“. Русск. гер. 1911.

БЕСЕДА XII.

„Компас“.

Естественные указатели стран света. — Часы — указатель севера и юга. — Компас. — Кем, когда и как был изобретен компас? — Применение компаса в судоходстве. — Как может компас показывать направление, будучи помещен на стальном судне? — Недоразумение Колумба и консерватизм ученых. — Различные применения компаса в технике и общежитии. — Компас в детской.

Пчела, голубь, кошка и целый ряд других живых существ инстинктом чувствуют направление и умеют ориентироваться в странах горизонта каким-то непонятным для нас способом. Существуют ли у них специальные „органы направления“? Физиологи не дают на этот вопрос согласованного ответа. Мы и не станем на нем останавливаться, как на выходящем из пределов физики, а отметим лишь самый факт наличия способности ориентироваться в направлении, присущей многим организмам.

Это умение различать страны света особенно наглядно выражается в постройках некоторых пород термитов (иначе — „белых муравьев“), обитающих в Австралии. Их так и называют компасными гнездами, так как продольная ось построек всегда направлена с севера на юг; это, вероятно, имеет целью уменьшить нагревание гнезда, так как поперечные стенки представляют меньшую поверхность для нагревания, чем продольные. Направление стенок настолько точно совпадает с меридианом, что путешественники руководствуются им при отсутствии солнца.

Немало имеется и растений, поворачивающих листья или цветы в направлении к югу или по линии с запада

на восток. Эта способность растений различать страны горизонта называется гелиотропизмом. В прериях Южной Америки имеется, напр., сложноцветное растение *Silphium laciniatum*, служащее прямо-таки компасом для путников: так правильно расположены его листья, чтобы предохранить их от излишнего действия солнца с востока на запад поверхностью, следовательно, с севера на юг—краями. Так же располагает у нас свои листья колючий латук. В лесах умеренных широт человек может ориентироваться, наблюдая расположение мха на стволах деревьев. При свете солнца или звезд он еще того проще определяет направление. В частности, при солнце обыкновенные карманные часы могут служить для ориентации в странах горизонта. Для этого нужно держать часы горизонтально, направив часовую стрелку к солнцу. Направление север—юг совпадает при этом с направлением прямой, делящей пополам угол между часом, указываемым стрелкою и двенадцатью. В полдень, понятно, часовая стрелка укажет прямо на юг, так как в полдень солнце стоит на юге. В десять часов утра направление север—юг совпадает с прямою, соединяющей на циферблате цифры V и XI. Конечно, часы должны показывать так наз. местное время, а не идти по условному времени, среднему или с прибавкой некоторого времени сверх местного.

Однако, все указанные определения требуют некоторых предварительных, хотя бы чисто эмпирических знаний. Инстинкт определения стран света, свойственный многим, даже весьма низко организованным животным, человек утратил. В туманный день, в мятель, облачную или безлунную ночь и пр. человек в степи, в море, вообще на открытом пространстве, лишенном предметов для координации, беспомощен в отношении определения правильного направления.

Только при помощи компаса, т.-е. небольшой магнитной стрелки, может моряк или путешественник верно находить путь, не прибегая к наблюдению окружающих предметов. Понятно, какое громадное значение имело для человечества изобретение компаса.

Трудно даже приблизительно определить, сколько жизней сохранила эта маленькая чудесная стрелка, на-

правляя путников сквозь туман и мрак ночи по верной дороге.

Не менее трудно сказать, кем впервые была подмечена эта особенность магнита ориентироваться в пространстве. Нельзя с уверенностью указать не только на отдельного наблюдателя, но и на тот народ, которому впервые стал известен компас.

Правда, в Неаполе имеется памятник некоему Флавио Джоя, якобы изобретшему компас в 1302 г., но поставлен он не по заслугам, так как в лучшем случае Джоя самостоятельно сделал открытие, известное и до него.

В 1902 г. родина Джоя праздновала 600-летие этого изобретения, но надо заметить, что только в половине XV-го века Ф. Биондо в своих стихах приписал первенство знакомства с компасом какому-то моряку города Амальфи. По поводу этого юбилея, в том же 1902 г., когда он праздновался, Монклавель опроверг приоритет Джоя на изобретение компаса. Во-первых, он указывает, что еще 1258 г. Латини описал норвежской компас, состоявший из соломинки, через которую пропущена магнитная игла и плававшей в воде; во-вторых, честь этого открытия с давних времен приписывалась китайцам. Тем более вероятно последнее указание, что существуют документы, подтверждающие такое мнение. В „*Memoires concernant les chinois*“ патера Амьо, написанных в 1709 г., сказано: „года 2631 до христианской эры император Янг-Ти заблудился, преследуя Че-Ю; и, чтобы увереннее идти по незнакомой стране, он изобрел колесницу, которую вела фигура духа, указывавшего неизменно на юг, как бы ни повернулась колесница“. Эта колесница, очевидно, имела компас. Рядом с этим подтверждением Фикс уверяет в своем „*Essai sur l'Indoustan*“, что во время царствования Кихинаха Вэгу, некий индус, Саредана, изобрел компас около 37 г. нашей эры, а арабы, а также китайцы признали подлинность этого факта. Таким образом в Китае увидели компас, устроенный по модели Янг-Ти, только в 806 г.

Некоторые авторы приписывали изобретение компаса арабам, другие говорили, что арабы заимствовали его уже от европейцев. Аббат Прэво, автор „Истории путе-

шествий“, кажется, верно замечает, что восточные мусульмане были слишком плохими мореплавателями и людьми вообще неспособными на изобретения. Некоторые географы определяют время изобретения компаса пятью тысячами лет. Но если верно, что его впервые устроил Янг-Ти, то, вероятно описанная повозка погибла при наводнении от разлива р. Яо в 2297 до нашей эры или во внутренних распрях. Вот почему так скоро привилась гипотеза Марко Поло, который считал местом изобретения компаса не Китай, а Среднюю Азию. Историки, не доверяющие китайским манускриптам, склонны приписывать открытие компаса знаменитому Рожеру Бэкону, алхимику и физику, жившему между 1213 и 1294 г.г. Одно положительно известно, что европейцы начали им пользоваться более или менее широко только с конца XV-го века, в эпоху Васко де Гама и Колумба. Возможно, что Джоя лишь усовершенствовал компас. Однако, достоверно известно, что Джоя действительно существовал и имел какое-то отношение к компасу; это доказывается принятием от него этого изобретения в библиотеку Карла V-го, в 1364 г. И все же, хотя город Амальфи уже шесть раз праздновал юбилей Джоя, Монклавель уверяет, что компас не его изобретение, так как еще в 1180 г. французский поэт говорил об этом изобретении в своих стихах.

Слово компас в то время еще не было придумано, инструмент называли: *marniere, d'amagniere, magnette, salamite*, лягушкой, дрожалкой и т. д.

Приведем все же легенду об изобретении компаса, сделанном Джоей, в виду ее поэтичности.

Когда-то город Амальфи был портом, не хуже Венеции, и в нем жил Флавио Джоя. Он был не моряком, а насекальщиком и инкрустатором. Несмотря на свою бедность, обладал весьма веселым характером, за который и получил свое прозвище (джоя значит радость). Так бы и работал он, распевая песни, если бы не влюбился в красавицу Анджиолу, дочь богатого рыбака Доменико Муло. Флавио просил у Доменико руку его дочери, но тот заявил, что выдаст ее только за рыбака. Джоя, ради прекрасных глаз Анджиолы, готов был переменить ремесло, но Муло охладил его замечанием,

что „морьяком родятся, но не делаются“ Видя, что юноша пришел в отчаяние, старик сказал ему: Я отдам за тебя дочь, если ты добьешься, чтобы моя лодка шла всегда по прямой линии, в тумане и ночью“.

Флавио предстояла такая трудная задача, за которую он не знал, как и приняться, но влюбленным покровительствуют боги. Для работ по инкрустации металлов у него был магнитный камень, служивший для притяжения мелких кусочков железа. Дождя как-то заметил, что, плавая на куске пробки, этот камень поворачивается всегда в одну сторону. Обрадованный юноша снова запел свои веселые песни, работая над изготовлением инструмента, состоявшего из тонкой стальной иглы, свободно уравновешенной на острие серебряного конуса. Таким образом компас был изобретен, а через месяц Флавио стал счастливым супругом красавицы Анджиолы.

Добавим к истории изобретения компаса, что арабский ученый Байлек, в 1242 г., описывал устройство компаса такими словами: „мореходы, плавающие по Сирийскому морю, желая определить направление стран света в темную ночь, когда звезды невидимы, ставят на корабль внизу, куда не задувает ветер, бочку, наполненную водой. На воду пускают стрелку, укрепленную на деревянном кресте, и, если этот крест может свободно двигаться, то стрелка указывает север и юг“.

Известный астроном Кеплер для облегчения ориентации такой стрелки, укреплял ее на грушеобразном поплавке и вместо воды наполнял сосуд спиртом. Стрелка позднейших компасов вращается над кружком (картушкой) с восьмиконечной звездой в центре, указывающей на север, северо-восток, восток, юго-восток, юг, юго-запад, запад и северо-запад. На круге, описанном вокруг этой „розы ветров“, указаны промежуточные направления: северо—северо-восток, востоко-северо-восток и т. д. За кругом, разделенным таким образом на 16 частей, следует второй, разделенный на 32 части, называемых румбами компаса. Кто впервые ввел такое деление—не установлено; известно лишь, что оно было общепринятым в XV веке.

Джоя ввел обычай обозначать на картушке север геральдическим знаком лилии, в честь Карла V-го, в гербе которого был этот знак.

Очень оригинальны картушки китайских компасов, с помещенными на них календарными сведениями; в них знаком севера служит крыса, юга—лошадь, востока—заяц и запада—курица.

Примитивный компас по мере развития мореплавания совершенствовался в устройстве. Так как для правильности показания компасом „курса“, т.е. направления движения судна, необходимы весьма многие условия, то в первоначально устраивавшихся компасах правильность эта не всегда могла быть соблюдена. Начать с того, что качка судна, столь обычная на море, не давала возможности компасу указывать направление. Чтобы стрелка его и при качке оставалась всегда в горизонтальной плоскости, Кардан (1501—1576) устроил весьма остроумное приспособление, носящее до сих пор название подвеса Кардана.

Подвес Кардана состоит из двух колец, вращающихся во взаимно перпендикулярных плоскостях; когда корабль испытывает боковую качку, вместе с ним наклоняется наружное кольцо, внутреннее же и компас продолжают оставаться в горизонтальной плоскости. При килевой (продольной) качке оба кольца и компас не выходят из горизонтального положения.

Однако, и с кардановским подвесом компас не мог давать правильные показания, когда деревянные суда сменились металлическими. На современном стальном судне точность показаний компаса нарушается притяжением стрелки ферромагнитной массой судна, в свою очередь подвергавшейся магнитному действию земного шара во время постройки корабля.

Это отклонение судового компаса от истинного направления носит название девиации и усложняется изменением влияния земного магнетизма на корпус судна в зависимости от положения последнего по отношению к земному меридиану.

Девиация для каждого из компасов, находящихся на корабле, определяется из наблюдений при постановке корабля на разные курсы и является делом весьма слож-

ным. Из этих наблюдений при помощи особых формул и диаграмм определяется девиация для любого курса корабля в плавании.

Существуют специальные приборы, так называемые дромоскопы, механически воспроизводящие зависимость девиации от направления движения корабля, лучшим из которых считается дромоскоп Д. Крылова.

Для измерения величины силы, действующей на компасную стрелку, применяется дефлектор; самым совершенным дефлектором, как говорят, является прибор де-Колонга, опять-таки русского конструктора, который много поработал и над способами уничтожения девиации.

Принцип такового уничтожения сводится к нейтрализации действия железных масс корабля противодействием магнитов и брусков железа, расположенных вблизи компаса так, чтобы они действовали на его стрелку, как силы, вызывающие девиацию в обратную сторону. Самое устройство таких приспособлений, интересное лишь специалистам, настолько сложно, что мы его рассматривать не будем. Укажем на одно только обстоятельство, значительно усложняющее уничтожение девиации компаса,—нам агнитное склонение или деклинацию.

Еще в XI веке в одном китайском сочинении сказано: „Маги натирают стрелку магнитным камнем, и она указывает на юг; однако, она всегда отклоняется немного к востоку и таким образом направлена на юг неполне точно“. Другими словами: астрономические полюса земли и ее магнитные полюса не совпадают. В XIII веке на это обстоятельство указывал Перегрин, но на его наблюдение тогдашние ученые не обратили внимания.

В истории физики Лакур и Аппеля сказано:—„Прошло много времени, прежде чем европейцы открыли отклонение магнитной стрелки от направления с севера на юг. Может быть, причина этого лежала в том, что древнейшие европейские компасы не имели разделенного круга, а отчасти и в том, что в эпоху введения компаса в средиземноморских странах отклонение от линии северо-юга было очень незначительно. Отклонение стрелки компаса стало вполне очевидным только во

время плавания Колумба через Атлантический океан. Именно Колумб отмечает 14-го сентября 1492 г., определив свое положение на 200 миль к западу от Ферро: при захождении солнца, он к своему великому изумлению заметил, что стрелка уклонилась от направления северо-юга на 5° к западу. Странно, что Колумб не упоминает о том, что в Средиземном море стрелка в это время отклонялась на 6° к востоку. Едва ли можно допустить, что такое отклонение в 1492г оставалось еще неизвестным. Таким образом не ясно, недоумевал ли Колумб над тем, что направление стрелки вообще не совпадало с линией северо-юг, или его поразило, что отклонение было не к востоку, а к западу. Но что бы ни означало его удивление, во всяком случае его замечание обратило внимание ученых на направление компасной стрелки. Что Колумб по своему возвращении несомненно делал наблюдения над этим явлением, ясно из письма, написанного им несколько лет спустя с о. Гаити; в нем есть такое место: „Всякий раз, когда я плыву из Испании в Вест-Индию, я замечаю, отойдя на 100 морских миль к западу от Азорских островов, необычайное изменение в движении небесных тел, в температуре воздуха и в поверхности моря. Я тщательно отмечал эти наблюдения и нашел, что компас, до того отклонявшийся к северо-востоку, теперь переходил к северо-западу“.

Таким образом, в это время Колумб уже знает не только то, что магнитная стрелка обнаруживает отклонение, но и то, что это отклонение может быть различным. В Испании стрелка отклонялась к востоку, а в известном месте по ту сторону Азорских островов она „перешла“ к западу. Следовательно, где-то на пройденном пути было место, в котором стрелка показывала как раз на север, где деклинация была равна нулю.

Достоин внимания лишний раз отметить довольно обычный консерватизм ученых, не легко мирящихся с фактами, разрушающими сложные научные гипотезы. Даже спустя полвека после наблюдения Колумба над склонением компасной стрелки находились ученые, утверждавшие, что этого не может быть, что если отклонение ее и наблюдается, то лишь потому, что компас плохо устроен.

Многочисленные наблюдения над деклинацией в различных пунктах земного шара, конечно, заставили физиков отказаться от убеждения, что магнитные и астрономические полюса земного шара совпадают друг с другом. Постепенно величина склонения была определена с достаточной точностью, так что она перестала препятствовать правильности определения курса корабля и направления на суше.

В дальнейших наших беседах, посвященных земному магнетизму, мы еще вернемся к вопросу о склонении стрелки, а теперь перечислим другие применения компаса. Так, при работах нивеллирных и геодезических, при проложении туннелей в горах и штольнь в рудниках и копях, а также при постройке зданий, компас применяется для правильной провески линий в определенном, по отношению к странам света, направлении. Еще в древнем Китае компасная стрелка применялась для определения направления стен строящегося дома, как о том мы уже упоминали выше.

В настоящее время для провешивания прямых служит буссоль. В простейшем виде этот аппарат для измерения магнитных азимутов (плоскостных углов) состоит из латунной линейки с компасом по середине и диоптрами по концам. Линейка укрепляется на подставке, дающей возможность располагать бусоль строго в горизонтальной плоскости и вращать ее в таковой. Диоптры,—это две вертикальные линейки с прорезами. Визируют через прорез одного диоптра на отдаленный предмет, так чтобы он совпал с нитью по середине прореза второго диоптра. В инструментах более точных диоптры заменяются специальными зрительными трубами. Кроме буссоли, компас входит в состав и других геодезических инструментов, в дальномеры и физические приборы, служа для ориентации их в отношении стран света.

Фотографы для определения времени, когда данный предмет всего лучше освещен, тоже пользуются специальным фото-компасом. В этом аппарате обыкновенная катушка компаса заменена часовым циферблатом. Против 12-ти находится колечко, которое направляют на предположенный для фотографирования пред-

мет, направление же северного конца компасной стрелки указывает при этом, в котором часу дня следует снять.

Так как стрелка компаса, опирающаяся на стальное острие, испытывает ничтожное трение (что и необходимо для отклонения ее слабыми силами земного магнетизма) то, выйдя из состояния покоя, она не скоро к нему возвращается, качаясь, как горизонтальный маятник. Но так как для отсчета наблюдений весьма неудобно, а иногда и невозможно ждать, пока она успокоится, то в компасах применяют особые успокоители (рис. 36).

В 1824 г. Гамбей заметил, что компасная стрелка, выведенная из состояния равновесия, скорее останавли-

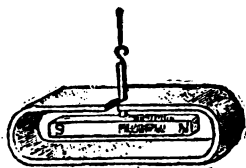


Рис. 36. Магнитная стрелка с успокоителем.

вается, когда компас стоит на металлической подставке, хотя и сделанной и из неферромагнитного металла. Дело в том, что под влиянием движения стрелки напряженность окружающего ее магнитного поля меняется. Это изменение вызывает в металлической подставке переменные токи Фуко, о которых мы уже говорили в одной из предыдущих бесед. В свою очередь эти токи вызывают появление переменного электромагнитного поля, противодействующего по направлению полю, возбуждавшему токи. Картина получается такая, как если бы мы, желая остановить качание стрелки, подставляли бы к ее северному концу, когда он, скажем отклоняется к востоку, северный полюс магнита. Он оттолкнул бы стрелку назад, а когда она, перейдя линию нормального положения, отклонилась бы к западу, то и там встретила бы противодействующий ее

дальнейшему отклонению северный полюс магнита. Понятно, что при этом стрелка скоро перестала бы раскачиваться, что и происходит под влиянием индуктивных токов, когда компас окружен массивной металлической (латунной) обоймой.

На прямом курсе корабля компас может исполнять обязанность рулевого, не давая судну „рыскать“, т.-е. уклоняться то в одну, то в другую сторону. Приспособление для такого управления судном было впервые предложено в конце прошлого века лейтенантом Берсье. Компасная стрелка, отклоняясь при изменении курса, замыкает ток и тем приводит в действие специальный мотор, управляющий рулем. Впоследствии изобретение Берсье было усовершенствовано другими конструкторами и применено для самодвижущихся мин. Вот, значит, и еще одно приложение магнита в военном деле, кроме тех, о которых мы говорили выше.

В заключение нашей беседы о компасе, скажем еще об одном оригинальном применении его.

Существует такой фокус. В коробочке лежат 4 дощечки с цифрами: 1, 2, 3, и 4. Предлагают разместить цифры в любом положении, т.-е.: 3, 1, 4, 2, или 1, 4, 3, 2, и т. п. Тот, кто знаком с алгеброй, может вычислит число таких комбинаций; оно равно двадцати четырем. Сделав любую перестановку цифр, закрывают коробочку и отдают ее фокуснику, а тот, посмотрев на коробку через картонную трубочку, отгадывает, в каком порядке расположены дощечки с цифрами. Их, конечно, может быть и не 4, а более, например 8. В этом случае число возможных комбинаций возрастает уже до 40320. Понятно, что в крохотной картонной трубочке, которой фокусник проводит по крышке коробки, громко читая порядок цифр, не скрыт аппарат Рентгена, как пытается уверить пресидижитатор. В ней спрятан от взоров публики всего лишь компас из часового брелока. Под бумажками с цифрами подклеены на дощечках небольшие тонкие магнитики в различных положениях, напр., два вертикально, два горизонтально, полюсами в противоположные стороны. На картушке компаса соответственно отмечаются цифры, отвечающие тому или иному положению магнитов. Так, если под цифрой

3 магнит подклеен вертикально, северным полюсом вверх, то стрелка компаса, когда трубочка с ним стоит на крышке ящика против цифры 3, примет такое же положение, но северным полюсом вниз.

Фокус поучительный: он не менее, чем жестяные рыбки, плывущие за магнитом, с которых мы начали наши беседы, может заинтересовать ребенка и привлечь его к знакомству с физикой.

Б Е С Е Д А XIII.

Земной магнетизм.

Магнетизм положения.—Не южный ли магнитный полюс на севере земного шара?—Броненосцы-магниты и магниты-мосты.—Террелла Джильберта.—Элементы земного поля.—Наблюдения Гартмана и Нормана.—Ошибка Колумба.—Где магнитные полюса земного шара?—Галилей и его заслуги в области изучения земного магнетизма.—Карты Ганстена.—Магнитная аномалия.—Гумбольдт и земной магнетизм.—Исследование земного магнетизма американцами.

Что земной шар является громадным магнитом, образующим в окружающем его пространстве силовое магнитное поле—мы уже знаем. Одним из доказательств существования такого поля является так называемый магнетизм положения—способность ферромагнитных предметов самопроизвольно намагничиваться, если они долгое время находятся в определенном положении к магнитному меридиану. Намагничиваются они индуктивно, как и при введении ферромагнитных веществ в искусственно образованное магнитное поле.

Поднося компасную стрелку к фермам железнодорожного моста, к длинным металлическим балкам и т. п. предметам, не трудно убедиться, что у их концов, направленных к северу, имеется северный магнитный полюс.

Надеюсь, что вы не выведете из этого факта заключения, что магнитное поле Земли имеет не те свойства, как поле искусственного магнита, в котором вблизи северного полюса образуется индуктивный южный полюс. И в магнитном поле Земли ферро-и парамагнитные тела намагничиваются таким же образом, что бли-

жайшие полюса магнита и намагничиваемого тела взаимно притягиваются. Неясность в данном случае только кажущаяся. Вспомним, что мы еще в самом начале наших бесед говорили, что, в сущности, конец магнитной стрелки, указывающий на юг, является носителем северного магнетизма, и обратно. Таким образом, если считать, что у северного полюса земного шара сосредоточен северный магнетизм, то следует признать, что наши естественные и искусственные магниты ориентируются к полюсу тем концом, у которого в них расположен южный магнитный полюс. Мы же с первых шагов нашего знакомства с магнитом и, в частности, с компасом стали называть полюса по их направлениям. Если бы столь же условно было решено называть полюс, обращаящийся к северу, полюсом положительного магнетизма, то надо бы было магнетизм северного полушария нашей планеты назвать отрицательным. Тогда не было бы и создавшегося недоразумения.

Подобным же образом, как мосты, намагничиваются и стальные суда, в особенности современные гигантские броненосцы и дредноуты, строящиеся годами и долгое время стоящие на стапелях в одном и том же положении по отношению к меридиану. За время от начала постройки до спуска на воду корпуса таких судов успевают приобрести настолько резко выраженный магнетизм, что с ним приходится считаться при вычислении девиации устанавливаемых на судах компасах.

Вертикальные металлические стойки, железные столбы электрических установок и т. п. предметы так же подвергаются индуктивному намагничиванию от пребывания в земном поле. В нашем (северном) полушарии у них внизу образуется северный магнитный полюс, вверху южный. В южном полушарии — наоборот южный внизу, а северный наверху.

Весьма возможно предположить, что естественные магниты, входящие в состав горных массивов из магнитного железняка и других ферромагнитных руд, приобрели свой магнетизм по той же причине, находясь в течение миллионов лет, протекших со дня их образования, в магнитном поле Земли.

Известны также случаи нахождения магнитных метеоров—камней, притянутых земным тяготением из космических сфер, состоящих главным образом из железа и никкеля. Их полярность соответствует их расположению; следовательно, они приобрели свои магнитные свойства уже лежа на Земле, а не принесли их с собою из междупланетных пространств.

Джилльберт для изучения свойств земного магнетизма построил намагниченную модель земного шара,—террелу. Приближая к такому шару магнитную стрелку, он наблюдал, как она располагалась горизонтально (в отношении террелы) на экваторе и все более наклонялась по мере приближения к полюсам, становясь у последних вертикально. Джилльберт и на Землю смотрел, как на совершенно правильный магнитный шар с магнитными полюсами на ее географических полюсах. Таким образом, по его предположению, широту местности можно бы было определять прямо по величине наклона компасной стрелки. Отступления же в правильности расположения земных географических и магнитных меридианов, т.е. несовпадение их друг с другом, Джилльберт объяснил тем, что магнитна лишь суша, вода же не магнитна. Поэтому в Европе и прилегающей к ней части Атлантического океана магнитная стрелка должна отклоняться к востоку от географического меридиана. Эта попытка объяснить отклонение магнитных меридианов от географических не спасла гипотезы совпадения полюсов. Слишком упрощенное представление о Земле, как совершенно правильном магните, оказалась недостаточным при более детальном изучении свойств земного магнитного поля. Наблюдения эти показали, что магнитное поле не является постоянным в своих элементах, что оно вечно и непрестанно волнуется, непрерывно испытывая в каждой точке изменения, как напряженности, так и направления силовых линий.

Напряжение земного поля в общем весьма не велико, не превосходя на высоте Пулкова $\frac{1}{2000}$ силы тяжести. Магнитный полюс, имеющий единицу количества магнетизма, испытывает со стороны полюса земного магнита притяжение, выражаемое соответственными долями.

Направление силовых линий вокруг Земли в общем соответствует направлению силовых линий в поле шарового дипольного магнита. Они, как бы исходят из одного полюса, окружают Землю, удаляясь на наибольшее от ее поверхности расстояние на экваторе, и входят в противоположный полюс. Как и вокруг джильбертовской терреллы, магнитная стрелка, перемещаемая вокруг земного шара при условии, что она может свободно вращаться в горизонтальной и вертикальной

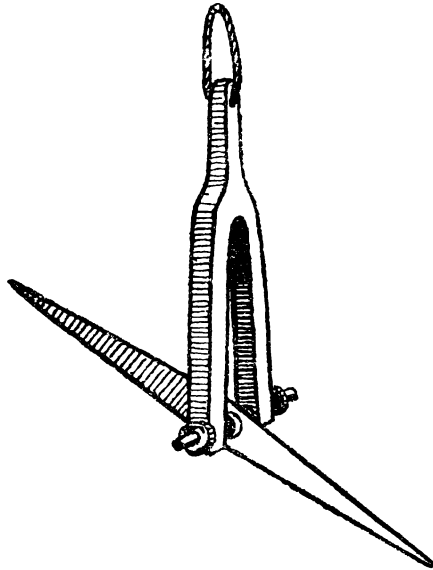


Рис. 37 Стрелка наклонения.

плоскостях, будет становиться вертикально на магнитных полюсах и располагаться горизонтально на ее магнитном экваторе.

Это отклонение компасной стрелки от горизонтального положения, — магнитное наклонение или инклинация, было впервые обнаружено Гартманом в 1535 г., а в 1576 г. Норман устроил прибор — инклинатор, для измерения величины магнитного наклонения. Гартман,

бывший в молодости механиком, а впоследствии священником, всю жизнь интересовался изучением магнетизма. В одном из своих писем он говорит: „Я нахожу, что магнитная стрелка уклоняется не только к востоку, но и вниз. Это можно показать следующим образом. Я подвешиваю стрелку длиною в палец так, чтобы она горизонтально лежала на острие. Ни один из ее концов не наклоняется к земле. Но как только я натираю ее магнитом, она выходит из горизонтального положения и наклоняется одним концом вниз.“

Наблюдения над наклоном стрелки заставили, кстати сказать, отказаться от предложения, что компас притягивается Полярной звездой. Гипотеза, которую разделял, между прочим, Колумб... Опыт показал, что центр притяжения находится несомненно в самой Земле. Магнус думал, что стрелку притягивают большие скопления железной руды, магнитные горы, находящиеся вблизи полюсов—мнение, являющееся отголоском древних легенд. На поиски этих мифических гор в начале XVI-го века ездил, но, конечно, безрезультатно знаменитый Парацельз, интересовавшийся между прочим, и земным магнетизмом.

Действительное местоположение северного магнитного полюса Земли было открыто во время знаменитого путешествия капитана Росса в приполярные страны в 1831 г., на одном из островов архипелага Ботия Феликс, вблизи арктических берегов Америки. Тогдашнее местоположение его было у $96^{\circ} 46'$ западной долготы и $70^{\circ} 5'$ северной широты. Южный магнитный полюс был определен лежащим около $73^{\circ} 39'$ южной широты в океане, между Викторией и землей Уэлькса, точно же определен лишь в наши дни, во время путешествия Скотта к южному полюсу в 1909 г., и оказался лежащим у $155^{\circ} 16'$ восточной долготы и $72^{\circ} 25'$ южной широты.

Так же сравнительно весьма поздно было открыто изменение напряжения земного поля, долгое время считавшееся всюду одинаковым. Только в 1785 г. Леман, участник известной экспедиции Лаперуза, опроверг этот взгляд своими наблюдениями.

Знаменитый современник Ньютона и его личный друг, физик и астроном Э. Галлей (1656—1742), веро-

ятно знаком по имени большинству читателей наших бесед. Многие из них, надо думать хорошо помнят тот страх, который испытывало человечество в ночь с 18-го на 19-е мая 1910 г., когда ждали столкновения Земли с кометой Галлея, названной по имени этого ученого, впервые выяснившего периодичность ее появления в солнечной системе. Вот этот-то ученый и был первым, заинтересовавшимся планомерным, хотя и частичным изучением магнитного склонения.

Громадной заслугой Галлея на этом поприще является предложение им метода изображения изогонами расположения склонения на поверхности земного шара. Изогоны, — это кривые линии, соединяющие на глобусе или карте места одинаковых склонений. Впоследствии с большой пользой для науки таким же образом стали изображать распределение по поверхности земного шара температур, давлений барометра и др. данных метеорологии. Правда, карта изогон магнитного склонения, составленная самим Галлеем, в 1702 г., благодаря недостаточности наблюдений, была далека от совершенства, но все же она показала, что взгляд Джильберта на распределение земного магнетизма слишком элементарен.

Галлей предложил свою, в высшей степени оригинальную гипотезу, объясняющую расхождение наблюдаемых величин склонения от направления теоретических магнитных меридианов Джильберта. Он полагал, что земля состоит из двух концентричных шаров, при чем внутренний шар вращается на $\frac{1}{700}$ -ю медленнее наружного, что и вызывает изменение магнитного отклонения во времени. Кстати сказать, Галлей не отрицал возможности обитаемости внутреннего земного шара т. е. существования особого подземного мира. Мысль эта была впоследствии плодотворно использована Жюль-Верном в его книге „Путешествие к центру земли“, в которой много говорится и о магните.

Карта изогон наклоения компаса была составлена в 1768 г. Вильке. Понятно, что составление таких карт требовало специальных, продолжительных и хорошо обставленных в научном отношении, экспедиций. Результаты их опровергли как гипотезу Галлея, так и ряд, позже ее предложенных. Богатейший фактический мате-

риал, собранный многими путешественниками и мореплавателями, обработал к 1819 г. датский ученый Ганстен, сам с тою же целью путешествовавший по Сибири.

Изогонические кривые этих карт оказались настолько отклоняющимися от какой-либо закономерной плавности их изгибов, что пришлось окончательно отбросить всякое представление о простом виде земного магнита. Очевидность показала, что распределение магнетизма в земном шаре значительно сложнее, чем в правильно намагниченной модели Джильберта или в тех воображаемых магнитах, которыми авторы различных гипотез о земном магнетизме пытались заменить истинный земной шар.

Любопытно отметить, что классическая работа Ганстена по магнетизму: „*Untersuchung über den Magnetismus der Erde*“, обязана своим появлением в свет случаю. Ганстен был учителем математики, а магнетизм привлек к себе его внимание лишь потому, что школа, в которой Ганстен преподавал, получила в подарок глобус, с изображенными на нем магнитными изогонами. Они его заинтересовали и побудили к самостоятельным исследованиям в области земного магнетизма.

По картам, составленным Ганстеном, можно видеть, что нулевые изогоны (агоны—совпадающие с географическими меридианами) делят поверхность земного шара на две неравные части: в той, в которой лежит Атлантический океан, склонение западное, в другой—восточное. Изогоны не идут правильно, а местами сильно отклоняются от направлений меридианов, так что определенной долготы местности отнюдь не соответствует определенное склонение. Более того: имеются места, где изогоны замкнуты.

Линии магнитного наклона—изоклины, соединяющие места равных наклонов стрелки, имеют более правильный вид, но все же не являются окружностями. В общем их форма тем менее правильна, чем ближе они к полюсам.

В некоторых местностях земного шара наклонение резко отличается от нормального: это так называемые места магнитных аномалий. Наиболее характерная ано-

малия существует у нас в Курской губ. вблизи Белгорода. Здесь на пространстве нескольких верст разница склонений доходит до 80° . По приглашению Русского Географического Общества известный знаток земного магнетизма Т. Моро подробно исследовал в 1896 г. Курскую губернию на всем ее протяжении. В Кочетовке наклонение оказалось таким, как на Шпицбергене. Не многим наблюдателям удавалось видеть нормальное склонение в $82^\circ 19'$; оно было отмечено американской полярной экспедицией 1882 г. под $81^\circ 44'$ северной широты, а в Курской губ. Моро нашел его в с. Покровском.

Описываемое исследование представляло не только, теоретический интерес. Резкое изменение наклонения может указать на залежи руд железа. Их изыскания нередко и производятся при помощи инкливатора. Надеясь найти их в данном случае, Лейст в 1898 г. открыл в Кочетовке местный полюс, на котором отклонение было как раз 90° . Всемирно известный геолог Мушкетов не допускал наличия руд в данной формации, тем не менее весной 1923 г. их удалось наконец обнаружить. Говорят, что количество руд здесь должно вдвое превышать все остальные мировые запасы, доходя до 25 миллионов пудов!

Менее резкая аномалия наблюдается по всему побережью Балтийского моря, в окрестностях Одессы, в Подольской губ., в Карпатах, в Англии, Франции, С-Америке и пр.

Вероятно, их будут находить и впредь, так как изучение силового поля Земли еще далеко не закончено.

Что касается изменения напряженности земного поля, то первые основательные попытки к изучению его по всей поверхности Земли были сделаны великим А. Гумбольдтом, этим последним ученым-энциклопедистом.

Его первоначальное теоретическое предположение о закономерности этого изменения, о постепенном возрастании напряженности от экватора к полюсам, было оставлено им самим, так как оно не соответствовало фактам.

Гумбольдт же первый из европейских ученых указал на связь явлений земного магнетизма с космическими. Эта связь только в наше время привлекла внимание ученых и ей мы посвятим особую беседу, настолько она интересна и загадочна.

Во время своих путешествий по Южной Америке, а в 1829 г. по Сибири, Гумбольдт лично произвел немало наблюдений над земным магнетизмом. Он же явился инициатором покрытия всего земного шара сетью магнитных обсерваторий. Высокий научный авторитет Гумбольдта побудил правительства разных стран осуществить его мысль. В наше время результаты отдельных наблюдений, производимых в различных магнитных обсерваториях, получают общемировую сводку.

Упомянутые выше Гаусс и Вебер, в особенности первый из них, посвятили немало времени такой обработке отдельных фактов. Помимо замечательного труда: „Атлас земного магнетизма“, изданного в 1840 г., они много способствовали изучению земного магнетизма устройством точных приборов, служивших для этой цели. Ими же было основано научное общество, исключительно работавшее над изучением магнетизма Земли. Это изучение продолжается с тех пор непрерывно. В частности интересна большая работа, проделанная в этой области американцами в первом десятилетии XX-го века. Исследования были произведены в 3.500 пунктах; работами руководил Бауэр. Он при участии миллиардера Карнеджи исследовал территорию океана вблизи американских берегов, исправив неточности прежних карт. В 1910 г. Бауэр открыл на Аляске близ Ситки местный магнитный полюс, подобный имеющемуся у нас в Курской губ. Вообще работы американцев много прибавили к нашим знаниям картины магнитного поля Земли, хотя и сейчас она не вырисовывалась полностью.

Б Е С Е Д А XIV

Изменения элементов земного магнетизма.

Почему следует постоянно производить магнитные измерения?—Периодические и непериодические изменения элементов земного магнитного поля.—Инструменты, для этого служащие.—Немного механики.—Вариационные и самопишущие приборы.—Магнитные обсерватории и измерения, на них производимые.

Может возникнуть вопрос: зачем же производить повторно в одном и том же месте земного шара измерения элементов земного поля? Не достаточно ли в возможно большем числе пунктов раз навсегда сделать измерения и на основании их составить постоянную карту всего земного поля?

Осуществлению такой карты препятствует то обстоятельство, что все элементы поля меняются не только в пространстве, но и во времени. Составляемые карты изогон, изоклин и кривых напряженности поля не являются пермаментными и постоянно нуждаются в замене новыми.

Величины элементов земного поля меняются, во-первых, периодически, во-вторых, непериодически, т.-е. испытывают два рода колебаний: подчиняющиеся некоторой закономерности и не поддающиеся определенной формулировке, хотя и не вполне случайные.

Повторные наблюдения над элементами земного поля, произведенные в определенных пунктах, показали, что величины этих элементов не являются зафиксированными раз навсегда. Впервые это изменение во времени было подмечено в 1635 г. Гиллебрантом для магнитного склонения. Гиллебрант провел в своем саду полуден-

ную линию и при помощи длинной магнитной стрелки определил величину склонения. Она оказалась меньше, чем ранее определенная для Лондона, где жил Гиллебрант. Французские ученые еще раньше убедились, что величины наклонов в промежуток между 1580 и 1630 г.г. в Париже были неодинаковы, но относили это несоответствие к ошибочности предшествовавших наблюдений.

Галлей, о гипотезе земного магнетизма которого мы уже говорили, объяснял изменение явлений разностью скоростей вращения внутреннего ядра земного шара и наружной его оболочки. Он предвидел периодичность изменения склонения, которая должна была повторяться по истечении 700 лет. Известно, что в 1663 г. стрелка компаса совершенно правильно указывала на север. По Галлею такое совпадение географического и магнитного полюсов должно, следовательно, произойти вновь в 2363 г. Томпсон считает, что это будет в 1976 г., Шательен — в 2151 г. По его мнению, время от нулевого положения стрелки до максимального ее отклонения в одну из сторон равно 488 годам, а полный период векового колебания вдвое большему числу лет. Брюн считает полный период равным 1290 лет, что соответствует периоду обращения Земли вокруг центра солнечной орбиты. Время покажет, кто из них прав.

В 1722 г. Грэм открыл, что магнитная стрелка недостаточной длины, в сущности, никогда не бывает абсолютно покойна, так как величина склонения меняется не только в период многих лет, но и в течение года и даже отдельных суток. Впрочем, еще ранее Грэма это наблюдение было сделано в Сиаме Ташардаром, но не привлекло внимания ученых.

Грэм указал, что в течение суток стрелка все время колеблется в пределах 30' (30 минут равны половине дугового градуса, т.-е. $\frac{1}{720}$ полного оборота). В нашем северном полушарии максимум склонения бывает около часа-двух дня, а минимум между 7 и 8-ю часами утра, так что, начиная с послеполуденного времени стрелка перемещается до утра на восток, а с утра до послеполудня — на запад. В южном полушарии движение стрелки имеет соответственно обратное направление.

В 1740 г. Цельсий, — имя которого каждому известно по стоградусной шкале термометра, в его честь названной шкалой Цельсия, — точно вычислил величины суточного изменения склонения, а его ассистент Гиортер подтвердил старое, но забытое наблюдение Галлея над совпадением особых изменений склонения с появлением на небе северных полярных сияний.

Суточное колебание склонения наименее заметно вблизи экватора и возрастает по мере приближения к полюсам. Изменения эти не одинаковы во все дни года, так что, помимо суточного и векового колебаний склонения имеется и годовое. Оно зависит от времени года, возрастая летом и убывая зимой. Кроме того, имеется некоторая периодичность изменений склонений, соответствующая периоду, приблизительно равному $10\frac{1}{2}$ годам, замеченная впервые в 1851 г. мюнхенским астрономом Ламонном. Годом позже цюрихский проф. Р. Вольф установил связь этой периодичности с периодичностью некоторых процессов, происходящих на поверхности Солнца. В 1907 г. Шустер пытался найти зависимость между процессами на Солнце и суточной вариацией магнетизма Земли. Он указывал, что электропроводность атмосферы должна меняться в зависимости от угла падения солнечных лучей на горизонтальную поверхность слоя воздуха.

Мы, впрочем, еще вернемся к этой любопытнейшей связи между земным магнетизмом и космическими явлениями и посвятим ей отдельную беседу.

Одновременно с суточным изменением склонения, меняется и наклонение компасной стрелки, не в таких, сравнительно, широких пределах. Его максимум бывает около 11 часов утра, а минимум в 8 часов вечера.

Напряжение земного поля тоже не остается постоянным для каждой точки земной поверхности, но периодические изменения этого элемента поля, надо признаться, до сих пор весьма мало изучены. Найдено лишь, что абсолютный минимум напряжения расположен вблизи экватора в южном Атлантическом океане, а абсолютный максимум, как это ни странно, не совпадает с точками магнитных полюсов земли, где наклонение равно 90° , а находится: в южном полушарии под

широту 50° к югу от Австралии, а северном—в С. Америке.

Перейдем теперь к краткому описанию инструментов, применяемых для наблюдения над элементами земного магнитного поля.

Для измерения склонения служат магнитные теодолиты или деклинаторы, дающие возможность более или менее точно измерить угол между осью магнитной стрелки и географическим меридианом данной местности. Для этой цели может быть применена уже опи-

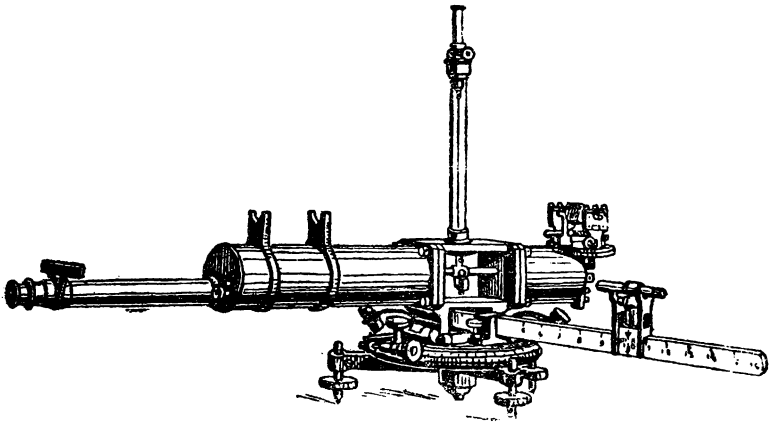


Рис. 38. Магнитный теодолит для измерения склонения.

санная нами раньше буссоль, но она не дает вполне точных показаний, и еще Гаусс заменил ее магнитометром. Последний состоит из подвешенного горизонтально на нитях из сырцового шелка (коконовых) магнита длиной не менее 7 сантиметров, с укрепленным в центре его зеркальцем, расположенным в вертикальной плоскости. Об отклонении магнита судят по изменению положения какой-либо удаленной точки, отражаемой зеркалом, производя наблюдения при помощи зрительной трубы. Как производится отсчет наблюдения по шкале, описывать не будем, так как то, что

можно просто показывать слушателям на приборе, в описании выйдет длинно, скучно и, в конце концов, бесполезно для читателя, раз в его распоряжении все равно не имеется магнитометра.

Скажем лишь, что магнитометр Гаусса дает показания с точностью до $\frac{1}{5}$ -ой минуты (приблизительно 0,0001 окружности) и по сложности своего устройства применяется только в специальных магнитных обсерваториях. Ламон, о котором мы уже упоминали, для своих наблюдений над склонением во время путешествий устроил упрощенный, „походный“ магнитный теодолит, еще более упрощенный и усовершенствованный последующими конструкторами.

Опасаясь надоесть читателю, описывать устройство этих инструментов не стану, если же оно кого-либо заинтересует, то тот может узнать о нем в университетских курсах физики.

Магнитное склонение измеряется помощью инклинаторов. Обыкновенный инклинатор состоит из магнитной стрелки, свободно вращающейся в вертикальной плоскости, что достигается расположением оси вращения на агатовых подставках, и круга с делениями для определения угла склонения. Самое устройство прибора и приспособления для возможно точного отсчета наблюдений, как и самое производство последних, в достаточной степени сложно, чтобы говорить о них подробно.

Еще сложнее более точные, чем обыкновенный инклинатор, индукционные инклинаторы. Они основаны на известном уже нам явлении электромагнитной индукции, вызывающей появление тока в проводе при движении его в магнитном (в том числе и земном) поле. Кольцо с обмоткой устанавливается в горизонтальной плоскости так, что ось его лежит в плоскости земного магнитного меридиана. При быстром поворачивании кольца на 180° , в обмотке его пробегает ток, измеряемый весьма чувствительным гальванометром. Чем больше вертикальная составляющая (о ней сейчас скажем) силы земного поля в данном месте и в данный момент, тем больше величинаклонения компасной стрелки и тем сильнее индуктивный ток во вращающейся обмотке

прибора. Следовательно, по силе этого тока можно вычислить и величину наклоения.

Такова идея прибора, сам же прибор, предложенный Гауссом в 1888 г. и до последнего времени подвергавшийся все новым и новым усовершенствованиям, из которых наиболее существенное введено в прибор лишь в 1908 г., — много сложнее ранее упомянутых аппаратов, а потому тем менее доступен для подробного описания.

Мы упомянули о вертикальной слагающей земного магнетизма. Это упоминание вынуждает нас сделать небольшое отступление в область элементарной механики, подобно тому, как ранее нам приходилось уже делать такие же отступления в область химии и физики.

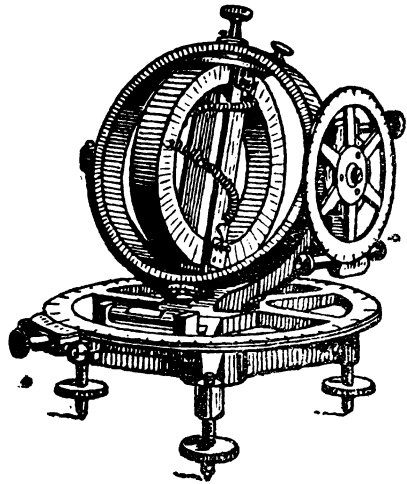


Рис. 39. Индукционный инклинометр

Надо заметить, что всякая сила, действующая в определенном направлении, может быть заменена двумя составляющими силами, лежащими в той же плоскости и представляющими стороны параллелограмма, диагональ которого будет данная сила, называемая их равнодействующей.

Земной магнетизм в своем действии на компасную стрелку является силой, направленной в плоскости магнитного меридиана, под некоторым углом к горизонту. Угол этот тем больше, чем ближе место действия к источнику земного магнетизма. Упомянутая сила может быть мысленно заменена двумя составляющими: одной, действующей параллельно горизонту, другой — перпендикулярно к нему. Первая будет горизонтальной слагающей земного магнетизма, вторая — вертикальной. Определив их величины и отложив под прямым углом

друг к другу два отрезка прямых, величины которых пропорциональны этим силам ¹⁾, строим прямоугольник, диагональ которого даст величину полной силы земного магнетизма, в том же масштабе, как составляющие ее силы.

Для определения магнитного напряжения земного поля помощью магнитометра непосредственно наблюдают горизонтальную слагающую, а вертикальную получают путем вычисления. Сущность первого заключается в том, что на магнит теодолита действуют другим магнитом, отклоняющим первый. Влияние отклоняющего магнита будет тем более заметным, чем меньше в данном месте горизонтальная слагающая земного магнетизма.

Вариационные магнитные приборы, служащие для определения изменений величины элементов земного поля, происшедших в течение некоторого времени, устанавливаются в магнитных обсерваториях. Отсчеты наблюдений по ним не отличаются той сложностью, которая присуща отсчетам по приборам для абсолютных измерений. Производятся эти отсчеты обычно три раза в сутки: в 8 час. утра, 2 ч. дня и 10 ч. вечера. Склонение измеряется магнитометром Гаусса, усовершенствованным Э. Майером в 1908 г. и др. конструкторами. Наклонение непосредственно не наблюдается. Для измерения горизонтальной слагающей земного магнетизма служит двунитный магнитометр Гаусса, опять-таки в позднейших конструкциях. В нем магнит подвешивается на двух нитях так, чтобы ось его (прямая, соединяющая полюса) была перпендикулярна к земному меридиану. При изменении горизонтальной слагающей магнит отклоняется от приданного ему положения, каковое отклонение и отсчитывается наблюдателем. Измерение вертикальной слагающей силы производится магнитными весами Ллойда, состоящими из длинного магнита, свободно вращающегося в вертикальной плоскости, перпендикулярной плоскости земного меридиана. Изменение величины вертикальной составляющей отклоняет магнитную стрелку от ее начального положения. Этот же прибор

¹⁾ Если, например, вертикальная составляющая вдвое более горизонтальной, то и одна из сторон прямого угла должна быть вдвое более другой.

может служить для измерения изменений магнитного наклоения.

Для быстрого успокоения колебаний магнитных стрелок в описанных приборах применяются магнитные успокоители, состоящие из массивных медных колец, окружающих магниты.

Так как на изменение показаний приборов оказывает влияние температура, то постоянные приборы, служащие для измерения изменений величин элементов земного поля, устанавливаются в магнитных обсерваториях таким образом, чтобы предохранить их от изменений температуры. Как это достигается, скажем ниже при упоминании о самопишущих приборах.

В большинстве вариационных и самопишущих приборов отклонения стрелок могут быть отчетливо наблюдаемы при помощи светового луча. Не входя в подробности описания служащих для этого приспособлений, не можем умолчать о самом принципе использования света для указанной цели и во многих других измерительных приборах, в которых отклонение показателя происходит на ничтожный угол.

Способ этот заключается в том, что к отклоняющейся части прибора прикрепляется, как уже было указано при описании деклинатора, зеркальце, на которое направляется луч света.

Зеркальце отражает луч, давая так наз. „зайчик“ на экране. Перемещение зайчика при отклонениях зеркала будет тем большим, чем дальше находится экран от зеркала. На месте экрана ставят шкалу измерительной части прибора, а в самопишущих аппаратах чувствительную к свету фотографическую бумагу, на которой луч в своем движении и записывает отклонения указателя.

Именно последним приспособлением самопишущие приборы главным образом и отличаются от обычных вариационных. Они устанавливаются в темных глубоких подвалах, температура воздуха в которых круглый год остается почти неизменной.

Самопишущий магнитограф впервые был изготовлен механиком Эди, в 1857 г. и состоит из однонитного и двунитного магнитометра и магнитных весов Ллойда.

Конечно, с тех пор приборы эти подверглись ряду изменений и усовершенствований, внесенных в них конструкторами разных национальностей, в том числе в 1907 г. японским физиком Камиваги.

Приборы и их самозаписыватели устанавливаются на отдельных от стен здания и других приборов фундаментах. Зайчики, отражаемые приборами, падают на цилиндр, обвернутый светочувствительной бумагой, вращающийся при помощи часового механизма и делающий полный оборот в течение суток.

Раз в сутки бумагу заменяют новой, а снятую проявляют обыкновенным путем проявления фотографических бумаг и получают на ней кривые, изображающие ход изменения величин магнитных элементов за истекшие сутки,—магнитные диаграммы. Время также автоматически отмечается на бумаге, для чего вблизи магнитографа устанавливают соленоид, соединенный с источником тока и часовым механизмом, включающим на один момент ток в начале каждого часа. Ток этот, возбуждая в соленоиде магнитное поле, действует на магнит самопишущего прибора, вызывая резкое колебание последнего, что и отмечается соответственным движением светового зайчика по поверхности бумажного цилиндра. При проявлении кривая выходит разделенной на 24 части характерными черточками, по которым можно восстановить время начертания ее частей. Чтобы посторонний свет не действовал на светочувствительную бумагу, помещение, в котором установлен магнитограф, освещается электрическими лампочками с красными колпачками. Электрическими же лампочками освещаются и другие помещения в обсерватории, шкалы измерительных приборов, контрольные термометры и пр. Включение и выключение ламп производится автоматически при входе и выходе наблюдателя.

Все абсолютные наблюдения должны производиться с соблюдением особых предосторожностей, вдали от больших масс железа и других ферромагнитных металлов. Даже самые помещения для таких наблюдений не должны содержать никаких железных частей (гвоздей, скреп, дверных петель и пр.), а наблюдатели не могут иметь при себе предметов из магнитных металлов

(ключей, часов и т. п.). На показания вариационных приборов присутствие железных предметов, как частей здания и оборудования обсерватории, влияния не оказывает. Эти аппараты отмечают лишь разность показаний. Но и при работе с вариационными приборами нельзя вносить в помещения, где они стоят, изделий из ферромагнитных металлов или удалять из помещений такие предметы, уже имевшиеся там при первоначальной установке приборов.

Многочисленные ныне магнитные обсерватории имеются и у нас ¹⁾. Из них особо богато оборудованы павловская, одесская и иркутская. В Западной Европе славятся обсерватории в Копенгагене, Потсдаме, Вильгельмсгафене, Вене, Сен-Море (близ Парижа), Утрехте, Брюсселе, Кью, Дублине и Лиссабоне, а во внеевропейских странах—в Вашингтоне, Гон-Конге, Цинкавее и Батавии. Достояна быть особо отмеченной магнитометеорологическая обсерватория в Мельбурне, устроенная в 1857 г.

Павловская магнитная обсерватория до 1895 г., когда она пострадала от пожара, могла считаться первой в мире. Она привлекала для работ по магнетизму не только русских, но и иностранных ученых, специально приехавших делать наблюдения при помощи весьма точных приборов, входивших в ее оборудование. Выстроена эта обсерватория была в 1878 г. Академией Наук и имела ряд инструментов, которые считались униками физико-механического искусства. К сожалению, часть их погибла во время упомянутого пожара.

В магнитных обсерваториях, помимо наблюдений над земным магнетизмом, обычно производятся некоторые метеорологические и даже астрономические наблюдения, с которыми изменения земного магнетизма находятся в некоторой определенной связи. Так, например, большинство магнитных обсерваторий ведет наблюдения над земным и атмосферным электричеством и над солнечными пятнами.

¹⁾ Первая при Академии Наук, устроенная по мысли Гумбольдта А. Купфером в 1830 г.

БЕСЕДА XV

Связь между земным и космическим магнетизмом.

Немного астрономии.—Кое-что о Солнце.—Любопытное наблюдение иезуита Шейнера. — Солнечные пятна и связь их с явлениями на Земле.—Опять отступления в область физики.—Явление Зеемана.—Солнце и революции, социальное значение солнечных пятен.—Полярные сияния.

На протяжении наших бесед нам уже не раз приходилось делать отступления в область других отраслей естествознания. Сделаем еще одно, на этот раз в пределы „царицы наук“,—астрономии.

Беспредельна вселенная, открывающаяся нашему взору при взгляде на небесный свод, усеянный звездами. Миллионы их доступны наблюдениям в астрономические зрительные трубы и телескопы, и мы знаем, что само наше Солнце представляет лишь одну из звезд. Вокруг Солнца обращается ряд его спутников планет, одной из которых является Земля. Влияние Солнца на Землю безгранично велико. Оно сознавалось человечеством еще на заре его культурного расцвета, оно вызвало у целого ряда древних народов поклонение Солнцу, как видимому символу всеоживляющего божества, оно продолжает изучаться современными учеными.

С точки зрения наших ничтожных земных расстояний, Солнце весьма далеко от Земли. Курьерский поезд, идущий со скоростью ста километров в час, прошел бы путь, равный расстоянию от Земли до Солнца, если бы шел безостановочно, в течение ста семидесяти лет. Орудийный снаряд, летящий со скоростью 100 километров в минуту, промчался бы до Солнца гораздо

скорее, но и ему потребовалось бы почти 3 года, чтобы достичь Солнца. Свет и электричество, пробегающие колоссальное пространство 300.000 километров в секунду, и те с Солнца на Землю доходят лишь через 8 с третью минут. И как ни велико это расстояние, но оно не препятствует Земле жить жизнью, заимствованной у Солнца. Погасни моментально Солнце, и через 8 минут за ним умрет Земля, погрузившись в тьму и ледяющий холод. И не только свет и тепло посылает Солнце Земле,—потоки электрической энергии, им развиваемой, окружают земной шар, образуя вокруг него электромагнитное поле.

Древняя наука, астрология, стремившаяся найти связь между мирами, искавшая проявления влияния небесных светил на человека, несомненно заключала в себе зерно истины. Это влияние, хотя и не в той форме, как оно рисовалось древним и средневековым астрологам, не может быть отрицаемо, так как человек является лишь одним из звеньев цепи организмов земного шара, вся жизнь которых целиком зависит от Солнца и, быть может, не остается без влияния и от других светил.

Размеры Солнца, по сравнению с размерами Земли, громадны! Его диаметр равен 109 земным диаметрам, поверхность в 11.900 раз больше поверхности земного шара, объем равен объему 1.290.000 земных шаров. Кругосветное путешествие, которое можно на Земле совершить, даже не особенно торопясь, в течение 80 дней, на Солнце при той же скорости передвижения потребовало бы двадцати четырех лет. Если бы Землю поместить в центр Солнца, то Луна могла бы свободно обращаться вокруг нее, оставаясь так же внутри Солнца.

Спутник земного шара—Луна, еще меньший по размеру, чем наша планета, и то определенно влияет на Землю. Достаточно вспомнить, что морские приливы и отливы являются результатом притяжения Земли Луной. Ученым остается еще немало работы, чтобы выяснить влияние небесных тел на явления, происходящие на земном шаре, подобно тому, как это сделано ими, да и то лишь частично, в отношении влияния

солнца. Нас в данный момент интересует исключительно то влияние, которое Солнце оказывает на явления земного магнетизма, но чтобы перейти к ним, нам предварительно необходимо ознакомиться с некоторыми явлениями, происходящими на самом Солнце.

Наше Солнце—гаснущая звезда. Некогда, за миллионы лет до появления жизни на Земле, оно сияло чисто белым светом, каким сияют многие звезды, видимые нами на небе. В настоящий период своего развития солнце испускает желтый свет, в дальнейшем остынет до красного каления и, наконец, однажды перестанет светить. Каждый знает, что раскаленный металл, перед тем как остынуть, проходит те же стадии самосвечения, от ослепительно белого до темно-красного. Такие же стадии проходит и Солнце, но не только мы, на протяжении ничтожно-краткой жизни одного поколения, но и все человечество в целом не могло подметить охлаждение Солнца, сопровождающее такое изменение его цвета. Тем не менее приходится признать, что Солнце остывает, и в телескоп мы можем наблюдать некоторые бурные процессы, являющиеся следствием химических реакций, сопровождающих это остывание.

При наблюдении поверхности Солнца в телескоп, она оказывается состоящей из блестящих зерен (гранул) различных размеров, перемещающихся в менее ярко светящей среде. Гранулы, кажущиеся ничтожно малыми, в действительности достигают размеров в тысячи километров, являясь, как бы, волнами бушующего огненного моря поверхности Солнца.

Еще в марте 1611 г. иезуитский патер Кристоф Шейнер, направив на Солнце недавно полученную им подзорную трубу, заметил на его поверхности темные пятна, первоначально принятые им за облака. Однако, возобновив свои наблюдения после трехдневного промежутка туманной погоды, он нашел пятна на том же месте. По совету своего ближайшего духовного начальства, Шрейнер умолчал было о своем открытии.

„Ни о чем подобном я не читал у Аристотеля, сын мой“, сказал Шейнеру провинциальный генерал иезуитского ордена, Бузеус: „лучше всего помалкивай; вернее

что шалят либо твои глаза, либо твои стекла, либо твое воображение“.

Патер, однако, поверил свою тайну аугсбургскому бургомистру Вельцеру, а тот ее не сохранил. Галлилей, когда до него дошли слухи об открытии Шейнера, стал утверждать, что он еще в августе 1610 г. сделал подобное наблюдение. В свою очередь Фабрициус заявил, что он видел пятна на Солнце еще раньше, чем их заметил Галлилей, так что установить приоритет открытия невозможно, да и не к чему, так как теперь мы знаем, что еще задолго до перечисленных европейских ученых солнечные пятна были известны древним наблюдателям, не прибегавшим даже к телескопам. О них знали южно-американские солнцепоклонники, о длящихся неделями местных потемнениях солнечного диска упоминают китайские летописи. Арабский писатель Аль-Буф-а-Радж утверждает, что в 626 г. половина видимого диска Солнца была продолжительное время черной. Наконец, даже Кеплер в 1607 г., т.-е. раньше Галлилея, Фабрициуса и Шейнера видел пятно на солнце, но он полагал, что наблюдает прохождение Меркурия через солнечный диск.

И все-таки не сразу признали этот факт. Открытие пятен было встречено учеными специалистами с тем же недоверием, как генералом иезуитов. „Солнце—глаз мира—не может страдать бельмами“, говорили они. Когда же им пришлось воочию убедиться, что при наблюдении через различные трубы формы и расположение пятен в данный момент видимы одинаково, им пришлось отказаться от утверждения, что пятна лишь результат несовершенства инструментов, и придумать другую гипотезу, по которой наблюдаемые на поверхности Солнца пятна объяснялись прохождением между Солнцем и Землею группы планеток, вроде астероидов ¹⁾. Им были даже даны особые названия, но изменчивость их вида, быстрое исчезновение одних и появления других, заставили отказаться и от этой гипотезы.

¹⁾ Множество крайне малых планет (быть может, осколков большой), обращающихся между орбитами Марса и Юпитера.

Пришлось, волей-неволей, признать, ныне вошедшую в поговорку, истину: „И на Солнце есть пятна“.

Пятна эти бывают весьма различных размеров (доходя до 8.000 километров) и формы, часто сливаются из нескольких отдельных пятен, имеют более темную середину, чем окрашены, и нередко окрашены „факелами“, — извилистыми, пламеобразными токами газов. Пятна сосредоточиваются преимущественно вблизи солнечного экватора, появляются и исчезают, будучи видимы в среднем около трех месяцев.

Эти бурные процессы в солнечной фотосфере отлично выражены великим Ломоносовым следующими строками:

Там огненны валы стремятся
И не находят берегов,
Там вихри пламенны крутятся,
Ворючись множество веков,
Там камни, как вода, кипят,
Горяши там дожди шумят..

Механизм образования солнечных пятен еще не выяснен, и о природе их можно строить лишь гипотезы.

В 1908 г. американский ученый Хэль в обсерватории на горе Вильсона, в Калифорнии, доказал фотографическими снимками вихреобразное движение солнечных пятен, дав убеждение в существовании электрических токов вокруг них.

Чтобы понять, каким образом это было сделано, нам придется напомнить, что по существующим воззрениям, не только электричество и магнетизм связаны между собою, но и свет есть явление электромагнитное. Доказательство правильности этого взгляда завело бы нас слишком далеко в сторону от прямой цели наших бесед и потребовало бы значительно более подробного ознакомления с природой электричества, чем то, которое мы дали читателям, но на одну связь между явлениями световыми и электрическими мы можем сейчас указать. Связь эта была подмечена в 1896 г. Зееманом. Бесцветный световой луч, будучи преломлен стеклянной призмой, образует на экране цветной спектр. В общежитии случается наблюдать великолепные

спектры при прохождении солнечного луча через графин с водой, стеклянные подвески люстр и т. п. В природе радуга представляет собою грандиозный спектр солнечного света, преломляемого каплями дождя. Простые тела (химические элементы), будучи обращены в раскаленные газы, не дают сплошного спектра, а образуют только отдельные цветные черты той или иной части полного спектра. Так, металл натрий, входящий в состав поваренной соли, дает характерную желтую черту, окруженную другими, более тонкими. Положение этих линий для каждого элемента строго определено и дает возможность делать при помощи спектроскопа анализ небесных тел. Получение такого спектра от веществ, находящихся в сильном магнитном поле, изменяет картину, образующуюся на экране или наблюдаемую в спектроскоп: световые линии спектра при этом раздваиваются.

Хэль и показал, что при наблюдении спектра солнечных пятен картина аналогична явлению Зеемана, что обусловлено тем, что вокруг пятен движутся с громадной скоростью сильно наэлектризованные вихри газов. Наличие токов должно вызывать существование магнитного поля, силовые линии которого перпендикулярны движению тока и плоскости солнечного пятна. По подсчету Зеемана, напряжение этого поля приблизительно 3.000 гауссов, т.-е. почти в 1.000 раз больше напряженности земного поля.

Весьма важно заметить, что число пятен в разные дни и годы различно. Периодичность появления и исчезновения пятен, точнее их наибольшего и наименьшего количеств, была впервые подмечена в 1776 г. В 1843 г. аптекарь Швабе установил для максимума и минимума солнечных пятен десятилетний период. Вольф исправил это число на более точное, определив период равным 11,1 года. В 1922—1923 г.г. наблюдался минимум пятен, ближайший максимум должен быть в 1927—1928 г.г.

В высшей степени примечательная зависимость целого ряда земных явлений от максимума и минимума солнечных пятен считается ныне твердо установленной. Эта зависимость весьма разнообразна и сводится далеко

не к одним тепловым влияниям, но, быть, может, не исключает даже воздействий чисто психического свойства. Так, в 1917 г. русский астроном Д. О. Святский указал на связь между революциями и периодом максимума солнечных пятен, связь настолько замечательную, что объяснить ее одной случайностью весьма трудно; надо лишь удивляться, что она не была подмечена никем раньше. Святский отмечает, что революционные эпохи: 1830, 1848, 1861, 1871, 1917 г.г., как и революции XVII-го и XVIII-го веков, совпадают с годами наибольшего развития солнечных пятен.

Социальное значение последних нельзя отрицать уже потому, что еще Гершель показал связь между их количеством и ценами на хлеб, т.-е. их влияние на урожай. Мемери, производивший свои наблюдения на протяжении почти шестидесяти лет, установил зависимость между количеством солнечных пятен и количеством и качеством получаемого из винограда вина. Подмечена также, хотя и не общепризнана, связь между солнечными пятнами и землетрясениями. Появление вестников перемены погоды—перистых облаков, разрушительные тропические бури и ряд других атмосферных явлений опять-таки находится в непосредственной зависимости от солнечных пятен.

Мощные потоки электрической энергии, изливаемые Солнцем, несомненно, существуют. Электромагнитная связь Земли и Солнца твердо установлена. Особенно отчетливо она проявляется во время полярных сияний и магнитных бурь. Полярные сияния или, как их часто неправильно называют, северные сияния, нормально видны лишь вблизи полярных кругов. Житель средней Европы, особенно горожанин, которому излишнее освещение препятствует наблюдать ночное небо, может дожить до старости, не видав полярного сияния. Впрочем, в средних широтах бывают видны лишь слабые отсветы этого, едва ли не самого величественного атмосферного явления, в полной его красоте наблюдаемого лишь на далеком севере или столь же далеком приполярном юге.

У нас на побережье Белого моря, где полярные сияния представляют обычное явление, они называются

сполохами. „Сполохи играют“, говорит помор, когда небо озаряется электрическим фейерверком природы, с которыми не сравнится по красоте и разнообразию световых эффектов никакой искусственный фейерверк.

Астроном-поэт Фламарион в таких словах описывает лично им наблюдавшееся северное сияние: „В четверг 13-го мая 1869 г. великолепное северное сияние появилось на парижском небе. Громадные огненные столбы показались на северной части усеянного звездами горизонта. Из некоторых улиц видно было как бы красноватое зарево отдаленного пожара, но на открытых местах зрелище было величественное. В одиннадцать часов из темного сегмента поднялся оранжевый луч, через Полярную звезду и Малую Медведицу достигший до зенита. Другой сноп поднялся косвенно, слева от первого, и заслонил звезды Большой Медведицы. Третий сноп, косвенно шедший справа от первого, пересек Млечный путь. К этим трем главным снопам света по временам присоединялись еще побочные. Громадный центральный столб, совсем затмивший Полярную звезду, медленно изменял свой свет из желто-красного в кроваво-красный. В одиннадцать часов пять минут он вполне напоминал собою красный бенгальский огонь. В то же время правый столб, светивший сначала слабым белым светом, стал бледно-зеленым и достаточно ярким для того, чтобы затмить блестящую звезду Альфу Лебеда и звезды Кассиопеи“.

„Полярные сияния происходят, пишет далее Фламарион, на всех высотах, в среднем, однако же, по измерениям Бравэ, на высоте 100—200 километров. По измерениям Лумиса, крайний пункт, из которого выходят лучи, находится на высоте 700—800 километров. Явление происходит, стало быть, над верхними слоями земной атмосферы. Бывали однако, и такие полярные сияния, которые происходили на высоте облаков. Пространство, ими занимаемое, весьма различно. Бывает что сияние, наблюдаемое в определенном пункте, уже не видно несколькими километрами южнее его, но бывают и такие, что развертываются над громадным горизонтом. Так 3-го сентября 1839 г. и 5-го января 1769 г. полярные сияния были видимы во всей Европе

и Америке, а сияние 2-го сентября 1859 г. наблюдалось в Сибири, Нью-Йорке, Эдинбурге и на мысе Доброй Надежды—с обеих сторон Земли и в обоих полушариях.

Последнее служит доказательством, что магнито-электрические явления происходят на обоих полюсах одновременно, под влиянием одного и того же тока. Оба полюса Земли связаны, таким образом, друг с другом“.

Чем ближе к полюсам, тем эффектнее картины полярных сияний. Лемстром так описывает виденное им на севере Норвегии величественное сияние 18-го октября 1868 г.

„На западе мы увидели два слоя облаков, которые ясно разделяла голубая полоса. Это было начало северного сияния. Края верхнего слоя освещались мало-помалу, и вскоре мы увидели исходящими оттуда отдельные огни, доходившие временами до зенита. Внезапно весь горизонт залило пламенем. Повсюду огни, повсюду струи яркого света, желтого снизу, зеленого по середине и фиолетово-красного сверху. В минуту все лучи соединились в правильное и ослепительное сияние. Когда явление достигло максимума силы, оно производило впечатление громадного свода храма, посредине которого сверкала великолепная люстра. Феномен длился несколько минут, но, исчезая, он оставил полосу света между облаками“.

Наиболее часто полярное сияние имеет вид как бы драпировки или занавеси с колеблющимися складками. Это, можно сказать, классическая форма сияния, обычно изображаемая художниками. Передать словами красоту волнующихся огней и перемены их цвета трудно. Надо самому, хоть раз в жизни видеть полярное сияние, чтобы вполне оценить его красоту.

Описанное явление, несмотря на его видимо электрическое происхождение, долгое время оставалось загадочным для ученых. Заметили еще, что оно весьма часто не бывает лучистым и появляется в виде дуг над горизонтом, ограниченных снизу-темным сегментом, иногда в виде неопределенных светящихся пространств, напоминающих облака, иногда в виде мерцания. Дуги сияния располагаются под прямым углом к магнитному

меридиану, лучи идут параллельно магнитному склонению и продолжение их должно сойтись в магнитном полюсе.

Ранее, когда учение об электричестве еще не обогатилось данными, выписанными из наблюдений над электрическим разрядом в среде сильно разреженных газов, полярные сияния считали тихим электрическим разрядом. Рассматривали их и как горение газов в высоких слоях атмосферы. Приводим одно из таких объяснений, данное в 1836 г. в сочинении: „Живописное обозрение достопамятных предметов из наук, искусств, художеств, промышленности и общежития с присовокуплением живописного путешествия по земному шару и жизнеописание людей“ ¹⁾. Насколько курьезно звучит для нас такое пышное заглавие журнала, настолько же курьезным кажется и данное в нем объяснение северного сияния: „Соображая то, что искра электрическая, пущенная в смешение азота и кислорода ²⁾, превращает сии газы в селитрянную кислоту ³⁾ и селитренный газ, что эта кислота и этот газ делаются цветистее и легче под влиянием солнца, что в сосудах, где заключена селитрянная кислота, на поверхности ее всегда заметно красноватое испарение; что при соединении с атмосферным воздухом селитренный газ всегда разлетается золотоцветными парами, физики выводят: 1) что электричество, стремясь от экватора к полюсу, накопляет там великое количество азота и водорога ⁴⁾, 2), что там они не могут разрешиться громом и молниею, как в климатах жарких и умеренных, и необходимо электричество улетучивает их, поднимает кверху, производит из них газ селитренный, который разрешается горением и следовательно, 3) что северное сияние есть горение селитренного газа под полюсами, производимого кислородом и азотом, которые привлекают туда электрические течения“.

¹⁾ Ч. II-я, стр. 304.

²⁾ Кислород.

³⁾ Азотная кислота и закись азота.

⁴⁾ Водород.

„Кажется“, — самодовольно прибавляет автор, — „что это изъяснение должно почтяться самым удовлетворительным из многих, которые были донныне предлагаемы“.

Нас оно теперь удовлетворить не может, — но вероятно и читатель XXI-го века не удовлетворится гипотезами нашего времени.

Каковы же они?

В 1882 г. упомянутый выше профессор гельсингфорского университета Лемстром устанавливал высокие металлические мачты, изолированные от земли и получал между ними, под влиянием атмосферного электричества разряды в виде сияний, напоминающих сияние, происходящее на кондукторах электрической машины, настолько отодвинутых друг от друга, что искровой разряд исключается. Вскоре объяснение Лемстрема заменилось другим, по которому полярные сияния приравнявались к свету так называемых гейслеровых трубок. Это запаянные стеклянные трубки, содержащие сильно разреженный газ. При пропускании через них электрического тока высокого напряжения они наполняются внутри дрожащим слоистым светом, действительно напоминающим в миниатюре полярные сияния, особенно их обычную форму волнующейся занавеси. Однако, и это объяснение, сводящееся к аналогии между разрядом в среде искусственного разреженного газа и разрядом в высоких слоях атмосферы, имеющих ничтожную упругость, было вытеснено новым. Скандинавские ученые Биркленд и Штермер предложили в начале XX-го века свое объяснение северных сияний, которые они считают следствием резкого изменения магнитного состояния земного поля (магнитных бурь), происходящего от явлений на Солнце. Раньше полагали, что магнитные бури являются следствием северных сияний, Биркленд же и Штермер наоборот, в них видят причину световых явлений в атмосфере.

Чтобы объяснить эту гипотезу, напомним, что электрический ток отклоняет стрелку компаса и что магнит, в свою очередь, отклоняет свободно движущийся проводник, по которому проходит электрический ток. Исследования, произведенные в конце прошлого века показали, что магнит отклоняет поток электронов, не.

сущийся от катода (отрицательного полюса) в трубках с сильно разреженным газом. Этот катодный поток невидим нашему глазу, но когда несущиеся со скоростью 100.000 километров в секунду электроны уда-

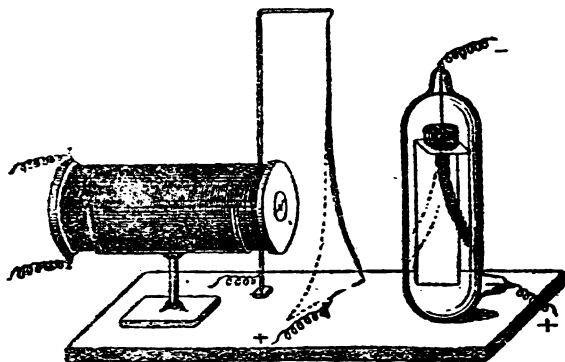


Рис. 40. Магнит отклоняет поток электронов в катодной трубке.

ряют в поверхность стекла, последнее начинает люминисцировать фосфорическим зеленым цветом. Перемещение светящегося пятна при действии на катодный поток магнита доказывает нам обратное отклонение потока магнитом.

Штермер и Биркленд полагают, что солнечные пятна, кроме электрических волн, низвергают с поверхности Солнца потоки катодных лучей, путь которых меняется под влиянием магнитных полюсов земного шара, образуя при прохождении через высокие слои его атмосферы восхитительную картину полярных сияний. Действительно, намагниченный шар давал сияние при направлении на него катодного потока. Это сияние образовывало вокруг шара пояс, напоминающий кольцо Сатурна; когда же экспериментатор усиливал намагничивание своей терреды, свет собирался около полюсов, напоминая, в малом виде то, что происходит у магнитных полюсов Земли.

И эта гипотеза несвободна от слабых пунктов, но все же она ближе к истине, чем предшествовавшие ей предположения.

Итак, мощный поток, излучаемый поверхностью солнечных пятен, отклоняется от своего пути магнетизмом земного шара и образует сияние вокруг его магнитных полюсов, а развивающиеся при этом индуктивные токи нарушают равновесие магнитного поля и вызывают магнитные бури; либо токи, посылаемые Солнцем, вызывают индуктивные токи Земли, являющиеся причиной магнитных бурь, а эти последние, меняя напряженность магнитного поля, действуют на поток электронов, служа причиной полярных сияний¹⁾.

Новейшие исследования электромагнитных явлений в атмосфере придерживаются исключительно гипотезы электронных потоков.

Итак, по современному взгляду на природу полярных сияний, эти сияния—грандиозное подобие того свечения разреженных газов, которое наблюдается в физическом кабинете, когда через разреженный газ пропускается электрический разряд. Источником разряда является Солнце, которое непрерывно выбрасывает в мировое пространство потоки электронов, летящих почти со скоростью света и в 10—15 минут достигающих от Солнца до земного шара. В верхних, разреженных слоях нашей атмосферы эти „катодные лучи“ вызывают свечение; оно достигает наибольшей интенсивности близ полюсов потому, что именно здесь бомбардирующие Землю электроны испытывают в наибольшей степени отклоняющее действие со стороны магнитного поля нашей планеты. Исследование спектра полярных сияний неожиданно обнаружило, что они вызываются свечением твердого замороженного азота (в крайне распыленном состоянии) при температуре около минус 240° Цельсия. Такую температуру приходится допустить на высоте 70—80 километров, где разыгрываются полярные сияния.

¹⁾ См. К. Келлер: «Атмосферное электричество», 1923 г.

БЕСЕДА XVI.

Космический магнетизм.

Магнитные бури.—Влияние космического магнетизма на земные электрические установки.—Отчего земной шар магнитен?—Современная астрология.—Гипотезы Грингмута и Лотца.—Беспроволочный телефон между Землей и Солнцем.—Электро-земно-магнитная ассоциация в 2906 г.

Являются ли полярные сияния следствием или причиной магнитных бурь, но теснейшая связь между теми и другими несомненна. Когда небо над Ледовитым Океаном озаряется северным сиянием, магнитные стрелки обсерватории своими движениями извещают наблюдателя о явлении, происходящем за тысячи верст от них, но особенно резки такие изменения показаний стрелки вблизи мест сияний. На Шпицбергене свободно висящая стрелка, во время столь обычных там полярных сияний, по выражению Фламариона, „сходит с ума“. Столь же неправильными являются в эти часы показания компасов судов, находящихся в приполярных водах. Временами магнитные возмущения бывают так сильны, что не только заставляют компасные стрелки всего мира испытывать резкие отклонения от обычных показаний, но ощущаются и другими приборами, в состав которых входят магниты, а также электрическими установками. Записи магнитометров во время магнитных бурь поражают наблюдателя полнейшей аналогией своих кривых с кривыми изменениями интенсивности солнечных пятен. Такие кривые, изображенные одна под другой, лучше всяких теоретических рассуждений доказывают влияние космического магнетизма на земное магнитное поле.

Надо заметить, что независимо от особо резких непериодических изменений показаний магнитных стрелок, т.-е. от магнитных бурь, непериодические движения чувствительной магнитной стрелки—явление далеко не редкое. Фотографические записи самопишущих магнитографов показывают, что помимо обычных периодических суточных изменений земного магнетизма, кривые которых изо-дня в день одинаковы, бывают в иные дни изменения особые, когда кривые записей сопровождаются зигзагами, свидетельствующими о беспокойном движении стрелки прибора. Такие отклонения от нормального хода суточных изменений земного магнетизма называются возмущениями и лишь особо сильные из них носят название магнитных бурь.

В Европе возмущения переходят в бури, если отклонения показаний стрелки доходят до одного градуса в ту или другую сторону (т.-е. $\pm 1^\circ$) для склонения и $\pm 10^\circ$ для наклонения. Впервые магнитные бури были описаны в 1749 г. Цельсием и Гиортером. Г. Вильд в 1881 г. изучил и подробно описал бурю бывшую в ночь с 31 января на 1 февраля этого года, собрав наблюдения над нею произведенные в одиннадцати магнитных обсерваториях, что в соединении с данными из других источников дало обширный материал. Возмущение во всех элементах поля наступило одновременно в 9 час. 40 мин. вечера 30 января, но до утра 31 оставалось слабым, после чего стало увеличиваться, достигнув наибольшей силы между пятью и одиннадцатью часами вечера 31 января и придя к норме в 8 час. утра. Период наибольших возмущений вполне совпадал с временем наблюдения полярного сияния, которое было видимо до 44 параллели и появлением сильных токов в телеграфных линиях мешавших нормальной работе телеграфа. Ход возмущений в южном полушарии был обратный по сравнению с ходом на севере.

25 сентября 1909 г. на Солнце появилось громадное пятно, немедленно вызвавшее такое яркое полярное сияние, что его лучи были видны даже в Курске, и сильнейшие магнитные бури. Телеграфные аппараты во всем мире стучали самопроизвольно и излучали

искры, беспроволочные телеграфы отказывались работать, в телефонах слышался таинственный гул, и их предохранители плавилась, как во время грозы. В октябре 1903 г. буря была еще сильнее, так как местами приостановила даже движение трамваев и причинила серьезные повреждения сетям телеграфных установок.

Известный исследователь земного магнетизма, упомянутый выше Бацер подметил, что бури начинаются не одновременно, что требуется около четырех минут для распространения возмущения по всему земному шару. Родес объясняет это тем, что Земля проникает в поток электронов, извергнутых Солнцем, вступая в него постепенно. Первой подвергается действию потока фронтовая часть планеты, в которой в этот момент должно быть 6 час. утра, последним вступает в катодный поток тот пункт земного шара, в котором местное время 6 час. вечера.

Если это так, то чем же объяснить разновременность начала бурь? Родес (он — директор магнитной обсерватории и, значит, человек компетентный) высказывает смелую мысль, что в некоторых случаях бури вызываются проникновением земного шара в электронные потоки внесолнечного происхождения, являющиеся продуктами извержения, быть может, более удаленных от нас небесных тел.

Установив эту связь между космическим и земным магнетизмом, попробуем попытаться ответить на вопрос: „Отчего наша Земля магнитна?“

По удельному весу земного шара можно предположить, что он в значительной части состоит из железа или его ферромагнитных руд. Возможно, что и другие планеты главным образом состоят из того же металла, судя по метеоритам, падающим на Землю. Если это так, то легко понять, что Земля, будучи телом ферромагнитным и находясь в поле солнечного магнетизма, является индуктивно намагниченной и, в свою очередь образует вокруг себя силовое поле.

Основатель учения о земном магнетизме, Гаусс, полагал, что причиной такового является несколько отдельных магнитных масс, распределенных в массе Земли. Факты не подтвердили этой гипотезы, так-как

на доступных нам глубинах таких включений не встречается, а на больших предполагается настолько значительная температура, что при ней железо не может быть магнитом.

В 80-х годах Грингмут высказал гипотезу трех концентрических шаров земли: твердого, жидкого и газообразного, вращающихся с различной быстротой. Трение слоев друг о друга вызывает электрический заряд, возбуждающий магнитное поле.

Сомнение в простоте предположения о Земле, как об индуктивно намагниченном магните, вызывает положение ее магнитных полюсов. Если бы земная ось была вертикальна, то географические и магнитные полюса могли бы совпадать. В действительности ось вращения земли наклонна к плоскости эклиптики ¹⁾ под углом в $23^{\circ} 27'$. Отчего же магнитные полюса не удалены от географических как раз на такой же угол? Ведь магнитная-то ось должна оставаться вертикальной. На самом же деле, как мы знаем, северный магнитный полюс был открыт в расстоянии $19^{\circ} 55'$ от северного географического, а южный на расстоянии $17^{\circ} 35'$ от южного.

Кроме того, нахождение северного магнитного полюса под $96^{\circ} 46'$ западной долготы, а южного под $155^{\circ} 16'$ восточной, указывает, что магнитная ось пересекает земной шар в сильно эксцентрическом направлении, не проходя через его геометрический центр. Затем, как мы опять-таки знаем, она не является строго зафиксированной, т.-к. положение магнитных полюсов с течением времени меняется. Еще более серьезное недоразумение вызывается тем обстоятельством, что земной шар, ведь, вращается вокруг своей наклонной оси и следовательно, магнитные полюса Земли в течение суток описывают окружность вокруг полюсов географических.

Изменение склонений и наклонений тоже не может быть объяснено вышеприведенной гипотезой, или хотя бы согласовано с определенным положением Земли относительно Солнца. Все изменения последнего не объяс-

¹⁾ Плоскость земной орбиты, т.-е. пути Земли вокруг Солнца.

няют изменений элементов земного магнитного поля, хотя многие ученые и пытались найти связь между ними. Возникает мысль, что причиной этих изменений может быть движение самого Солнца в пространстве. Мчась в направлении к созвездию Лиры, Солнце за 340 лет, истекших со дня начала наблюдений человечества над изменением элементов земного магнетизма, прошло в пространстве безграничной вселенной такое колоссальное расстояние, что не представляется невероятной возможность изменения космического магнитного поля на протяжении этого пути.

В последнем случае придется только допустить, что магнетизм является такой же общей для всей вселенной формой энергии, как тяготение; это допущение вполне приемлемо.

Конечно, не отрицается возможность влияния на земной магнетизм магнетизма других небесных тел, помимо Солнца. Лакур и Аппель, а также и некоторые другие авторы утверждают это даже положительно, считая, что земной магнетизм реагирует на положение Луны относительно Земли и на взаимное положение других светил.

Во всяком случае, одно мы видим, что вопрос о земном магнетизме, о взаимодействии его с магнетизмом космическим и, наконец, вопрос о вселенском магнитном поле, — вопрос в высшей степени сложный. Для окончательного выяснения всех обстоятельств, влияющих на земное силовое поле, современных нам знаний недостаточно.

Любопытно отметить, что, не довольствуясь строго установленной связью между земным магнетизмом и другими явлениями, пытались расширить известную нам область влияния магнетизма на жизнь земного шара и, в частности, объяснить им даже самое вращение Земли. Такое объяснение причины суточного движения нашей планеты было довольно распространено во времена Джильберта, хотя лично сам он признавал его необоснованным.

В начале нашего века эта, казалось бы, совершенно откинутая гипотеза нашла нового защитника в лице инженера Лотца, для доказательства ее справедливости

даже построившего своего рода джильбертовскую террелу, но в модернизированном виде. Его глобус, действительно, вращается все время, пока освещается согревающими лучами свечи или лампы, играющими роль Солнца по отношению к земному шару.

Говоря об источниках тока, мы упомянули о термо-токе, развивающемся при нагревании места спая двух различных металлов. Лотц, исходя из совершенно произвольного предположения, что сочетание различных металлов и их руд внутри земного шара образуют подобные термодпары, поместил внутрь своей террелы ряд термоэлементов. При слабом нагревании с одной стороны глобуса в элементах начинает циркулировать ток. Под глобусом укреплен подковообразный постоянный магнит, образующий магнитное поле, силовые линии которого направлены так, что ток термоэлементов ими отталкивается. Глобус очень легко вращается при малейшем толчке, и это вращение продолжается до тех пор, пока действует источник тепла. Эта изящно сделанная игрушка в конце первого десятилетия нашего века ходко шла в магазинах, торгующих физическими приборами. Служа украшением для письменного стола, она являлась весьма оригинальным „вечным двигателем“, вернее, даровым, не требующим особого источника нагревания и работающим от свечей или лампы, освещавших стол.

Конечно, она отнюдь не является моделью, объясняющей действительную причину вращения Земли, так как существование внутри земного шара чего-либо подобного термодпарам глобуса Лотца ни чем не подтверждается. Да и характер магнитного поля Земли далеко не так прост, как в описанной модели. Кроме того, нагревание Земли лучистой энергией, посылаемой Солнцем, — явление поверхностное, не проникающее в глубину. В рудниках и буровых скважинах на определенной глубине температура остается одной и той же, в самый жаркий летний и в самый морозный зимний день. Не говорим уже о том, что будь гипотеза Лотца верна, Земля вращалась бы быстрее в дни, когда общее количество получаемого ею от Солнца тепла больше, и медленнее, когда оно меньше. Сутки, следо-

вательно, были бы то длиннее, то короче, чего, как известно, не происходит.

Итак, хотя Лотц и построил свой глобус, но идея его, как модели земного шара, не соответствуют истине. Наоборот, совершенно правильная мысль Эдиссона о возможности установить телефонное сообщение Земли с Солнцем осталась не осуществленной. В начале 90-х годов прошлого века знаменитый изобретатель предложил использовать для этой цели магнитные бури, установив гигантский приемник индуктивных токов, которыми они сопровождаются. Он указал, что в Огдене, в штате Нью-Джерсей, отвесно выдается из Земли скала магнитного железняка, имеющая не менее 100 миллионов тонн веса. Обмотав ее несколькими километрами проволоки и включив в последнюю телефон, можно было при посредстве его слышать звуки, сопровождающие процессы на поверхности Солнца. При извержениях на Солнце скала ферромагнитного металла должна испытывать изменения своего магнитного напряжения, а телефон трансформировать их в звуки. Факт самопроизвольного звучания телефонов во время сильных магнитных бурь доказывает полную осуществимость проекта Эдиссона, так что остается лишь пожалеть, что американцы его не осуществили.

В заключение бесед о земном магнетизме приведем любопытную выдержку из рассказа „Тост“ А. И. Куприна, в котором талантливый беллетрист использовал силу земного магнетизма в весьма широких пределах, совершенно немыслимых для современной техники. Впрочем, автор отнес время действия рассказа на канун 2906-го года. Это, конечно, предусмотрительно!

Вот что говорит Куприн: „Они решили обратить земной шар в гигантскую электромагнитную катушку и для этого обмотали его с севера до юга спиралью из стального троса, длиною около четырех миллиардов километров. На обоих полюсах они воздвигли электроприемники и соединили все уголки Земли бесчисленным множеством проводов. Многие глядели на затею Ассоциации с недоверием, иные с опасением и даже

с ужасом. Но истекший год был годом, полным блестящей победы Ассоциации над скептиками. Неистощимая магнитная сила Земли привела в движение все фабрики, заводы, земледельческие машины, железные дороги и пароходы. Она осветила все улицы и все дома и обогрела все жилые помещения. Она сделала ненужным дальнейшее употребление каменного угля, залежи которого давно уже иссякли. Она стерла с лица Земли безобразные дымовые трубы, отравлявшие воздух. Она избавила травы, цветы и деревья—эту истинную радость Земли—от грозившего им вымирания и истребления. Наконец, она дала неслыханные результаты в земледелии, подняв повсеместно производительность почвы почти в четыре раза“.

Таковы результаты использования земного магнетизма великой Электро-земно-магнитной Ассоциацией, созданной,—пока, увы, лишь фантазией беллетриста.

На этом мы и закончим наши беседы о магните, в которых мы в элементарной форме передали читателю все важнейшее, что известно о магнетизме и его приложениях в практике и что можно было передать, не прибегая к услугам математики.

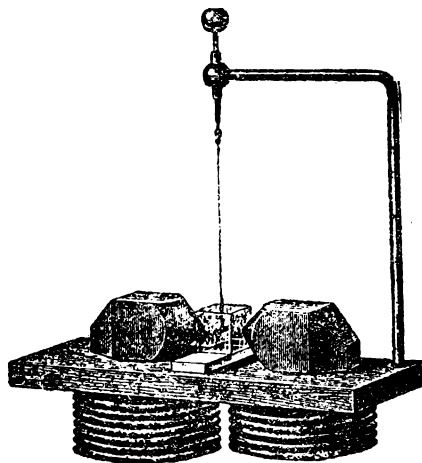
Мы думаем, что приобретенные читателем сведения выяснили ему, как не легко ответить на вопрос ребенка: „Отчего магнит притягивает железо“. На протяжении наших бесед мы убедились, что магнит не представляет собою нечто самодовлеющее, что он является лишь более или менее чувствительным показателем магнитного поля, как бы сгущающим силовые линии поля т.-е. увеличивающим напряжение последнего. Причины такого отношения некоторых веществ, т.-е. причины парамагнитности, как и причины обратного отношения тел диамагнитных, очевидно находятся в зависимости от их состава, т.-е. от строения их молекул; но какова эта зависимость, мы ничего сказать не можем. Что касается самого магнитного поля, то оно в свою очередь, есть явление вторичное, служащее одним из проявлений электрической энергии. О последней мы строим те или иные гипотезы, но сущность ее, как и всякой энергии, остается нам неизвестной. На вопрос: „что такое энергия“? мы принуждены давать ответ в описательной

форме, говоря, что „энергией называется способность тел или системы тел, при наличии определенных условий, производить работу“.

Одним словом, приходится повторить, что пока мы в состоянии знать лишь, *как* происходит то или иное явление (в частности, притяжение магнитом железа), но перед вопросом, *почему* оно происходит, мы пасуем.

Великий ум древности, Сократ, говорил: „Я знаю, что я ничего не знаю“. Сколько невежд глупо ухмылялись, слыша или читая эти слова, ибо невежды особенно твердо убеждены в своих знаниях; но человек, вдумчивый и действительно знающий, сможет воспринять мысль Сократа, видя на собственном примере, что чем больше он узнает, тем яснее ему становится невозможность познать самое существенное.

Будем же скромны в оценке наших знаний и будем непрестанно стремиться к большему их развитию и укреплению.



Кристаллы между полюсами сильного электромагнита
приобретает магнитные свойства.

Книгоиздательство „ПЕТРОГРАД“.

Ленинград. Пр. Володарского, 51. Тел.: 2-24-30 и 5-61-46.

Москва. Петровка, 7. Книжный Магазин „Маяк“.

Тел.: 3-63-20 и 533-02.

КНИГИ ПО РАДИО.

ФРАНЦ ФУШ. Радио-телеграфия для всех	—	р.	—	к.
ЭДВАРД. Радио для всех	—	—	—	”
Г. МАЛЬГОРН. Общедоступная радио-телеграфия и радио-телефония	—	—	—	”
Г. ПААР. Основы и практика радио-техники	—	”	—	”
Календарь-справочник радио-любителя	—	—	—	—
ТУРН. Широковещание	—	ч	—	”
Словарь радио-любителя	—	”	—	”
ДЕНЛЕПС. Руководство по радио	—	”	—	”
Д-р Е. НЕСПЕР. Техника измерений для радио- любителей	—	—	—	—
Проф. БАУМАН. Утопия и действительность в радио-технике	—	—	—	”
Г. ГИНТЕР. Радио-техника	—	—	—	”

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ. ТОЧНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ НАУКИ.

Т. АНГЕРСБАХ. Принцип относительности в изложении для учащихся. Перевод под ред. Я. И. Перельмана	—	р.	—	к.
А. ВИТТИНГ. Сокращенные вычисления. Перевод под ред. Я. И. Перельмана	—	”	—	”
В. АРЕНС, проф. Математические игры и раз- влечения. Перевод под ред. Я. И. Перель- мана	1	”	—	”
Л. ГЕФФТЕР, проф. Что такое математика? Беседы во время морского путешествия	—	”	85	”
А. ВАСИЛЬЕВ, проф. Преподавание математики в средней школе Европы и Америки	—	”	—	”
Эм. БОРЕЛЬ. Пространство и время. Перевод М. А. Лихарева	—	”	—	”

Н. А. ЯБЛОНОВСКИЙ, проф. Телеграфные аппараты	—	р.	75	к.
В. В. РЮМИН. Беседы о магнетизме	—	"	—	"
Н. И. БЕРЕЗИН. Землетрясения	—	"	30	"
Н. ПЭРНА. Ритм жизни и творчества. Предисловие П. Ю. Шмидта	1	"	20	"
Э. ЗИМЕРЛИНГ, проф. Сон и бессонница	—	"	—	"
Ф. КЛЕМПЕРЕР, проф. Туберкулез	—	"	35	"
Д-р ФИШЕР-ДЕДУА. Сон и сновидения	—	"	—	"
П. Ю. ШМИДТ, проф. Душевная жизнь животных.	—	"	—	"
Д-р Ал. ЛИПШИЦ. Почему мы умираем. Перевод Ф. И. Павлова	—	"	—	"
КАРЛ ЛЕВИН, проф. Рак. Перевод А. К. Пименовой	—	"	45	"
С. П. ГЛАЗЕНАП, проф. Марс и Венера—наши небесные соседи	—	"	—	"
Я. И. ФРЕНКЕЛЬ, проф. Электричество и материя	—	"	—	"
К. Я. ВЕЙГЕЛИН. Воздушные сообщения	—	"	—	"
ФУШЕ, проф. Чудеса неба. Перевод И. Б. Мандельштама	—	"	—	"
Н. ШТЕРН, проф. История авиации	—	"	—	"
Д-р В. ВУРМ. Тайна леса	—	"	—	"
ЭДВАРД КЕШ. Жизнь в пруду	—	"	—	"

ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ. ФИЛОСОФИЯ.

СИДНЕЙ ВЕББ. Англия при рабочем правительстве. Перевод под ред. Д. О. Заславского	—	р.	—	к.
Э. ФИММЕН. Европа—Соединенные Штаты или Европа—Акционерное общество. Перевод А. Я. Острогорской	—	"	—	"
НОРМЕН ЭНДЖИЛЬ. Если Англия желает жить. Перевод И. Я. Колубовского	—	"	—	"
Г. ГОСЛАР. Современная Америка. Перевод Е. Бак	—	"	85	"
М. ПЕРНО. Новая Турция. Перевод Г. Н. Федотова	—	"	—	"
ГАСТОН РАФАЭЛЬ. Король Рура Гуго Стиннес. Перевод П. К. Губера, с предисл. Д. О. Заславского	1	"	25	"

ФИНАНСОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ	
РОССИИ. Сборник статей проф. М. И. Боголепова, И. М. Кулишера, Д. Лоевского,	
В. М. Штейна, Е. Лурье и В. В. Новожилова, под редакцией проф. В. М. Штейна.	
В. ГАНТ, инж. Организация труда. Перевод Л. В. Щегло	1 р. 20 к.
Ф. УАТТС. Психологические проблемы промышленности. Перевод В. Л. Щегло	— „ 50
Г. ВИНТЕР. Тэйлоризм. Перевод Е. Н. Федотовой	— „ —
Д. КЕЙНС. Аграрная революция в Европе. Перевод с англ. под ред. Д. О. Заславского	1 „ —
Д. КЕЙНС. Америка и Европа. Перевод под ред. Д. О. Заславского	— „ 50 „
Д. КЕЙНС. Борьба за экономическое владычество. Перевод под ред. Д. О. Заславского	— „ — „
В. ТИТЛИНОВ, проф. Новая церковь	— „ 40 „
ДЖ. СПАРГО. Он знал Маркса. Перевод под ред. Д. О. Заславского	Распродано
Л. М. КЛЕЙНБОРТ. Очерки рабочей журналистики	1 р. 25 к.
Т. БОГДАНОВИЧ. Когда они побеждают (Очерки европейских реакций)	1 „ — „
Т. БОГДАНОВИЧ. Великая Французская революция	— „ — „
Т. БОГДАНОВИЧ. Наполеон—герой буржуазии.	— „ — „
РУДОЛЬФ ЗЕЙФЕРТ. Человек, как фактор производства. Перевод Л. В. Щегло	— „ — „
КУРТ ЛЕВИН. Социализация системы Тэйлора. Перевод И. Я. Колубовского	— „ — „
К. А. ПАЖИТНОВ. Очерки по истории рабочего движения	— „ — „