

Л.В. Киренский

Магнетизм

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 53
ББК 22.3
Л11

Л.В. Киренский
Л11 Магнетизм / Л.В. Киренский – М.: Книга по Требованию, 2021. – 204 с.

ISBN 978-5-458-34902-4

Учение о магнетизме охватывает огромный круг явлений и широко используется в науке, технике и обыденной жизни. В книге рассказывается об истории развития учения о магнетизме, о природе магнитных явлений, о ферромагнетизме, без которого невозможны были бы современные достижения в области электро- и радиотехники, телевидения и при создании современных счетно-решающих машин. Рассмотрены также магнитные явления, позволяющие глубоко проникнуть в сущность строения вещества и таким образом помочь наготавливать материалы с разнообразными и нужными свойствами.

ISBN 978-5-458-34902-4

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2021

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

Из всего сказанного ясна необходимость ознакомления массового читателя и с физикой магнитных явлений. Школьный курс физики освещает очень небольшой круг магнитных явлений. Незначительный объем знаний этого раздела физики предусматривает и программа старших классов средней школы. В курсе общей физики высших учебных заведений рассматривается также небольшое количество вопросов, связанных с физикой магнетизма.

Автор ставит перед собой задачу: написать такую книгу о магнетизме, которая содержала бы достаточно обширный материал по физике магнетизма, выходящий за рамки курса физики высших технических учебных заведений; охватывала данные о некоторых последних исследованиях; была бы достаточно простой в изложении.

В книге приводятся данные из истории развития учения о магнетизме, магнитном поле токов и постоянных магнитов, рассматривается вопрос о магнитных свойствах основных элементарных частиц, атомов и молекул. Рассказывается о веществах, обладающих различными магнитными свойствами. Большое внимание уделено выяснению природы ферромагнетизма, технической кривой намагничивания, магнитной структуре ферромагнетиков, четным эффектам и, в частности, магнитострикции. Рассматриваются нечетные эффекты в ферромагнетиках, влияние упругих деформаций на ферромагнитные свойства. Уделено внимание магнитной радиоспектроскопии — ферромагнитному, электронному парамагнитному и ядерному магнитному резонансам — новым мощным методам исследования вещества. Приводятся новые данные о магнетизме редкоземельных металлов.

В книге также рассмотрены вопросы о магнитной дефектоскопии, магнитном структурном анализе, ферритах и тонких ферромагнитных пленках.

Из истории развития учения о магнетизме

Магнитные свойства сильномагнитных веществ известны очень давно. Более трех тысяч лет назад свойство магнитных стрелок устанавливаться в направлении с севера на юг уже практически использовалось в Китае. Еще

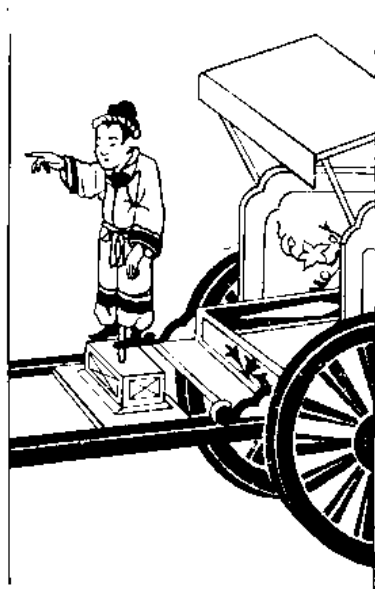


Рис. 1. Китайский «югоуказатель» (чи-пан)

тогда ученые этой страны снабжали колесницы особыми «югоуказателями» (чи-пан), которые обычно представляли собой человеческую фигурку. Рука фигурки при помощи постоянного магнита всегда указывала на юг (рис. 1). Магнитные свойства были известны и в древней Греции, о чем можно судить по легендам, дошедшим до наших дней. Так, в одной из них говорилось о горе, обладающей свойством притягивать железные предметы. Эта магнитная гора, стоящая на берегу моря, якобы выдергивала железные гвозди из приближавшихся к ней кораблей, от-

чего корабли рассыпались и мореплаватели погибали.

Известна восточная легенда о гробе мусульманского пророка Магомета. Этот гроб якобы висит в воздухе, удерживаясь силами магнита.

В дошедших до нашего времени произведениях древнегреческого философа Платона говорится: «Этот камень притягивает не только железное кольцо, но одаряет силой и само кольцо, так что оно, в свою очередь, может притягивать другое кольцо, и, таким образом, друг на друге могут висеть многие кольца и куски железа; это происходит только благодаря силе магнетизма камня».

«...Здесь божественная сила магнита передается от железа к железу подобно тому, как вдохновение музы передается через поэта его рассказчику и слушателю».

Древнегреческие ученые не пытались научно объяснить магнитные силы. Они приписывали их силам сверхъестественным, божественным. В частности, такой же точки зрения придерживался и великий философ Аристотель, считая, что у магнита существует душа.

Подробно описать свойства магнита и дать им научное толкование пытался знаменитый римский поэт Лукреций.

В своей книге «О природе вещей» он писал:

Мне остается сказать, по какому закону природы
То происходит, что камень притягивать может железо.
Камень же этот по имени месторожденья магнитом
Назван был греками, так как он найден в пределах магнетов.
Люди весьма удивляются камню такому. Он часто
Цель представляет из звеньев, держащихся сами собою.
Можешь увидеть ты пять таких звеньев, порой даже больше.
Распределенные рядом, качаясь от легкого ветра,
Звенья такие свисают, одно под другим прилепившись.
Звено одно от другого всю силу и цепкость приемлет.
Вот как здесь действует этого камня текущая сила.

Лукреций ищет те законы природы, по которым происходит притяжение железа магнитом. Он считает, что свойства эти определяются благодаря отделению от магнита очень маленьких частиц.

Вот как Лукреций объясняет силы магнитного притяжения:

Прежде всего, непременно от камня того истекает
Телец первичных порыв, разгоняющий силой ударов
Воздуха столб, расположенный между железом и камнем.
Как только пространство пустеет и место в середине
Опорожняется, тотчас первичные тельца железа
Внутрь пустоты той врываются вместе, потом происходит,
Что вслед за ними кольцо само тащится в целом составе.

Однако при такой постановке вопроса остается непонятным, почему же не притягиваются магнитом, например, медные или золотые предметы.

На это Лукреций дает следующий, весьма остроумный ответ:

Вовсе не надо тебе удивляться, что ток из магнита
Не в состоянии совсем на другие действовать вещи:
Частью их тяжесть стоять заставляет, — как золотого, — частью
Пористые телом они, и поэтому ток устремляется
Может свободно сквозь них, никуда не толкая при этом;
К этому роду вещей мы дерево можем причислить.
Среднее место меж тем и другим занимает железо.

По мнению Лукреция, структура магнита и железа такова, что обуславливает их прочное взаимное сцепление:

Вещи, в которых их ткань совпадает взаимно с другою,
Так что, где выпуклость есть, у другой оказалась бы там же
Впадина, — эта их связь окажется самой тесной.
Есть и такие еще, что крючками и петлями будто
Держатся крепко и так друг с другом скрепляются вместе.
Это скорее всего происходит в железе с магнитом.

Несмотря на то, что магнитные явления были известны с древности, систематическое исследование магнитных свойств вещества началось сравнительно недавно.

В 1600 г. вышел в свет труд английского ученого Вильяма Гильберта «О магните, магнитных телах и о великом магните Земли», представляющий собой итог довольно обширных экспериментальных исследований. Гильберт формулирует следующие важные свойства магнита.

1. Магнит обладает в различных частях различной притягательной силой; на полюсах эта сила наиболее заметна.

2. Магнит имеет два полюса: северный и южный, они различны по своим свойствам.

3. Разноименные полюсы притягиваются, одноименные отталкиваются.

4. Магнит, подвешенный на нитке, располагается определенным образом в пространстве, указывая север и юг.

5. Невозможно получить магнит с одним полюсом.

6. Земной шар — большой магнит.

За длительный период (от начала XVII до XIX столетия) существенно новых данных по физике магнитных явлений получено не было.

В 1820 г. датский физик Эрстед обнаружил, что электрический ток действует на магнитную стрелку. Этим открытием было положено начало новой главы физики — учению об электромагнетизме.

Бурное развитие физики в XIX в. привело к формулировке основных законов электромагнетизма, установивших глубокую внутреннюю связь электрических и магнитных явлений.

В наши дни физика магнитных явлений — широко развитое учение о магнитных свойствах веществ, которое находит разнообразное приложение в науке и технике.

Естественные и искусственные магниты, их свойства

Описанный выше древними учеными камень, притягивающий железо, представляет собой так называемый естественный магнит, встречающийся в природе довольно часто. Это широко распространенный минерал состава: 31% FeO и 69% Fe₂O₃, содержащий 72,4% железа. Называется он также магнитным железняком, или магнетитом.

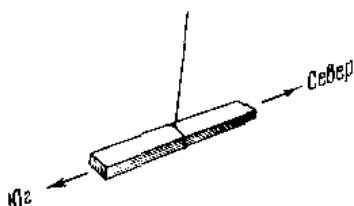


Рис. 2. Подвешенная магнитная полоска устанавливается в направлении с севера на юг

Если вырезать из такого материала полоску и подвесить ее на нить, то она будет устанавливаться в пространстве вполне определенным образом: вдоль прямой, проходящей с севера на юг. Если вывести полоску из этого состояния, т. е. отклонить от направления, в котором она находилась, а затем снова предоставить самой себе, то полоска, совершив несколько колебаний, займет прежнее положение, установившись в направлении с севера на юг (рис. 2).

Если погрузить эту полоску в железные опилки, то они притянутся к полоске не везде одинаково. Наибольшая сила притяжения будет на концах полоски, которые были обращены к северу и югу.

Эти места полоски, на которых обнаруживается наибольшая сила притяжения, носят название магнитных полюсов. Полюс, направленный к северу, получил название северного полюса магнита (или положительного) и обозначается буквой N (или С); полюс, направленный к югу,

получил название южного полюса (или отрицательного) и обозначается буквой S (или Ю).

Взаимодействие полюсов магнита можно изучить следующим образом. Возьмем две полоски из магнетита и одну из них подвесим на нити, как уже указывалось выше. Держа вторую полоску в руке, будем подносить ее к первой разными полюсами.

Окажется, что если к северному полюсу одной полоски приближать южный полюс другой, то возникнут силы

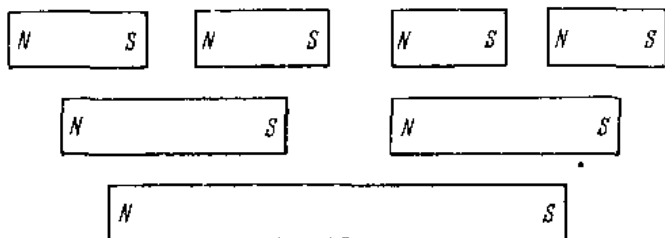


Рис. 3. При делении магнита на части нельзя получить магнит с одним полюсом

притяжения между полюсами, и подвешенная на нити полоска притянется. Если к северному полюсу подвешенной полоски поднести вторую полоску также северным полюсом, то подвешенная полоска будет отталкиваться.

Проводя такие опыты, можно убедиться в справедливости установленной Гильбертом закономерности о взаимодействии магнитных полюсов: одноименные полюсы отталкиваются, разноименные притягиваются.

Если бы мы захотели разделить магнит пополам, чтобы отделить северный магнитный полюс от южного, то, оказывается, нам не удалось бы сделать этого. Разрезав магнит пополам, мы получим два магнита, причем каждый с двумя полюсами. Если мы продолжали бы этот процесс и дальше, то, как показывает опыт, нам никогда не удастся получить магнит с одним полюсом (рис. 3). Этот опыт убеждает нас, что полюсы магнита не существуют раздельно, подобно тому как раздельно существуют отрицательные и положительные электрические заряды. Следовательно, и элементарные носители магнетизма, или, как их называют, элементарные магнитики, также должны обладать двумя полюсами.

Описанные выше естественные магниты в настоящее время практически не используются. Гораздо более сильными и более удобными оказываются искусственные постоянные магниты. Постоянный искусственный магнит



Рис. 4. Простейший способ получения искусственного магнита

проще всего изготовить из стальной полоски, если натирать ее от центра к концам противоположными полюсами естественных или других искусственных магнитов (рис. 4).

Магниты, имеющие форму полоски носят название полосовых магнитов. Часто удобнее бывает пользоваться



Рис. 5. Магнит с одинаковыми полюсами по концам имеет противоположный полюс посередине

магнитом, напоминающим по форме подкову. Такой магнит носит название подковообразного магнита.

Искусственные магниты обычно изготавливаются так, что на их концах создаются противоположные магнитные полюса. Однако это совсем не обязательно. Можно изготовить такой магнит, у которого оба конца будут иметь один и тот же полюс, например, северный.

Изготовить такой магнит можно, натирая от середины к концам стальную полоску одинаковыми полюсами.

Однако северный и южный полюсы и у такого магнита неотделимы. Действительно, если его погрузить в опилки, то они сильно притянутся не только по краям магнита, но и к его середине. Легко проверить, что по краям расположены северные полюсы, а южный — посередине (рис. 5).

Магнитное поле

Магнитное взаимодействие между железом и магнитом или между магнитами происходит не только при непосредственном их соприкосновении, но и на расстоянии. С увеличением расстояния сила взаимодействия уменьшается, и при достаточно большом расстоянии она

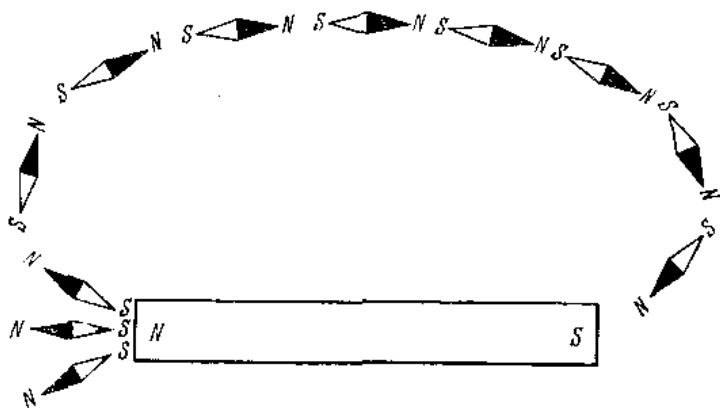


Рис. 6. Магнитные стрелки в поле полосового магнита

перестает быть заметной. Следовательно, свойства части пространства вблизи магнита отличаются от свойств той части пространства, где магнитные силы не проявляются. В пространстве, где проявляются магнитные силы, имеется магнитное поле.

Если магнитную стрелку внести в магнитное поле, то она установится вполне определенным образом, причем в различных местах поля она будет устанавливаться по-разному. На рис. 6 показано, как установятся магнитные стрелки в магнитном поле, созданном полосовым магнитом. Наблюдая за расположением стрелок, можно составить представление о конфигурации магнитного поля.

Однако существует более удобный и наглядный способ выявления конфигурации магнитного поля. Так, в случае магнитного поля полосового магнита достаточно накрыть его куском стекла или картона и равномерно насыпать сверху железные опилки. В магнитном поле магнита каждая частичка железа намагнитится и будет

представлять собой маленькую стрелочку. Эти стрелочки, устанавливаясь по полю, «сцепятся» друг с другом противоположными полюсами. При проведении опыта следует слегка постучать по стеклу, чтобы опилки легче преодолели силы трения о стекло.

Сцепляясь друг с другом, намагниченные опилки образуют линии, которые дают представление о силовых линиях магнитного поля: в каждой точке такой линии магнитная стрелка устанавливается касательно к ней.

На рис. 7 показана выявленная таким способом конфигурация магнитного поля полосового магнита.

Таким образом, вблизи магнитов создается магнитное поле, которое ориентирует определенным образом в пространстве магнитные стрелки, намагничивает железные предметы и может передвигать их, т. е. может совершать работу.

Магнитное поле может перемещать проводник с током, а при изменении магнитного поля в проводниках возникает электрический ток. Земной шар является магнитом, и магнитное поле Земли проявляется в целом ряде явлений и оказывается, в частности, одной из причин возникновения полярных сияний.

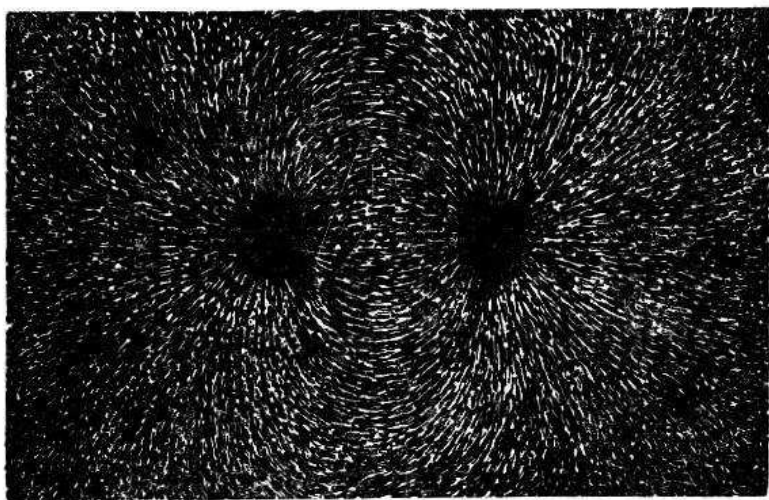


Рис 7. Конфигурация магнитного поля, созданного двумя разноименными полюсами, выявленная с помощью железных опилок

Магнитное поле электрического тока

В 1820 г. датский физик Эрстед обнаружил магнитное действие тока. Это явление заключается в том, что магнитная стрелка, помещенная вблизи проводника с током, отклоняется от плоскости магнитного меридиана и уже, как правило, не указывает с севера на юг.

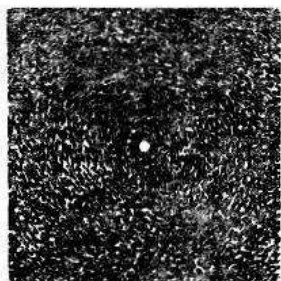


Рис. 8. Конфигурация магнитного поля прямолинейного тока

Это означает, что вблизи проводника с током создается магнитное поле. Для изучения конфигурации магнитного поля, создаваемого током, можно использовать описанный выше способ железных опилок.

Если через отверстие в картонной пластинке пропустить прямолинейный проводник достаточной длины и затем насыпать на картон железные опилки и пропустить по проводнику электрический ток, то опилки расположатся в виде концентрических окружностей с центром на оси проводника (рис. 8).

Если через отверстие в картонной пластинке пропустить прямолинейный проводник достаточной длины и затем насыпать на картон железные опилки и пропустить по проводнику электрический ток, то опилки расположатся в виде концентрических окружностей с центром на оси проводника (рис. 8).

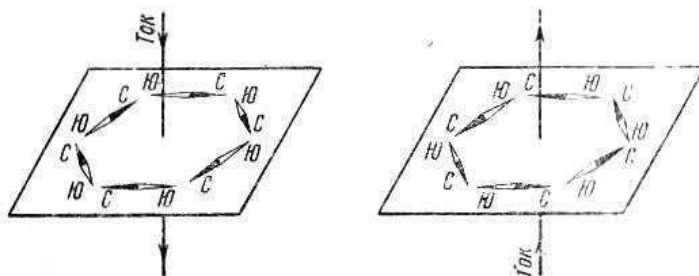


Рис. 9. Направление силовых линий магнитного поля прямолинейного тока

Силовые линии магнитного поля прямолинейного тока лежат в плоскости, перпендикулярной току, и представляют собой концентрические окружности с центром на оси тока.