

## **ОДНОПОЛЮСНЫЙ МАГНИТ**

**Карякин А.А., Карякин А.В., Карякина И.В.**

*Георгиевский региональный колледж «Интеграл», Георгиевск, e-mail: kavо545@mail.ru*

Рассмотрены три систематические погрешности при проведении классического опыта Эрстеда. Проанализирован уточненный опыт, при котором погрешности измерения сведены к минимуму. Определено, что силовые линии при проекции на перпендикулярную плоскость к оси проводника представляют собой спираль, а не окружность. Сделано предположение, что линии магнитной индукции входят под углом в поверхность круглого проводника с током. Представлена причина формирования магнитного поля проводника с током. Предположена структура упорядочивания электронов и формирования магнитных доменов в проводнике. Установлено, что направление магнитных доменов равномерно распределено по поверхности проводника с круглым сечением. Описана форма магнитных потоков двухполюсного магнита. Проведено рассмотрение магнитного поля внутри проводника и сделан вывод, что «южный» полюс доменов угнетен и не выражен. Рассмотрена функциональная схема однополюсного магнита, при котором задействован только «северный» полюс. Основное отличие однополюсного магнита от двухполюсного, заключается в том, что внутри происходит изменение направления потока магнитных частиц. Установлено, что односторонний магнит представляет собой вынужденный магнитный источник, принимающий и испускающий магнитные микро-потоки частиц с «правосторонним» направлением вращения.

Ключевые слова: электромагнитное поле, силовые линии, электромагнетизм, проводник с током, стрелка компаса, магнитные частицы, движение частиц, магнитные микро-потоки

## **THE SINGLE-POLE MAGNET**

**Andrew Carryaking, Alexander Carryaking Irina Carryaking**

*College "Integral", Georgievsk, Stavropol region, Russia, e-mail: kavо545@mail.ru*

Three systematic errors in the classical Oersted experiment are considered. The refined experience is analyzed, in which measurement errors are minimized. It is determined that the lines of force when projected onto a perpendicular plane to the axis of the conductor are a spiral, not a circle. It is assumed that the magnetic induction lines enter at right angles into the surface of a round conductor with a current. The reason for the formation of the magnetic field of a conductor with a current is presented. The structure of the ordering of electrons and the formation of magnetic domains in the conductor is assumed. It is established that the direction of the magnetic domains is uniformly distributed over the surface of a conductor with a circular cross section. The form of magnetic fluxes of a bipolar magnet is described. The magnetic field inside the conductor is examined and it is concluded that the "south" pole of the domains is depressed and not expressed. The functional scheme of a single-pole magnet, in which only the "north" pole is involved, is considered. The main difference between a single-pole magnet and a two-pole magnet is that there is a change in the direction of the flow of magnetic particles inside. It is established that a one-sided magnet is a forced magnetic source that receives and emits magnetic micro-streams of particles with a "right-sided" direction of rotation.

Keywords: electromagnetic field, power induction lines, electromagnetism, current conductor, compass needle, magnetic particles, particle motion, magnetic micro-flows

## **Введение**

Впервые связь между электрическими и магнитными явлениями установил Ханс Кристиан Эрстед в 1820 году, проведя известный опыт [1]. Согласно наблюдению при включении тока в проводнике расположенная рядом магнитная стрелка устанавливалась перпендикулярно проводу. При изменении направления тока стрелка поворачивалась на 180°. Простая

магнитная стрелка компаса указывала на направление силовых линий магнитного поля проводника. На основании раннего эксперимента были сделаны выводы, что силовые линии являются замкнутыми, образуют окружности и лежат в перпендикулярной плоскости оси проводника.

Известно, что физика наука экспериментальная, поэтому вопрос о точности измерений имеет первостепенное значение. Рассмотрим три систематических погрешности, допущенные в классическом эксперименте Эрстеда.

Во-первых, стрелка компаса при включении тока поворачивалась на угол 90 градусов отклоняясь от направления магнитного поля Земли. Погрешность обусловлена тем, что в таком положении на стрелку действует магнитное поле Земли с максимальным моментом [2].

$$M = p_m \cdot B \cdot \sin \alpha$$

где  $p_m$  – магнитный момент стрелки. Для уменьшения погрешности при проведении измерений следует располагать стрелку компаса так, чтобы угол был равен 0, тогда момент от магнитного поля Земли будет равен нулю. Для этого следует располагать горизонтальный проводник перпендикулярно силовым линиям магнитного поля Земли в направлении восток-запад, вместо направления север-юг.

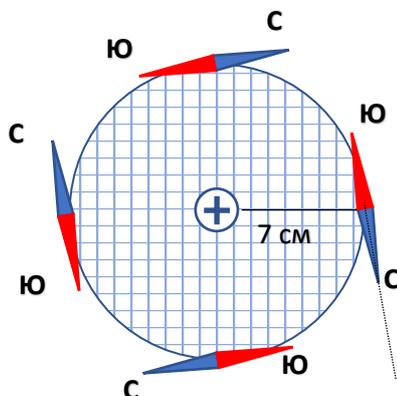
Во-вторых, при измерениях использовалась небольшая магнитная стрелка без шкалы делений. Погрешность стрелки туристического компаса длиной 4 см составляет 5-10°. Применение в измерениях длинной магнитной стрелки от буссоли повышает точность измерений до 0,5°. Для уменьшения погрешности следует использовать длинную магнитную стрелку со шкалой.

В-третьих, применялись слабые токи. Индукция магнитного поля бесконечного прямолинейного проводника с током согласно [3], описывается уравнением:

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I}{b}$$

где  $b$  – соответственно кратчайшее расстояние до проводника, а  $I$  – ток в проводнике. При слабых токах значение индукции невелико и сравнимо с уровнем внешних магнитных полей. Следовательно, необходимо увеличить величину тока в проводнике до максимальных значений, тем самым обеспечив высокий уровень индукции, при котором влияние внешних магнитных полей становится пренебрежительно мало. При токе 2100 ампер величина магнитного поля в радиусе 8 см от проводника составляет 525 мкТл. На расстоянии 12 см от проводника напряженность снижается до 350 мкТл. Таким образом, для минимизации погрешности в измерении, снижения влияния внешних магнитных поле следует использовать проводник с большим сечением и ток в тысячи ампер.

Спустя двести лет был проведен уточняющий эксперимент Эрстеда, в котором были минимизированы указанные систематические погрешности [4]. Установлено, что направление стрелки, а следовательно, и силовые линии вокруг проводника на расстоянии 5 - 9 см. имеют смещение в сторону проводника, что позволяет сделать вывод о раскручивающейся форме силовых линий, рис 1.



**Рис. 1 Смещения стрелки компаса вокруг проводника с током**

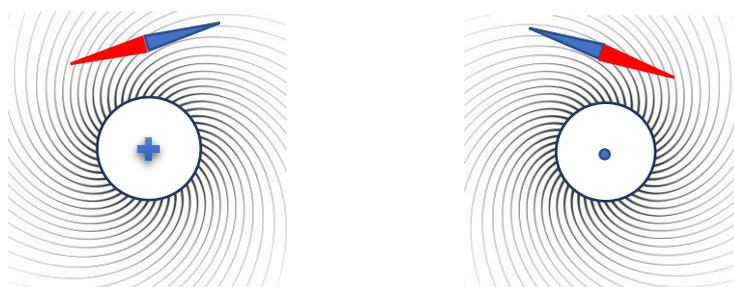
Величина отклонения конца магнитной стрелки от перпендикулярной линии к проводнику, проходящей через ось стрелки различно. На расстоянии 7 см составляет не менее 10 мм или угол отклонения  $8^\circ$ . При увеличении расстояния от оси стрелки до проводника величина смещения уменьшается. При приближении к проводнику оси стрелки величина отклонения увеличивается. Стрелка от буссоли не позволяет проводить исследования в радиусе менее 7 см от проводника, т.к. при уменьшении расстояния «южный» конец стрелки поворачивается и касается проводника.

В результате уточненных измерений установлены новые выводы, а именно, то, что силовые линии не являются замкнутыми, не образуют окружности и не лежат в перпендикулярной плоскости оси проводника. Определено, что силовые линии при проекции на перпендикулярную плоскость к оси проводника представляют собой спираль, а не окружность. Исходя из полученных новых экспериментальных данных, необходимо определить, полюса магнитного поля круглого проводника с током и установить, что является его источником.

**Гипотеза:** Круглый проводник с током за счет упорядочивания магнитных доменов из электронов образует однополюсный магнит.

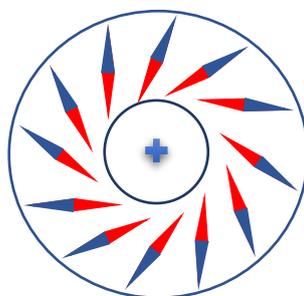
**Тема исследования:** представить причину формирования магнитного поля проводника с током через упорядочивание магнитных моментов электронов.

Магнитное поле постоянного тока можно рассматривать независимо от электрического [5]. Известно, что у постоянного магнита два полюса - северный и южный [6]. Магнитная стрелка компаса является типичным двухполюсным магнитом с выраженными полюсами. С помощью магнитной стрелки визуально определяется направление силовых линий магнитных полей. Обнаруженная спиралевидная форма силовых магнитных линий вокруг проводника с током означает постепенный разворот «южного» полюса магнитной стрелки при приближении к проводнику. Чем ближе к поверхности, тем угол разворота стрелки больше. На поверхности проводника силовая линия исходит под углом, зависящим от направления тока, рис.2.



**Рис.2 Направление силовых линий в зависимости от направления тока**

Вхождение силовых линий в поверхность проводника определяется определенной ориентацией магнитных моментов зарядов в проводнике. Как известно, заряды в проводнике распределяются по поверхности, таким образом можно предположить, что заряды выстраиваются в определенном направлении и формируют магнитные доменные цепочки, рис.3



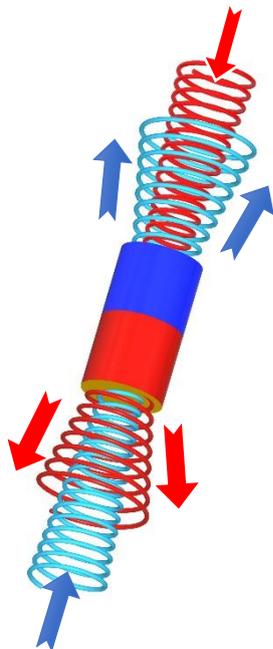
**Рис.3 Расположение магнитных доменов в сечении проводника**

Магнитные свойства проводника проявляются с появлением тока проявляются также в немагнитных материалах, например чистой меди. Исходя из этого, можно предположить, что основой магнитных доменов являются электроны, а не атомы. Направление магнитных доменов из цепочек электронов определяется направлением тока.

Изначально свободные электроны распределены по всему объему проводника, их магнитные моменты разнонаправлены и общий магнитный момент равен нулю. При появлении тока магнитные моменты электронов, расположенных на поверхности проводника, ориентируются таким образом, что «северный» полюс направлен наружу проводника. Соответственно, «южный» полюс электрона направлен внутрь проводника. Так как противоположные полюса

притягиваются, то ближайший электрон занимает позицию близкую к первому электрону, формируя общее магнитное поле с первым электроном. Цепочка из электронов будет нарастать за счет поступления свободных электронов из центра проводника и формировать единый магнитный домен. Длина цепочки пропорциональна величине тока в проводнике.

Представление силовой линии в виде винтового потока позволяет определить направление вращения магнитных частиц, [7]. В постоянном магните, потоки магнитных частиц упорядочены, рис.4.



**Рис 4. Упрощенная форма магнитных потоков двухполюсного магнита**

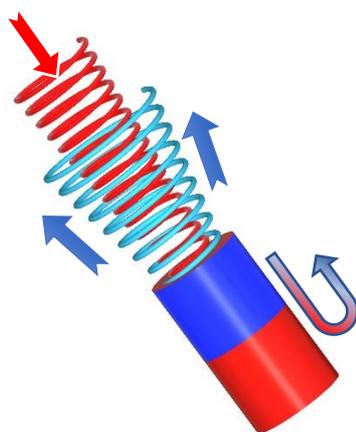
Магнитная частица исходит по внешнему контуру микротока с северного полюса и возвращается на южный полюс по внутреннему контуру. Симметрично магнитная частица исходит с северного полюса по внешнему контуру и уже возвращается на южный полюс по внутреннему контуру микротока. Магнитное поле двухполюсного магнита представляет собой два отдельных потока входящих на разных полюсах и исходящих на противоположных полюсах. Происходит формирование силовых линий магнитного поля. Параллельные потоки с каждого полюса отталкиваются друг от друга. При этом боковые потоки постепенно изменяют направление и образуют замкнутые силовые линии вокруг постоянного магнита. Таким образом полюса магнита симметричны относительно друг друга. При взаимодействии двух магнитов частица с одного полюса одного магнита направляется на противоположный полюс другого магнита. Таким образом магниты притягиваются и общее магнитное поле усиливается.

На поверхности круглого проводника с постоянным током на всем протяжении выражен только «северный» полюс магнита. «Южный» полюс магнитных доменов направлен внутрь проводника и не имеет выхода на поверхность. Внутри проводника создается избыточное

давление из-за отталкивающихся потоков магнитных частиц, которые приводят к отталкиванию одинаковых плюсов и соответственно электронов и доменов друг от друга. По все видимости это является той силой, которая выталкивает электроны из центра на поверхность проводника. Отталкиваясь друг от друга под действием магнитных сил - цепочки электронов равномерно распределяются по поверхности проводника. У каждого электрона остается только одна степень свободы – движение в общем потоке вдоль оси проводника. Другие направления движения невозможны. Эффективность проводника заключается в его поверхности, где сосредоточены электроны. Проводимость проводника круглого сечения, аналогична проводимости полого проводника. В данном исследовании рассматривается только проводник круглого сечения, т.к. при другой форме сечения проводника возникают особенности, которые следует рассмотреть в отдельном исследовании.

Избыточное пресыщение внутренней области проводника магнитными частицами, потоками приводит к тому, что становится невозможным поступление новых частиц в эту область. «Южный» полюс магнитных доменов блокируется, т.к. кинетическая энергия вылетающих из него магнитных частиц становится равной или меньше кинетической энергии магнитных частиц в центральной области проводника. Нормальное функционирование «южного» полюса магнитного домена становится невозможным. По всей видимости происходит не прекращение функционирования магнитного домена в целом, а только отключение «южного» полюса и перестройка работы «северного» полюса.

Допустим, что однополюсный магнит работает по следующей схеме. На «северный» полюс, как и ранее поступают магнитные частицы по внутреннему контуру потока. Так как путь через «южный» полюс не возможен, то происходит разворот потока частиц, точнее сказать отскок и смена направления движения, внутри домена. Поток разворачивается, ускоряется и выходит с «северного» полюса домена, рис.5.



**Рис 5. Упрощенная форма магнитного потока однополюсного магнита**

Основное отличие однополюсного магнита от двухполюсного, в том, что внутри происходит изменение направления потока магнитных частиц, из-за того, что «южный» полюс угнетен и

не выражен. Направление «правостороннего» спирального движения частиц по поверхности потока сохраняется, изменяется только общее поступательное движение. Подвижные магнитные домены в проводнике под действием тока сохраняют свою конструкцию продолжительное время, смещаясь вместе с движением электронов. Односторонний магнит представляет собой вынужденный магнитный источник, принимающий и испускающий магнитные микро-потоки частиц с «правосторонним» направлением вращения. При отключении вынуждающей силы - ЭДС, конструкция магнитных доменов распадается на свободные электроны, и магнитное поле проводника исчезает.

### **Заключение**

В исследовании рассмотрены выводы уточненного опыта Эрстеда, заключающиеся в том, что силовые линии не являются замкнутыми, не образуют окружности и не лежат в перпендикулярной плоскости оси проводника. Проанализирована спиралевидная форма силовых линий при проекции на перпендикулярную плоскость к оси проводника. Предложено основание упорядочивания электронов и формирования магнитных доменов в проводнике. Установлено, что направление магнитных доменов зависит от направления тока в проводнике. Рассмотрена форма магнитного поля внутри проводника и сделан вывод, что южный полюс доменов угнетен и не выражен. Рассмотрены магнитные потоки двухполюсного и однополюсного магнита. Описано основное отличие однополюсного магнита от двухполюсного, заключающееся в том, что внутри магнитного домена происходит изменение направления потока магнитных частиц. Установлено, что односторонний магнит представляет собой вынужденный магнитный источник, принимающий и испускающий магнитные микро-потоки частиц с «правосторонним» направлением вращения.

### **Выводы**

Гипотеза имеет научную новизну и имеет теоретическое обоснование. Гипотеза истинна.

### **Список литературы**

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 3. Электричество. Учебное пособие. 2009. 656с.
2. Полицинский Е.В. Лекции по физике. Часть 1: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 324с.
3. Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы. М.: Бином. Лаборатория знаний. 2009. 319с.

4. Материалы Международной студенческой научной конференции "Студенческий научный форум 2020", Евроазиатская научно-промышленная палата, Москва (2020), Том V, с.122.
5. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: учебник для бакалавров / Л. А. Бессонов. М.: Издательство Юрайт, 2016. 317 с.
6. Зубович С.О. Курс лекций. Физика. Часть IV. Магнетизм. учебное пособие. Волгоград: ВолгГТУ, 2015. 90с.
7. Карякин А.А., Карякин А.В., Карякина И.В. Кинетическая природа магнитных линий // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2021. – № 10. – С. 100-105;