

ЗАВИСИМОСТЬ МАГНИТНОГО МОМЕНТА ЭЛЕКТРОНОВ ОТ ФОРМЫ СЕЧЕНИЯ ПРОВОДНИКА

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

Георгиевский региональный колледж «Интеграл», Георгиевск, e-mail: kavo545@mail.ru

Рассмотрены результаты практического эксперимента измерения магнитного поля проводника с током с помощью магнитной стрелки. В качестве проводника используется широкий медный лист. Большая поверхность листа позволяет формировать разнообразную кривизну поверхности и исследовать магнитное поле снаружи и внутри проводника. Определено магнитная стрелка указывает на силовые линии исходящие из поверхности проводника. Предположено формирование магнитного поля проводника магнитными моментами электронов. Исследование выявило, что ориентация магнитных доменов внутри проводника зависит от кривизны поверхности. Изгибание листа проводника от плоской поверхности к круглой позволяет выявить изменение ориентации магнитных доменов. Рассмотрены пять основных форм магнитных полей при различных радиусах кривизны поверхности. Замечено на выгнутой поверхности проводника магнитное поле и ориентация магнитных моментов электронов остается постоянным. Определено, что проводник с постоянным током является источником магнитного поля с выраженным северным полюсом. Предложены причины, определяющие направление магнитных моментов электронов. Предложены причины, определяющие выдавливание из внутренней части проводника и распределение электронов на поверхности. Исследовано магнитное поле внутри круглого проводника с полым сечением и определен источник его формирующий. Установлено проявление в проводнике магнитного поверхностного эффекта.

Ключевые слова: электромагнитное поле, силовые линии, электромагнетизм, проводник с током, стрелка компаса, кривизна поверхности, магнитный момент, магнитный домен, поверхностный эффект

DEPENDENCE OF THE MAGNETIC MOMENT OF ELECTRONS ON THE SHAPE OF THE CONDUCTOR CROSS SECTION

Andrew Carryaking, Alexander Carryaking Irina Carryaking

College "Integral", Georgievsk, Stavropol region, Russia, e-mail: kavo545@mail.ru

The results of a practical experiment of measuring the magnetic field of a conductor with a current using a magnetic arrow are considered. A wide copper sheet is used as a conductor. The large surface of the sheet allows you to form a variety of surface curvature and explore the magnetic field outside and inside the conductor. The magnetic arrow points to the lines of force emanating from the surface of the conductor. The formation of the magnetic field of the conductor by magnetic moments of electrons is assumed. The study revealed that the orientation of the magnetic domains inside the conductor depends on the curvature of the surface. Bending of the conductor sheet from a flat surface to a round one makes it possible to detect a change in the orientation of the magnetic domains. Five basic forms of magnetic fields at different radii of curvature of the surface are considered. A magnetic field is observed on the curved surface of the conductor and the orientation of the magnetic moments of the electrons remains constant. It is determined that a conductor with a constant current is a source of a magnetic field with a pronounced north pole. The reasons determining the direction of the magnetic moments of electrons are proposed. The reasons determining the extrusion from the inner part of the conductor and the distribution of electrons on the surface are proposed. The magnetic field inside a circular conductor with a hollow cross-section is investigated and the source forming it is determined. The manifestation of the magnetic surface effect in the conductor has been established.

Keywords: electromagnetic field, lines of force, electromagnetism, conductor with current, compass needle, surface curvature, magnetic moment, magnetic domain, surface effect

Введение

Источник магнитных линий магнитного поля проводника формируется внутри проводника и напрямую связан с движением тока. При отключении тока в медном проводнике магнитное поле вокруг проводника исчезает. Магнитное поле, как одна из компонент электромагнитного поля, создается неизменными во времени токами, протекающим по проводящему телу, неподвижному в пространстве по отношению к наблюдателю [1]. Наиболее изучено магнитное поле проводника с круглым сечением [2]. Необходимо отметить, что в технике применяются проводники не только круглого сечения. Широко используются проводники сложного сечения, например дорожки на плате, скрученные несущие провода, зажимы, шины, контактные губки. Изучение магнитного поля проводников различной формой сечения имеет важное практическое значение для науки и техники. Определенно форма магнитного поля проводника зависит от формы сечения проводника и направления тока. Измеряя величину магнитного поля вокруг проводника, можно рассчитать силу тока в проводнике и наоборот [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Замечено, магнитная стрелка не всегда параллельна поверхности проводника с током. Исследование сложной формы магнитного поля постоянного тока и поиск зависимостей от формы поверхности проводника позволит глубже изучить процессы, происходящие в проводнике.

Гипотеза: Силовые линии магнитного поля на поверхности проводника определяются магнитными моментами электронов. Ориентация моментов зависит от кривизны поверхности проводника.

Тема исследования: представить причину формирования магнитного поля проводника плоского или вогнутого сечения связанную с магнитными моментами электронов.

В исследовании используем результаты практического эксперимента над проводником с постоянным током. Постоянный ток создает стабильное магнитное поле, которое исследуется простой магнитной стрелкой [3]. При проведении эксперимента проанализированы и учтены погрешности, влияющие на точность измерений. Для снижения погрешности, вызванной вторичным намагничиванием корпуса компаса, магнитная стрелка извлекается и используется отдельно. В качестве оси, используется немагнитная ось из медного проводка, закрепленная на небольшом пластиковом основании. Определение направления стрелки производится при нескольких включениях и проведении серии измерений. Магнитная стрелка является магнитом, поэтому в исследовании используется только одна магнитная стрелка, перемещаемая над поверхностью проводника. Поверхность проводника составляет медный лист размером 0,5x500x1000мм. Соответственно сечение проводника при ширине 500 мм и толщине 0,5 мм составляет 250 мм². Узкая боковая сторона листа в 1000 раз меньше верхней

или нижней поверхности, поэтому не оказывает значительного влияния на форму магнитного поля проводника и не исследуется. Большая поверхность проводника позволяет формировать разнообразную кривизну поверхности и исследовать магнитное поле во внутреннем пространстве. В исследовании учитывается и уменьшается погрешность от влияния внешних магнитных полей на магнитную стрелку. Увеличивая ток в проводнике создается магнитное поле превышающее магнитное поле Земли на порядок. Большое сечение проводника требует применения мощного источника постоянного тока. Источником тока являются соединенные параллельно аккумуляторные батареи в количестве 8 единиц напряжением 12В емкостью 100А/ч каждая. При измерении величина постоянного тока в проводнике достигает 2100А. При проведении измерений профиль листа одинаково изгибается по всей длине листа 1000мм.

Измерения выполнены простым инструментом - магнитной стрелкой, имеющей два выраженных полюса [5]. Как известно, южный полюс магнитной стрелки указывает на северный полюс Земли, ориентируясь вдоль силовых линий [6]. Магнитное поле проводника вблизи поверхности проводника с постоянным током превышает магнитное поле Земли, исходя из чего южный полюс магнитной стрелки указывает на северный полюс магнитных доменов в проводнике. При измерении стрелка подносится на минимальное расстояние к поверхности при котором конец стрелки не касается поверхности.

Магнитная стрелка вблизи проводника указывает на силовые линии исходящие из поверхности проводника. Отдельный магнитный момент электрона достаточно слабая величина. При отсутствии тока магнитные моменты электронов разнонаправлены и соответственно общее магнитное поле проводника отсутствует. При появлении тока вынужденно появляется магнитное поле, вызванное группировкой электронов и их магнитных моментов (ММЭ). Предположим магнитные домены, состоящие из цепочек электронов, составляют уже значительную совокупную величину магнитного поля. В результате эксперимента выявлены пять характерных положений магнитной стрелки, зависящих от формы сечения.

Проанализируем направление магнитной стрелки и возможное направление магнитных доменов в проводнике. Результаты измерения положения магнитной стрелки над проводником с плоским сечением приведены на рис.1

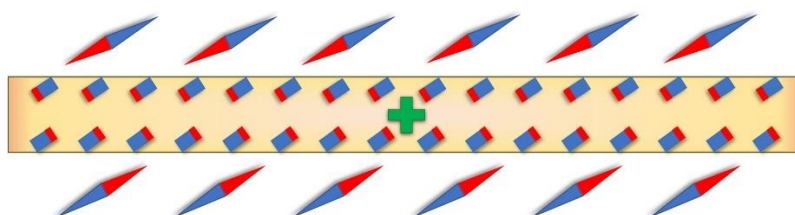


Рис.1 Ориентация ММЭ в проводнике с плоским сечением

При параллельном расположении поверхностей проводника направления магнитной стрелки вблизи поверхности сверху и снизу противоположны. Южный полюс стрелки направлен к плоской поверхности. Северный полюс стрелки всегда направлен от поверхности. Симметричные расположения стрелки внутри проводника предполагают симметричное направление магнитных доменов внутри проводника. ММЭ на верхней поверхности и нижней поверхности противоположны. Соответственно магнитные домены будут отталкиваться друг от друга и вытесняться на поверхность из внутренней области проводника. По всей видимости это способствует равномерному распределению электронов, точнее групп электронов по поверхности проводника.

При небольшом изгибании проводника в поперечном сечении магнитная стрелка у поверхности проводника изменяет свое направление в зависимости от кривизны. Угол отклонения стрелки от поверхности одинаковый, рис.2.

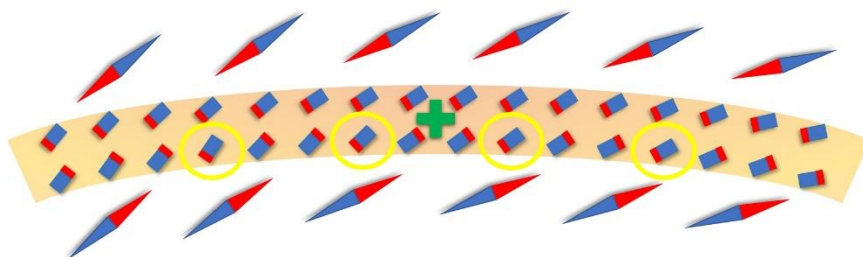


Рис.2 Ориентация ММЭ в проводнике с вогнутым сечением

При небольшом искривлении поверхности наблюдается нарушение симметрии. Концентрация магнитных доменов на верхней поверхности больше, чем на нижней поверхности. В результате уровень магнитного поля внутри слабее, чем снаружи. Возможно ослабление вызвано переориентацией отдельных ММЭ на противоположное. Известно два стержневых магнита притягиваются друг к другу, если их полюса противоположны. В результате магниты притягиваются друг к другу. Притяжение магнитов приводит к плотному размещению, приводящее к уменьшению совокупного магнитного поля. Подобным образом упорядочиваются и сближаются магнитные домены на поверхности проводника. Допустим при небольшом сгибании некоторая часть магнитных доменов переворачивается и магнитное поле на вогнутой поверхности уменьшается.

Подтверждено измерениями, что при дальнейшем изгибании проводника магнитное поле внутри сгиба полностью исчезает, рис.3.

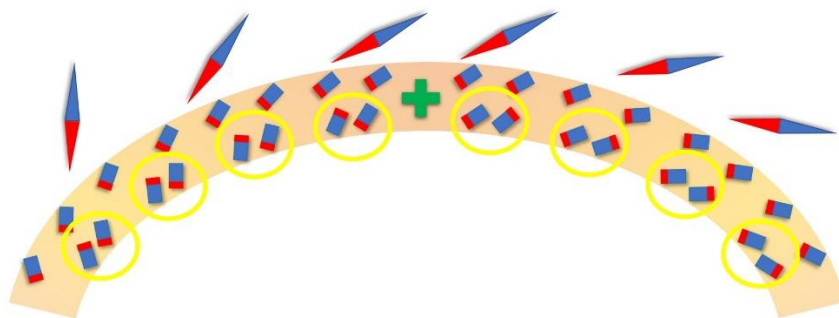


Рис.3 Ориентация ММЭ в проводнике с полукруглым сечением

При постепенном изгибании листа, уменьшается радиус изгиба сечения. И на определенном значении радиуса магнитное поле внутри исчезает. Магнитная стрелка во внутреннем пространстве перестает иметь явно выраженное направление. Отсутствие магнитного поля внутри может объясняться, тем, что половина ММЭ ориентировано в одну сторону, а другая половина в другую сторону. В результате нет ярко выраженных полюсов на внутренней вогнутой поверхности проводника. На выгнутой поверхности проводника магнитное поле остается прежним, т.е. без принципиальных изменений. Дальнейшее изгибание листа, уменьшение радиуса приводит к вновь появлению магнитного поля на вогнутой поверхности, только форма его становится многополюсной, рис.4.

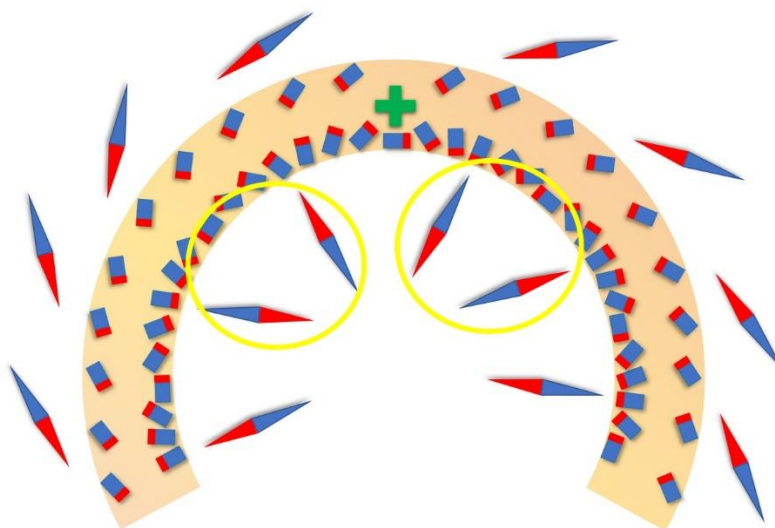


Рис.4 Ориентация ММЭ в проводнике с сечением в виде подковы

Разнонаправленное положение магнитной стрелки внутри вогнутого сечения проводника указывает на многополюсную форму магнитного поля на внутренней поверхности проводника. Многополюсная форма магнитного поля визуализируется и подтверждается также с помощью металлических опилок. Многополюсность внутренней поверхности связана с постепенным разворотом ММЭ на вогнутой поверхности. Уменьшение радиуса сгиба листа

ведет к уменьшению количества полюсов. Замыкание краев листа, формирует проводник с круглым сечением. Форму внутри полого проводника раскрывает магнитная стрелка, рис.5.

Внутри круглого проводника с полым сечением объективно существует магнитное поле. Южный полюс стрелки внутри и снаружи всегда ближе к поверхности проводника. Отсюда напрашивается вывод, что проводник с постоянным током является источником магнитного поля с выраженным северным полюсом. Электроны равномерно распределены и упорядочены на всех поверхностях. Рассмотренное распределение ММЭ на поверхностях проводника формирует различные формы магнитного поля. Как показано, форма магнитного поля с одной стороны и с другой стороны могут быть абсолютно различными. Это проявляется при толщине проводника – медного листа всего 0,5 мм. Определенно распределение электронов и направленность магнитных моментов проявляется как поверхностный эффект. Суть эффекта в том, что магнитное поле проводника с током формируется тонкой прослойкой упорядоченных магнитных доменов на поверхности проводника.

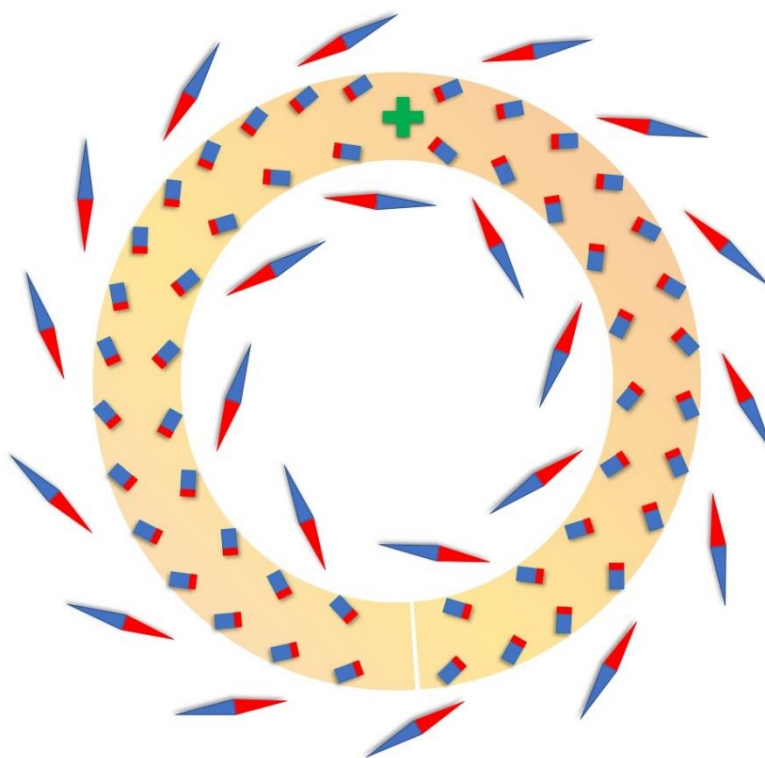


Рис.5 Ориентация ММЭ в проводнике с круглым сечением

Магнитная стрелка снаружи проводника раскрывает одинаковую направленность ММЭ внутри проводника. При данной направленности южных полюсов электронов происходит их отталкивание и выталкивание электронов на поверхность. По всей видимости эта сила является причиной высокой концентрации электронов на поверхности проводника с током.

При изменении направления тока ориентация ММЭ меняется, сохраняя направленность южных полюсов внутрь проводника.

Заключение

В исследовании используются результаты практического эксперимента над проводником с постоянным током. Исследование расположения магнитной стрелки над поверхностью проводника выявило разнообразные формы магнитного поля. Установлено, что форма магнитного поля зависит от кривизны поверхности проводника. Рассмотрено предположение, что силовые линии магнитного поля проводника определяются магнитными моментами электронов. Выявлено пять выраженных позиций магнитных доменов в зависимости от кривизны поверхности. На выпуклой стороне проводника магнитные моменты электронов направлены при любом направлении тока северным концом наружу. Направление магнитных моментов электронов на вогнутой поверхности определено зависит от радиуса кривизны поверхности. Предложена причина формирования магнитного поля на вогнутой поверхности. Описано взаимодействие электронов, формирование магнитных доменов. Сделан вывод о причине выдавливания электронов из внутренней области проводника на его поверхность. Установлено распределение электронов и направленность магнитных моментов в проводнике проявляется как поверхностным эффектом.

Выводы

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

Список литературы

1. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: учебник для бакалавров / Л. А. Бессонов. М.: Издательство Юрайт, 2016. 317 с.
2. Материалы Международной студенческой научной конференции "Студенческий научный форум 2020", Евроазиатская научно-промышленная палата, Москва (2020), Том V, с.122.
3. Зубович С.О. Курс лекций. Физика. Часть IV. Магнетизм. учебное пособие. Волгоград: ВолгГТУ, 2015. 90с.
4. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики, Электричество и магнетизм. Том 2. М.: ФИЗМАЛИТ. 2019. 488с..
5. Плетнев С. В. Магнитное поле, свойства, применение: Научное и учебно-методическое справочное пособие. СПб.: Гуманистика, 2004. 624 с.
6. Полицинский Е.В. Лекции по физике. Часть 1: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 324с.