

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/378207027>

Эксперименты Ганса Эрстеда – взаимодействие электрической и магнитной энергий. \\ Hans Ørsted's Experiments – Interaction of Electric and Magnetic Energies

Preprint · February 2024

CITATIONS

0

1 author:



[Farkhad Nazipovich Iliassov](#)

independent researcher. Mocrow, Ressia

52 PUBLICATIONS 14 CITATIONS

SEE PROFILE



Ильясов Ф. Н. Эксперименты Ганса Эрстеда – взаимодействие электрической и магнитной энергий. М.: ИЦ Орион. 2024, февраль. Препринт.

Фархад Назипович Ильясов. Исследовательский центр Орион. E-mail: iliassov.farkhad@yahoo.com

Iliassov F. N. Hans Ørsted's Experiments - Interaction of Electric and Magnetic Energies. Moscow: IC Orion. 2024. February. Preprint.

Farkhad Nazipovich Iliassov. Orion Research Center. E-mail: iliassov.farkhad@yahoo.com

Аннотация

В статье анализируются результаты экспериментов Ганса Эрстеда с точки зрения унитарной теории электричества и на основе субстанциональной теории энергии. Отклонение северного полюса магнита и проводника с током объясняется взаимным отталкиванием поля квантов электрической энергии и поля квантов магнитной энергии. Энергия (сила) взаимного отталкивания магнита и проволоки с током пропорциональна количеству магнитной и электрической энергии на этих телах и обратно пропорциональна расстоянию между ними. Направление взаимного отталкивания магнита и проводника с током задается характером вращения электрической энергии в проволоке.

Ключевые слова: электрический ток; кванты электрической энергии; электрическое поле; кванты магнитной энергии; магнитное поле

Abstract

The article analyzes the results of Hans Oersted's experiments from the point of view of the unitary theory of electricity and on the basis of the substantial theory of energy. The deviation of the north pole of the magnet and the conductor with current is explained by the mutual repulsion of the field of electric energy quanta and the field of magnetic energy quanta. The energy (force) of mutual repulsion of a magnet and a current-carrying wire is proportional to the amount of magnetic and electrical energy on these bodies and inversely proportional to the distance between them. The direction of mutual repulsion of the magnet and the current-carrying conductor is determined by the nature of the rotation of the electric energy in the wire.

Key words: electricity; quanta of electrical energy; electric field; quanta of magnetic energy; a magnetic field

Содержание	Content
1. Введение	1. Introduction
2. Предыстория вопроса	2. Background of the issue
3. Унитарная, квантовая теория электричества Бенджамина Франклина	3. Unitary, quantum theory of electricity by Benjamin Franklin
4. Эксперименты Ганса Эрстеда – взаимное отталкивание проволоки с током и северного полюса магнитной стрелки	4. Hans Oersted's experiments - mutual repulsion of a wire with current and the north pole of a magnetic needle
5. Характер движения электрической энергии в проводнике и особенности отталкивания магнитной стрелки от проволоки с током	5. The nature of the movement of electrical energy in a conductor and the features of repulsion of a magnetic needle from a wire carrying current
6. Почему магнитная стрелка не отклоняется от проволоки с переменным током	6. Why does a magnetic needle not deviate from a wire carrying alternating current?
7. Характер взаимодействия магнитной стрелки и проволоки с током в опытах Ганса Эрстеда	7. The nature of the interaction of a magnetic needle and a wire with a current in the experiments of Hans Oersted
8. Вертикальные отклонения магнитных стрелок от проволоки с током	8. Vertical deviations of magnetic needles from a current-carrying wire
9. Заключение	9. Conclusion

1. Введение

Ганс Эрстед (1820) результаты своих экспериментов интерпретировал в рамках дуальной (дуалистической) теории электричества [Эрстед, 1989; Martins, 2013], которая представляется не вполне обоснованной. В статье результаты экспериментов Ганса Эрстеда рассматриваются в рамках субстанциональной теории энергии и с точки зрения унитарной теории электричества, основы которой заложил Бенджамин Франклин около 1750 г., см., например: [Франклин, 1956; Эпинус, 1951; Ильясов, 2019]. Как представляется, работы Франклина и Эрстеда не получили должного развития и адекватной интерпретации. Опыты Эрстеда вошли в учебники по физике, но выводы, делаемые из этих экспериментов, порой остаются не вполне обоснованными.

Цель статьи – в рамках унитарной теории электричества полнее описать характер взаимодействия «электрической субстанции» и «магнитных частиц», обнаруженного в экспериментах Ганса Эрстеда.

2. Предыстория вопроса

Уильям Гильберт (1600) экспериментально доказал, что магнитные тела (магнитная стрелка) взаимодействуют с электризованными диэлектриками, статическим электричеством [Гилберт, 1956: 106]. Гильберт, на основании проведенных опытов указывал, что электричество и магнетизм совершенно разные явления, несводимые одно к другому. Например, электростатическое взаимодействие между двумя электризованными телами прекращается, если между ними находится открытый огонь, но огонь не действует на взаимодействие магнитных тел. Из чего следует, если между проволокой с током и магнитной стрелкой находится открытый огонь, и в этом случае стрелка не реагирует на ток в проволоке, значит проволока с током не порождает (не создает) магнитного поля.

Бенджамин Франклин доказал идентичность электричества молнии и электричества создаваемого трением (трибоэлектричества). После изобретения компаса было обнаружено влияние молнии и грозových облаков на магнитную стрелку, т.е. было установлено влияние электричества на магнитную стрелку.

Бенджамин Франклин (1752) цитирует Э. Киннерслея, который вероятно первым обнаружил влияние динамического электричества, тока в проводнике, на магнитную стрелку:

«Надев стрелку компаса на конец длинной булавки, и поместив ее в атмосферу первичного проводника на расстоянии около трех дюймов от него, я обнаружил, что она начинает вращаться, подобно вертелу, с большой скоростью» [Франклин, 1956: 93].

Франклин также указывал на большую схожесть, но самостоятельность «электрической и магнитной субстанции» [Франклин, 1956].

3. Унитарная, квантовая теория электричества Бенджамина Франклина

Изложение основано на субстанциональной теории энергии. **Энергия** – это безмассовая субстанция, представляющая собой потенциал температуры, движения, работы, взаимодействия. Существует в виде порций, квантов магнитной, электрической, тепловой, световой, ультрафиолетовой, рентгеновой и гамма энергии, различающихся величиной энергии, подробнее см.: [Ильясов, 2023].

Ниже изложены положения унитарной теории электричества, на основе которых рассматриваются результаты экспериментов Ганса Эрстеда.

Электричество представляет собой мельчайшие порции, кванты электрической энергии (электро-кванты).

Электрический ток есть движение электро-квантов из того места, где их больше (избыточно, положительно заряженная клемма источника тока), в то место, где их меньше

(дефицитно, отрицательно заряженная клемма источника тока). Также как это происходит с квантами тепловой энергии.

Электрическое поле есть свойство электро-квантов отталкиваться друг от друга и от квантов магнитной энергии, а также притягиваться телами.

Магнит – это «магнитное тело» (ферромагнетик) на котором мельчайшие порции, кванты магнитной энергии (магнито-кванты) сильно поляризованы. На северном полюсе магнита (N) находится большое количество магнито-квантов, этот полюс является избыточно заряженным. На южном полюсе магнита (S) находится меньшее количество магнито-квантов, это полюс является дефицитно заряженным. Магнито-кванты движутся из того места, где их больше (N) в то место, где их меньше (S). Как это происходит с квантами электрической и тепловой энергии.

Квант магнитной энергии можно рассматривать как **магнитный монополюс**.

Максимальное количество магнито-квантов находится на самом конце северного полюса постоянного магнита, магнитной стрелки.

Магнитное поле есть свойство магнито-квантов отталкиваться друг от друга и от электро-квантов, а также притягиваться магнитными телами.

Магнито-кванты движутся от избыточного полюса магнита к дефицитному. Их движение обусловлено двумя факторами:

- 1) на избыточном полюсе магнито-кванты отталкиваются друг от друга;
- 2) дефицитно заряженное тело южного полюса притягивает магнито-кванты с избыточно заряженного северного полюса.

4. Эксперименты Ганса Эрстеда – взаимное отталкивание проволоки с током и северного полюса магнитной стрелки

Почти через 70 лет после приведенного выше описания Бенджамина Франклина, в 1820 году Ганс Эрстед (независимо) вновь обнаружил феномен влияния динамического электричества на магнитную стрелку. Он детально исследовал этот феномен и установил:

– «электрическая субстанция», проходящая по проволоке, и «магнитные частицы» на северном полюсе магнитной стрелки, взаимно отталкиваются друг от друга.

Эрстед установил, отклонения северного полюса магнитной стрелки от проволоки с током имеют следующие особенности:

1. с увеличением мощности потока электроэнергии, идущей по проволоке, увеличивается величина отклонения северного полюса магнитной стрелки;
2. с увеличением расстояния между проволокой и магнитной стрелкой, степень отклонения магнитной стрелки уменьшается [Эрстед, 1989].

Это открытие Эрстеда было основой создания гальванометра, других электроизмерительных приборов.

Логично предположить – на величину взаимного отталкивания проволоки с током и постоянного магнита, влияет не только мощность потока электроэнергии, идущего по проволоке, но и плотность магнитной энергии на северном полюсе магнита.

Следовательно:

– энергия (сила) взаимного отталкивания северного полюса магнитной стрелки и проволоки с током прямо пропорциональна сумме величин электрической энергии, идущей по проволоке и магнитной энергии на северном полюсе магнитной стрелки, и обратно пропорциональна расстоянию между проволокой и северным полюсом магнитной стрелки.

Поскольку (удельная) величина, (плотность) магнитной энергии (E_{mag}) на северном полюсе стрелки и величина мощности потока электрической энергии (E_{el}) в проволоке, приводят к взаимному отталкиванию магнита и проволоки, то допустимо полагать, что их величины во влиянии на взаимное отталкивание складываются. Тогда общая энергия отталкивания равна сумме энергий на двух телах.

Сила (F) это всегда проявление результата или процесса использования, расходования энергии. Тогда открытую Эрстедом закономерность можно описать соотношением (1):

$$F \equiv E_{push} = (E_{el} + E_{mag}) / r ; \quad (1)$$

где:

F – сила взаимного отталкивания проволоки с током и северного полюса магнитной стрелки.

\equiv – знак тождества.

E_{push} – количество энергии, участвующей во взаимном отталкивании проволоки с током и северного полюса магнитной стрелки.

E_{el} – удельное количество (мощность потока) электрической энергии проходящей по проволоке.

E_{mag} – количество (плотность) магнитной энергии на северном полюсе магнита.

r – расстояние от проволоки до северного полюса магнитной стрелки.

Силу взаимного отталкивания проволоки с током и северного полюса магнитной стрелки можно называть «сила Эрстеда».

По сути Ханс Эрстед установил, что отталкивание друг от друга проволоки с током и северного полюса магнитной стрелки подчиняется закономерности, аналогичной той, что и отталкивание друг от друга двух одинаково электризованных шариков в экспериментах Шарля Кулона (1785), но с учетом феномена притяжения электрической и магнитной энергии телами, см.: [Ильясов, 2022].

В некоторых публикациях, без корректных оснований, утверждается, будто Эрстед открыл, что проводник с током создает магнитное поле. В тексте Эрстеда нет подобных

утверждений или выводов, и результаты его экспериментов не дают оснований для подобных предположений.

В целом утверждение: «проводник с током создает магнитное поле», не имеет строгих экспериментальных оснований, является необъяснимым, даже магическим. Получается, электричество создает и электрическое поле, и магнитное поле; о необоснованности этой гипотезы см. например: [Ильясов, 2021].

«Электрическая субстанция» и «магнитные частицы» отталкиваются друг от друга «электрическим конфликтом», как этот феномен называл Ганс Эрстед, «конфликтом», который выходит за пределы тел проволоки и магнита. Как можно понять, термин «электрический конфликт» Эрстеда близко к понятию «электрическая атмосфера» у Бенджамина Франклина, т.е. речь идет о поле электро-квантов, электрическом поле.

Из текста Эрстеда следует, что «электрическая субстанция» и «магнитные частицы», это самостоятельные физические объекты, которые могут отталкиваться друг от друга. Т.е. электро-кванты и магнито-кванты обладают свойством отталкиваться друг от друга. Таким образом, поле квантов электрической энергии «напрямую» отталкивается от поля квантов магнитной энергии, без «посредника» в виде «магнитного поля, создаваемого проводником с током».

5. Характер движения электрической энергии в проволоке и особенности отталкивание магнитной стрелки от проволоки с током

Эрстед заключает:

«Вращательное движение [электрической субстанции] вокруг оси, сочетающееся с поступательным движением вдоль этой оси, обязательно дает винтовое движение» [Эрстед, 1989: 311].

«Все действия, которые наблюдаются по отношению к северному полюсу [магнитной стрелки] и были описаны нами выше, легко объясняются, если предположить, что ...электрическая сила или материя описывает спираль слева направо и действует на северный полюс, не влияя на южный» [Эрстед, 1989: 311-312].

Если поток «электрической субстанции» движется по проволоке от наблюдателя, то он движется **по цилиндрической винтовой** (т.е. незамкнутой) **линии** (траектории), **по часовой стрелке**.

Указанный феномен вращения электро-квантов, при движении постоянного тока в проводнике, можно называть «**вращением Эрстеда**».

Такие винтовые линии могут называться «правыми». Касательные к винтовым линиям образуют постоянный угол с направлением потока электро-квантов. По этим касательным линиям поле электро-квантов в проволоке с током отталкивается от поля магнито-квантов на северном полюсе магнита. Поскольку электрическое поле отталкивает северный полюс магнитной стрелки по касательной к винтовой линии, то стрелка отклоняется не на угол 90° , а меньше.

Можно предположить, что взаимное отталкивание проводника с током и северного полюса магнита обусловлено взаимным отталкиванием поля потока электро-квантов, вращающихся по винтовой линии, и поля магнито-квантов, находящихся на северном полюсе стрелки. Магнит, северный полюс магнита, отклоняется от «векторов отталкивания» электро-квантов, идущих от проводника с током, т.е. по касательным линиям, идущим от движения электро-квантов по винтовой линии. Угол наклона «векторов отталкивания» задается шагом винтовой линии.

Из унитарной теории электричества вытекают дополнительные объяснения особенностей движения электро-квантов:

а) Вследствие свойства электро-квантов отталкиваться друг от друга, они движутся в ограниченном пространстве проводника, смещаясь к его внешним границам. Это приводит к тому, что электро-кванты находятся ближе к поверхности сплошного проводника или на поверхности полого проводника.

б) Отталкивание друг от друга электро-квантов в проводнике, происходящее одновременно с движением электро-квантов к дефицитной (отрицательно) заряженной клемме источника тока, приводит к тому, что они движутся по цилиндрической винтовой линии, как бы в ситуации «непрерывного отталкивания» друг от друга.

Этими двумя факторами (взаимное отталкивание и движение) обусловлено вращение тока в проволоке и направление взаимного отталкивания проволоки с током и северного полюса магнита. То есть направления взаимного отталкивания проволоки с током и магнита задается характером движения электро-квантов в проволоке – вращением Эрстеда.

Винтовые линии по которым вращаются электро-кванты не замкнуты, и находятся под определенным углом наклона к проволоке.

6. Почему магнитная стрелка не отклоняется от проволоки с переменным током

В ситуациях, когда поток электричества в проводнике часто меняет свою мощность («переменный ток») феномен вращательного движения электро-квантов в проволоке не наблюдается.

Как известно, магнитная стрелка не отклоняется от проволоки с переменным током. Переменный ток – это поток электроэнергии с изменяющейся (с некоторой частотой) мощностью, синусоидальный ток. Частое изменение мощности потока электроэнергии не дает возможности электро-квантам упорядоченно двигаться по винтовой линии, соответственно не создается устойчивого вращающегося электрического поля, которое могло бы воздействовать на магнитную стрелку. Потому магнитная стрелка не отклоняется от проволоки, по которой идет переменный ток.

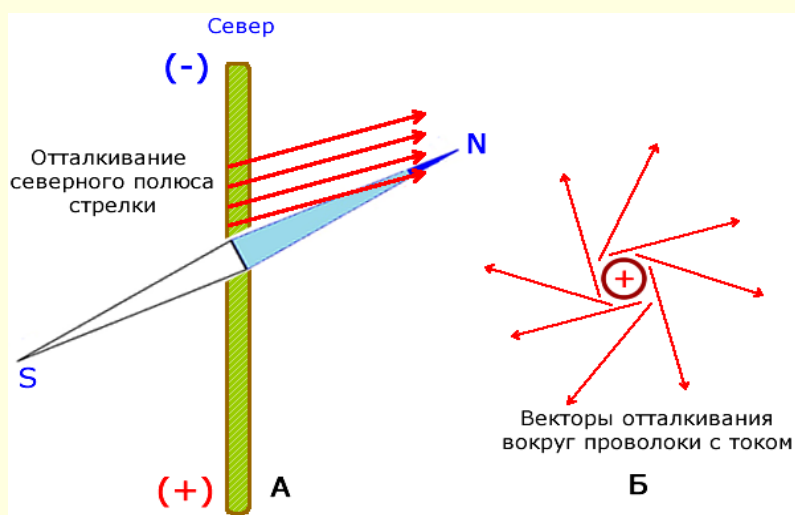
7. Характер взаимодействия магнитной стрелки и проволоки с током в опытах Ганса Эрстеда

Рассмотрим опыты Ганса Эрстеда с отклонением магнитной стрелки от проволоки, по которой идет поток квантов электрической энергии, – см. рис. 1. На этом рис. темно синим цветом закрашен только конец северного полюса магнитной стрелки (*N*), т.к. именно здесь находится максимально большое количество квантов магнитной энергии.

На рис. 1 поле электро-квантов в проводнике и поле магнито-квантов на северном полюсе стрелки взаимно отталкиваются. Отталкивание электро-квантов именно от северного полюса обусловлено тем, что на северном полюсе содержится максимальное количество магнитной энергии.

Поле электро-квантов отталкивает полюс магнитной стрелки (*N*) по ходу вращения электро-квантов – по часовой стрелке. Именно движение электроэнергии по часовой стрелке задает направление «вектора отталкивания».

Рис. 1. Электро-кванты движутся по проволоке от избыточно заряженной клеммы источника электроэнергии (+) к дефицитной (-), по винтовой линии, по часовой стрелке, и своим полем отталкивают северный полюс стрелки.



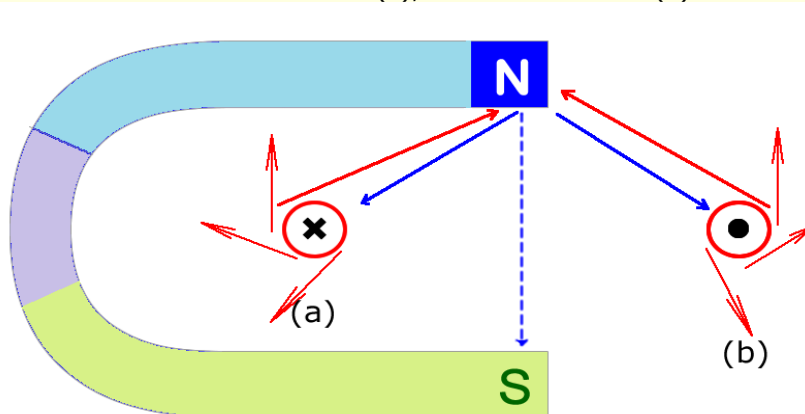
* На рис. 1 крестик в кружочке, обозначающий сечение проволоки, указывает на движение электро-квантов от наблюдателя.

Можно предположить:

1. **Отдельные кванты магнитной энергии** отталкиваются от проволоки с током аналогично северному полюсу магнитной стрелки.
2. **Отдельно взятый электро-квант** отталкивается от магнита в направлении, задаваемом местом положения электро-кванта относительно магнитного поля магнита. Поскольку электро-квант сам по себе не вращается, то он отталкивается по прямой линии.

В экспериментах Эрстеда (см. рис. 1) могло казаться, что проводник с током отталкивает северный полюс магнитной стрелки. Это впечатление возникает вследствие того, что проводник был тяжелее стрелки. В опытах с дугообразным магнитом и проводником с током, кажется наоборот – магнит отталкивает проволоку с током (см. рис. 2). Это впечатление складывается от того, что магнит тяжелее проволоки. На самом деле в обоих случаях происходит взаимное отталкивание магнита и проволоки с током, точнее взаимное отталкивание поля магнито-квантов и поля электро-квантов.

Рис. 2. Взаимное отталкивание проволок с током и северного полюса магнита, при движении тока от наблюдателя (а), и к наблюдателю (b)*



*На рис. 2 черная точка в кружочке, означающем сечение проволоки, обозначает движение тока к наблюдателю.

На рис. 2 показаны взаимные отталкивания проводника с током и северного полюса магнита, при движении тока от наблюдателя и к наблюдателю. Вращающиеся в проволоке электро-кванты, по направлению своего вращения (по часовой стрелке), отталкиваются от северного полюса магнита. Если ток идет от наблюдателя, то электро-кванты движутся по спирали слева-направо (по часовой стрелке), соответственно, поле электро-квантов отталкивается от северного полюса магнита влево, см. рис 2(a). Если ток течет к наблюдателю, то проволока отклоняется вправо рис. 2(b).

Эксперименты Ганса Эрстеда показывают, что постоянный магнит и проволока с током отталкиваются по **следующему правилу** :

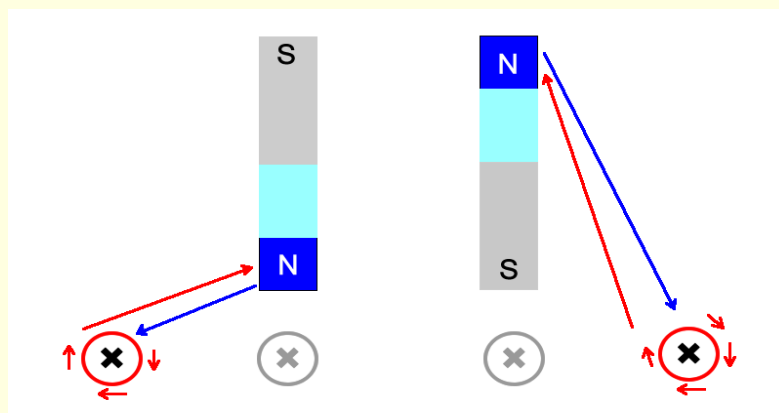
– если ток идет от наблюдателя, то проволока с током и северный полюс магнита отклоняются друг от друга по направлению векторов отталкивания, создаваемых потоком электро-квантов, движущихся по винтовым линиям по часовой стрелке (см. рис 3).

Эта закономерность, открытая Гансом Эрстедом, описывается известным **правилом левой ладони**:

– если расположить левую ладонь так, чтобы вытянутые пальцы совпадали с направлением тока, а внутренняя сторона ладони повернута к северному полюсу магнита, то отставленный большой палец укажет направление в котором будет отклоняться поток электро-квантов (проводник с током)¹.

А если аналогичным образом держать правую ладонь, то магнитная стрелка (магнит) будет отклоняться по правилу правой ладони.

Рис. 3. Отклонение проволок с током от северного полюса магнита (ток идет от наблюдателя)



Поток катионов (избыточно заряженных молекул, атомов газа), движущийся в вакуумной трубке от анода к катоду, отклоняется от северного полюса магнита также по закономерности, открытой Гансом Эрстедом (см. как аналог рис. 3) – по правилу левой ладони. Вероятно, катионы, как избыточно электризованные тела, «электростатически» отталкиваются друг от друга и, двигаясь в ограниченном пространстве трубки, как и электро-кванты в проволоке, движутся от анода к катоду по винтовой линии по часовой стрелке. Совокупное поле электро-квантов на катионах также взаимодействует с северным полюсом

1. Академическая версия изложена следующим образом: «...Если расположить левую ладонь так, чтобы вытянутые пальцы совпадали с направлением тока, а силовые линии магн. поля входили в ладонь, то отставленный большой палец укажет направление силы, действующей на проводник» [Физический..., 1995: 345].

магнита, как и поток электро-квантов в проволоке, т.е. здесь проявляются те же силы Эрстеда.

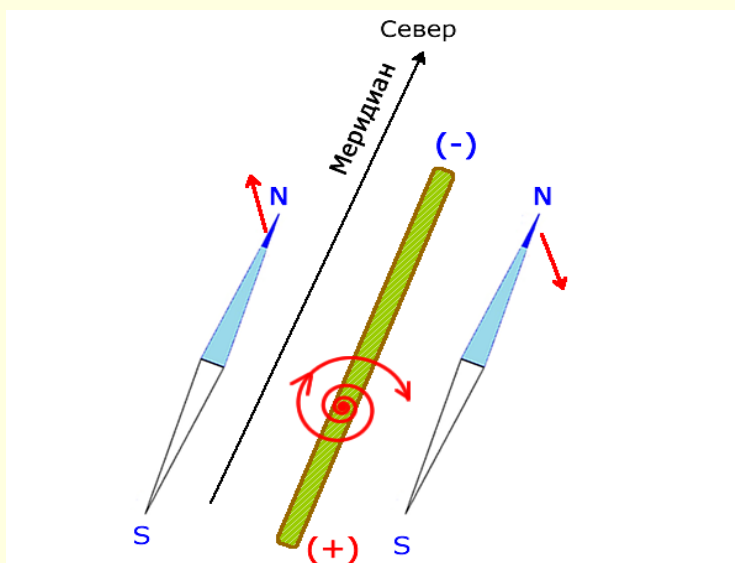
8. Вертикальные отклонения магнитных стрелок от проволоки с током

Выше рассматривались отклонения магнитной стрелки в горизонтальных направлениях «запад-восток» в случаях, когда стрелки находились над или под проволокой с током. В экспериментах Ганса Эрстеда описываются также и случаи вертикального отклонения (вниз-вверх) магнитных стрелок под влиянием проволоки с током.

Описание эксперимента. Проволока с током расположена с юга на север. Ток движется с юга на север. Справа и слева от проволоки, на одной горизонтальной плоскости, параллельно проволоке, находятся магнитные стрелки, северным полюсом направленные на север. При пропускании тока через проволоку стрелки не отклоняются на запад или на восток. Происходит следующее:

- северный полюс стрелки, расположенной слева от проволоки с током, поднимается вверх,
- северный полюс стрелки, расположенной справа, – опускается вниз [Эрстед, 1989: 310], – см. рис. 4.

Рис. 4. Вертикальные отклонения магнитных стрелок от проволоки с током



Это объясняется тем, что поток электро-квантов движется по проволоке по часовой стрелке и соответственно «векторы отталкивания» поднимают северный полюс стрелки, находящейся слева, и опускают северный полюс стрелки, находящейся справа.

При этом обе стрелки отклоняются от проволоки с током по правилу правой ладони (в понимании изложенном выше).

Результаты описанного эксперимента дают основания предположить, что при размещении магнитных стрелок над и под проволокой с током, при их отклонении на запад и восток, происходит также небольшой подъем и опускание северного полюса стрелок. В соответствии с вращением электро-квантов в проволоке по часовой стрелке:

- северный полюс стрелки, находящейся над проволокой с током, поворачивается на восток и опускается вниз;
- северный полюс стрелки, находящейся под проволокой с током, поворачивается на запад и приподнимается вверх;

9. Заключение

Из экспериментов Ганса Эрстеда следует:

Энергия (сила) взаимного отталкивания северного полюса магнита и проволоки с постоянным током прямо пропорциональна сумме величин мощности электрической энергии, идущей по проволоке, и магнитной энергии на магните, и обратно пропорциональна расстоянию между проволокой с током и северным полюсом магнита.

Направление взаимного отталкивания проволоки с постоянным током и северного полюса магнита задается вращением Эрстеда, – направлением вращения электро-квантов в проволоке.

Ссылки \ References

- Ильясов Ф. Н. Кванты электрической энергии – о концепции электричества Бенджамина Франклина. М.: ИЦ Орион, 2019, ноябрь. Препринт.
Iliassov, Farkhad N. Quanta of electrical energy – on the concept of electricity Benjamin Franklin. Moscow: IC Orion. 2019, november. Preprint. (in rus)
<https://www.researchgate.net/publication/340162394>
- Ильясов Ф. Н. Проводник с током не создает магнитного поля. М.: ИЦ Орион. 2021, август. Препринт.
Iliassov F.N. Conductor with current does not create a magnetic field. Moscow: IC Orion. 2021, August. Preprint. (in rus)
- Ильясов Ф. Н. Модификация закона Кулона, учитывающая феномен притяжения электричества телами. М.: ИЦ Орион. 2022, ноябрь. Препринт.
Iliassov F. N. Modification of Coulomb's law, taking into account the phenomenon of attraction of electricity by bodies. Moscow: IC Orion. 2022. November. Preprint. (in rus)

Ильясов Ф. Н. Энергия как потенциал температуры, движения, работы, взаимодействия. М.: ИЦ Орион. 2023, июль. Препринт.
Iliassov F.N. Energy as a potential for temperature, movement, work, interaction. Moscow: IC Orion. 2023. July. Preprint. (in rus)

Физический энциклопедический словарь. Под ред. А. М. Прохорова. М.: БСЭ. 1995.
Fizicheskii entsiklopedicheskii slovar' [Physical encyclopedic dictionary]. In ed. A. M. Prokhorov. Moscow: Bol'shaya rossiiskaya entsiklopediya. 1995. (in rus)

Франклин В. Опыты и наблюдения над электричеством. М.: Изд-во АН СССР. 1956.
Benjamin Franklin's Experiments. A new edition of Franklin's Experiments and Observations on Electricity. In ed. I. Bernard Cohen. Cambridge, Massachusetts.1941. (Russ. ed.)

Эпинус Ф. У. Т. Теория электричества и магнетизма. М.: Изд-во АН СССР. 1951.
Aepinus F. W. T. Theory of electricity and magnetism. Moscow: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR. 1951. (in rus)

Эрстед Г.-Хр. Опыты, относящиеся к действию электрического конфликта на магнитную стрелку // Классики физической науки (с древнейших времен до начала XX в.): М.: Высш. шк 1989 С.307-312.

Ørsted G.-Hr. Experiments related to the effect of electric conflict on the magnetic needle // Classics of physical science (from ancient times to the beginning of the 20th century): М.: Higher. school 1989 P.307-312. (Russ. ed.)