

Магнитное поле. Индукция магнитного поля

Как вы уже знаете, между заряженными телами или частицами, кроме гравитационного взаимодействия, существует ещё и электромагнитное. Если заряды покоятся относительно определённой инерциальной системы отсчёта, то электромагнитное взаимодействие между ними называют электростатическим. А силы, действующие между неподвижными зарядами, определяются законом Кулона.

Однако при движении электрически заряженных частиц проявляется вторая составляющая электромагнитного взаимодействия, а именно, магнитное взаимодействие. Поговорим о нём подробнее.

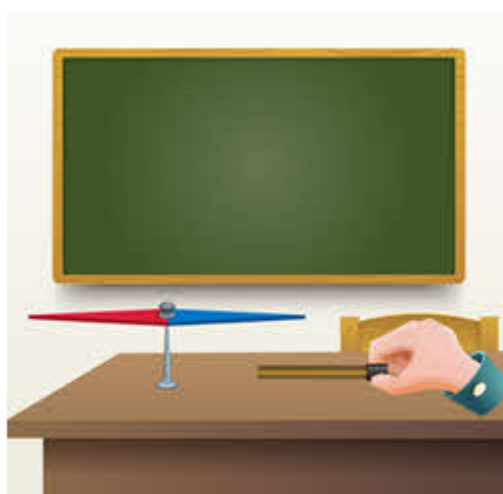
Итак, изучая электрический ток мы с вами познакомились с его основными действиями. К числу самых очевидных принадлежат: тепловое, химическое и магнитное действие тока.

Напомним, что тепловое действие тока проявляется в том, что среда, в которой протекает ток, нагревается.

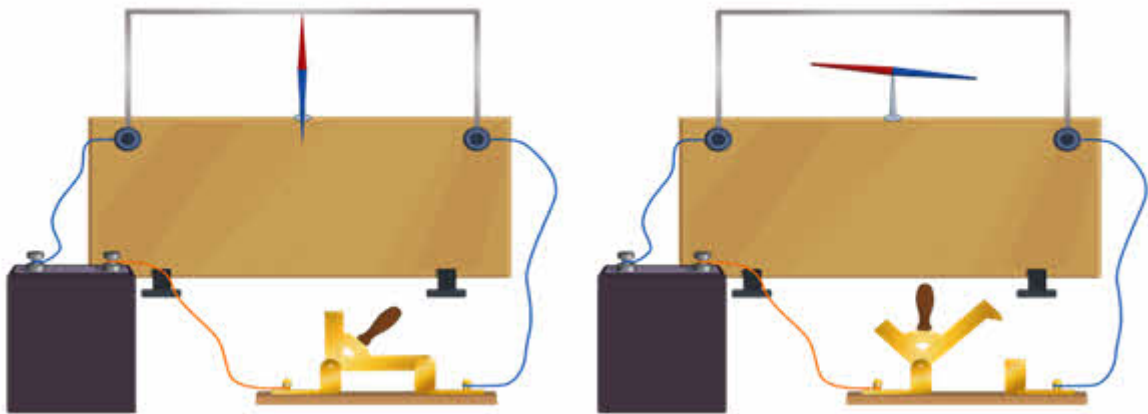
Химическое действие тока проявляется, как правило, при его протекании через растворы и расплавы электролитов.

А единственное действие тока, которое проявляется у всех без исключения проводников — это магнитное.

Теперь давайте выясним, как связаны между собой электричество и магнетизм? Для этого сделаем такой опыт. Поднесём к магнитной стрелке наэлектризованную стеклянную палочку. Как видим, стрелка останется неподвижной.



Взаимодействия нет. Не будет взаимодействия, если к стрелке поднести отрицательно заряженную эбонитовую палочку. Можно ли на основании этих опытов говорить об отсутствии всякой связи магнетизма и электричества? Конечно, нет. Между магнетизмом и электричеством существует теснейшая связь, что можно подтвердить опытом, который провёл в 1820 году датский физик Ханс Кристиан Эрстед. Установка состоит из магнитной стрелки, укреплённой на острие, и проводника, соединённого с источником тока. До включения тока стрелка располагается в магнитном поле Земли, ориентируясь с севера на юг. Замкнув цепь, мы увидим, как магнитная стрелка начнёт поворачиваться, пока не установится перпендикулярно проводнику с током. Разомкнём цепь — стрелка возвращается в своё исходное положение. Если изменить направление тока в проводнике на противоположное, то, замкнув цепь, мы увидим, как стрелка опять поворачивается и устанавливается перпендикулярно к проводнику, но уже в противоположном направлении.



Таким образом, можно говорить о том, что магнитная стрелка взаимодействует с проводником с током. Следовательно, вокруг проводника с током существует магнитное поле, которое и совершает работу по повороту магнитной стрелки.

Опыт Эрстеда вызвал необычайный интерес у физиков того времени. Раньше электрические и магнитные явления рассматривались как совершенно независимые. Открытие же Эрстеда обнаружило взаимосвязь между ними.

Таким образом, на основании проведённых опытов, мы с вами можем сделать очень важный вывод: неподвижные электрические заряды порождают только электрическое поле, которое не действует на магнитную стрелку. Вокруг же движущихся зарядов, то есть электрического тока, существует как электрическое, так и магнитное поле.

Согласно представлениям классической электродинамики **магнитное поле — особая форма материи, созданная движущимися (относительно определённой инерциальной системы отсчёта) электрическими зарядами или переменными электрическими полями.**

Опыты показывают, что магнитное поле возникает при движении любых электрических зарядов. А взаимодействие между ними осуществляется посредством магнитного поля, которое действует с некоторыми силами на любые другие движущиеся в данном магнитном поле электрические заряды. Таким образом, **о существовании магнитного поля можно судить по наличию силы, действующей на электрический заряд, движущийся относительно выбранной инерциальной системы отсчёта.**

Силы, действующие со стороны магнитного поля на находящиеся в нём проводники с током или движущиеся заряды, в дальнейшем будем называть **магнитными силами.**

Поскольку магнитное поле проводника с током действует с определённой силой на магнит (в опыте Эрстеда — на магнитную стрелку), то естественно предположить, что со стороны магнитного поля магнита на проводник с током должна действовать сила. Проверим это предположение на опыте.

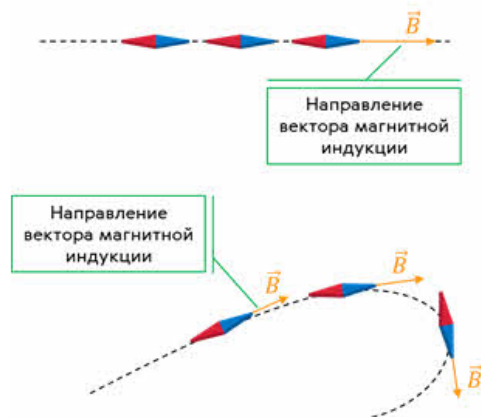


При разомкнутой цепи действия со стороны магнитного поля дугообразного магнита на гибкий проводник не наблюдается. Однако при замыкании цепи проводник приходит в движение: он либо втягивается в пространство между полюсами дугообразного магнита, либо выталкивается из него при обратном расположении полюсов магнита или при изменении направления тока в цепи.

Но действие магнитного поля на проводник с током не всегда проявляется в притяжении или отталкивании. Например, если подвесить на некотором расстоянии от проводника на тонких и гибких подводящих проводах маленькую рамку, то при пропускании по проводнику и рамке электрического тока рамка повернётся и расположится так, что окажется в одной плоскости с проводником с током.

Если же рамку с током поместить между полюсами дугообразного магнита, то она повернётся в магнитном поле так, чтобы её плоскость была перпендикулярна прямой, соединяющей полюсы магнита.

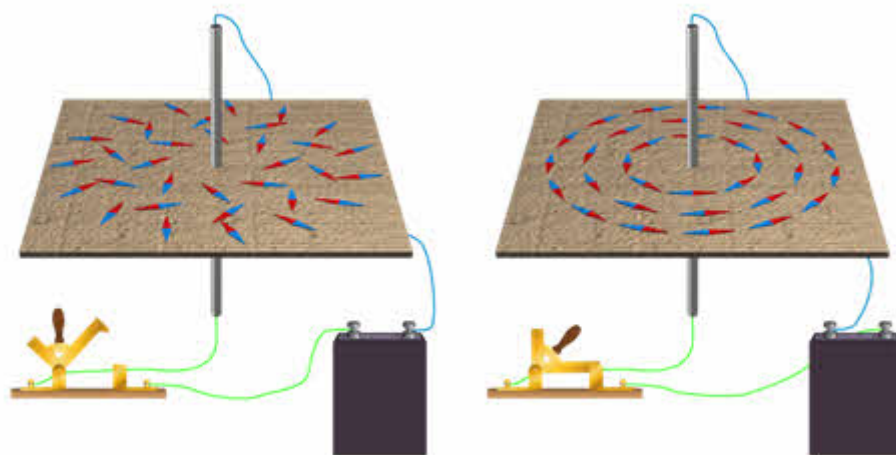
Изучая электростатику, мы узнали, что распределение поля в пространстве можно сделать «видимым», пользуясь представлениями о линиях напряжённости. Магнитные поля также можно изображать графически в виде магнитных линий. Для описания магнитного поля введём его основную характеристику, аналогичную напряжённости электростатического поля. Такой характеристикой служит **векторная физическая величина — индукция магнитного поля (или магнитная индукция)**, являющаяся силовой характеристикой магнитного поля.



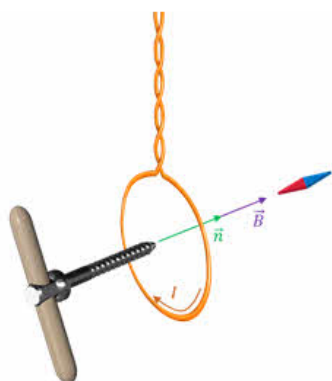
Для определения направления индукции магнитного поля используют ориентирующее действие магнитного поля на магнитную стрелку или рамку с током. **Направление от южного полюса к северному полюсу магнитной стрелки, свободно устанавливающейся в магнитном поле, принимают за направление магнитной индукции.**

Это направление совпадает с направлением положительной нормали к замкнутому контуру с током. **Положительная нормаль направлена в ту сторону, куда перемещается буравчик (с правой нарезкой), если вращать его по направлению тока в рамке. Вектор магнитной индукции в центре рамки совпадает по направлению с положительной нормалью.**

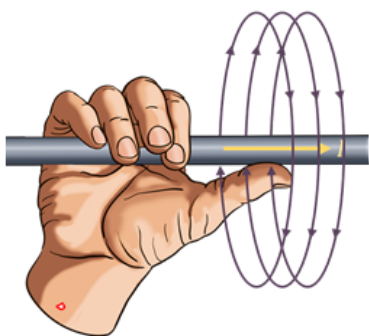
Изучим магнитное поле прямого проводника с током. Для этого сквозь лист картона, на котором установлены магнитные стрелки, пропустим проводник, соединённый с источником тока. При замыкании электрической цепи стрелки расположатся вдоль линий магнитного поля. Если же изменить направление тока в проводнике, то все стрелки повернутся на 180° .



Однако использование магнитных стрелок не всегда рационально. Поэтому для определения направления вектора магнитной индукции прямого проводника с током пользуются **правилом буравчика**: если поворачивать головку винта так, чтобы поступательное движение острия винта происходило вдоль тока в проводнике, то направление вращения головки указывает направление линий магнитной индукции поля прямого проводника с током.

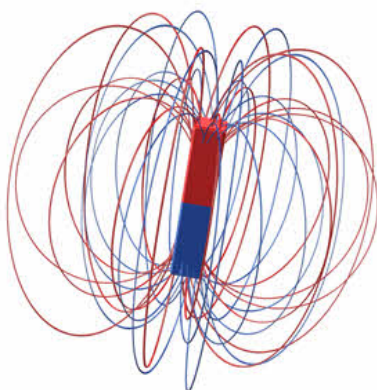


Направление линий магнитного поля можно определить и иначе, например, с помощью **правила правой руки**: если обхватить проводник с током ладонью правой руки так, чтобы отставленный большой палец был сонаправлен с током, то согнутые четыре пальца укажут направление линий магнитного поля.



Линией индукции магнитного поля называют воображаемую линию в пространстве, касательная к которой совпадает с направлением индукции магнитного поля в каждой точке поля.

Исследование различных магнитных полей показало, что линии магнитной индукции в отличие от линий напряжённости электростатического поля являются замкнутыми линиями. Это характерно для любых магнитных полей. **Поля, обладающие таким свойством, называют вихревыми.**

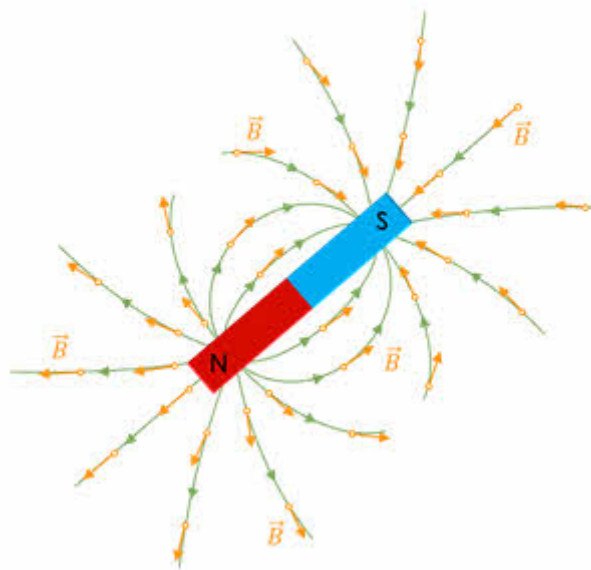


Замкнутость линий магнитной индукции свидетельствует о том, что магнитных зарядов, подобных электрическим в природе нет. Источником магнитного поля являются движущиеся заряды и переменные электрические поля.

Хотя современные научные представления предсказывают существование частицы с магнитным зарядом — **магнитные монополи**. Магнитный монополи можно представлять как отдельно взятый полюс длинного и тонкого постоянного магнита. Однако у всех известных магнитов всегда два полюса, то есть он является диполем. Если разрезать магнит на две части, то у каждой его части по-прежнему будет два полюса. Поэтому магнитные монополи пока экспериментально не наблюдали.

Очевидно, что через любую точку в магнитном поле можно провести только одну линию индукции. Поскольку индукция магнитного поля в любой точке пространства имеет определённое направление, то и направление линии индукции в каждой точке этого поля может быть только единственным.

Это означает, что линии магнитной индукции, так же, как и линии напряжённости электрического поля, не пересекаются.



Определить направление линий индукции магнитного поля прямолинейного проводника с током можно также с помощью **правила правой руки**: если мысленно обхватить проводник правой рукой так, чтобы большой палец указывал направление тока, то остальные пальцы окажутся согнуты в направлении линий магнитной индукции.

На практике часто приходится иметь дело с магнитными полями электрических токов, проходящих по соленоидам. Напомним, что **соленоид** — это цилиндрическая катушка, на которую виток к витку намотан провод.

Для определения направления магнитного поля внутри соленоида можно использовать **правило правой руки**: если ладонью правой руки обхватить катушку с током так, чтобы четыре пальца расположились по направлению тока, то отставленный большой палец укажет направление магнитного поля внутри катушки.

Если длина соленоида много больше его диаметра, то внутри центральной части соленоида линии индукции магнитного поля практически параллельны и направлены вдоль его оси. **Магнитное поле, индукция которого во всех точках одинакова, называют однородным.** Линии индукции такого поля параллельны. Очевидно, что в противном случае поле называют неоднородным.

Таким образом, для определения направления магнитной индукции можно воспользоваться любым из правил, сформулированных нами ранее. Причём, пользуясь правилом буравчика, надо помнить, что **направление тока** — это направление упорядоченного движения положительных зарядов.

Вспомним ещё один важный момент. Для графического обозначения направления тока в проводнике, перпендикулярного плоскости чертежа, пользуются следующим приёмом. Если ток направлен от нас за чертёж, то его обозначают крестиком, если наоборот, то есть из-за чертежа к нам, — то точкой.



Мысленно это можно представить следующим образом: каждый крестик — это как бы видимое нами хвостовое оперение летящей от нас стрелы, а точка — остриё стрелы, летящей к нам.