Между неподвижными электрическими зарядами действуют силы, определяемые законом Кулона. Согласно теории близкодействия каждый из зарядов создаёт электрическое поле, которое действует на другой заряд. Однако между электрическими зарядами могут существовать силы и иной природы. Их можно обнаружить с помощью следующего опыта.

Возьмём два гибких проводника, укрепим их вертикально, а затем присоединим нижними концами к полюсам источника тока (рис. 1.1). Притяжения или отталкивания проводников при этом не обнаружится, так как заряд проводников, полученный от источника, очень мал.

Если теперь другие концы проводников замкнуть проволокой так, чтобы в проводниках возникли токи противоположного направления, то проводники начнут отталкиваться друг от друга (рис. 1.2). В случае же токов одного направления проводники притягиваются (рис. 1.3).

Ток — это направленное движение электрических зарядов, следовательно, взаимодействие проводников зависит от направления их движения.

Магнитными взаимодействиями называют взаимодействия между проводниками с током, т. е. между направленно движущимися электрическими зарядами.

Магнитными силами называют силы, с которыми проводники с током действуют друг на друга.

Магнитное поле. Согласно теории близкодействия подобно тому, как в пространстве; окружающем неподвижные электрические заряды, возникает электрическое поле, в пространстве, окружающем токи, возникает поле, называемое магнитным.

Электрический ток в проводнике создаёт вокруг себя магнитное поле, которое действует на ток в другом проводнике. А поле, созданное электрическим током второго проводника, действует на первый.

Магнитное поле представляет собой особую форму материи. Оно существует реально, независимо от нас, от наших знаний о нём; его нельзя обнаружить нашими органами чувств, а можно лишь с помощью проводников с током или магнитных стрелок.

Опыт показывает, что магнитное поле создаётся не только токами в проводниках. Любое направленное движение электрических зарядов вызывает появление магнитного поля. Так, например, токи в газах, полупроводниках вызывают возникновение в окружающем их пространстве магнитного поля. Направленное смещение связанных электрических зарядов в диэлектрике, помещённом в переменное электрическое поле, также вызывает появление магнитного поля.

Замкнутый контур с током в магнитном поле. Для изучения магнитного поля можно взять замкнутый контур малых (по сравнению с расстояниями, на которых магнитное поле заметно изменяется) размеров. Например, можно взять маленькую плоскую проволочную рамку произвольной формы (рис. 1.4). Подводящие ток проводники нужно расположить близко друг к другу (рис. 1.4, а) или сплести их вместе (рис. 1.4, б). Тогда результирующая сила, действующая со стороны магнитного поля на эти проводники, будет мала по сравнению с силами, действующими на проводники, образующие контур.

Выяснить характер действия магнитного поля на контур с током можно с помощью следующего опыта. Подвесим на тонких гибких проводниках, сплетённых вместе, маленькую плоскую рамку, состоящую из нескольких витков проволоки. На расстоянии, значительно большем размеров рамки, вертикально расположим провод (рис. 1.5, а). Рамка при пропускании электрического тока через неё и через провод поворачивается и располагается так, что провод оказывается в плоскости рамки (рис. 1.5, б). При изменении направления тока в проводе рамка поворачивается на 180°.

Магнитное поле создаётся не только электрическим током, но и постоянными магнитами. Если мы подвесим на гибких проводах плоскую рамку с током между полюсами магнита, то рамка будет поворачиваться до тех пор, пока её плоскость не установится перпендикулярно линии, соединяющей полюсы магнита (рис. 1.6).

Если между полюсами магнита поместить магнитную стрелку, то она также будет поворачиваться и установится определённым образом вдоль линии, соединяющей полюсы магнита (рис. 1.7).

Таким образом, магнитное поле оказывает на рамку с током и на магнитную стрелку ориентирующее действие.

Однородное магнитное поле оказывает на рамку, как показывает опыт, лишь ориентирующее действие. В неоднородном магнитном поле рамка, кроме того, будет двигаться поступательно, притягиваясь к проводнику с током или отталкиваясь от него.

Перечислим основные свойства магнитного поля, которые установлены экспериментально.

1. Магнитное поле порождается электрическим током (направленно движущимися зарядами) и постоянными магнитами.

2. Магнитное поле обнаруживается по действию на электрический ток (на движущиеся заряды) или на магнитную стрелку.

Вектор магнитной индукции.

Векторную характеристику магнитного поля называют вектором магнитной индукции и обозначают буквой В.

За направление вектора магнитной индукции принимается направление, которое показывает северный полюс N магнитной стрелки, свободно устанавливающейся в магнитном поле (рис. 1.8, а).

Это направление совпадает с направлением положительной нормали к замкнутому контуру с током (рис. 1.8, б). Положительная нормаль направлена в ту сторону, куда перемещается буравчик (с правой нарезкой), если вращать его по направлению тока в рамке (рис. 1.8, в). Вектор магнитной индукции в центре рамки совпадает по направлению с положительной нормалью.

Используя рамку с током или магнитную стрелку, можно определить направление вектора магнитной индукции в любой точке поля.

В магнитном поле прямолинейного проводника с током магнитная стрелка в каждой точке устанавливается по касательной к окружности (рис. 1.9). В центре кругового тока магнитная стрелка перпендикулярна плоскости, которой принадлежит этот круговой ток.

Направление вектора магнитной индукции можно определить также с помощью правила буравчика.

Если направление поступательного движения буравчика совпадает с направлением тока в проводнике, то направление вращения ручки буравчика указывает направление вектора магнитной индукции.

Если магнитное поле создано несколькими источниками, то действует принцип суперпозиции полей', индукция В магнитного поля в данной точке при наличии нескольких источников поля с индукциями Вх, В2, ... представляет собой векторную сумму магнитных полей, созданных каждым источником в отдельности: В = Вг + В2 + ... При этом индукция магнитного поля каждого источника определяется так, как будто других источников поля не существует.

Линии магнитной индукции. Наглядную картину магнитного поля можно получить, если построить так называемые линии магнитной индукции. С помощью линий магнитной индукции можно изображать магнитное поле аналогично тому, как мы изображаем силовыми линиями электростатическое поле.

Опыт по определению направления вектора магнитного поля Земли проводит каждый, кто ориентируется на местности по компасу.

Однако линии магнитной индукции, в отличие от линий напряжённости электростатического поля, не являются силовыми линиями.

Линии магнитной индукции — векторные линии, касательные к которым в любой их точке совпадают с вектором В в данной точке поля (рис. 1.10).

Для магнитного поля прямолинейного проводника с током из приведённых ранее опытов следует, что линии магнитной индукции — концентрические окружности, лежащие в плоскости, перпендикулярной этому проводнику с током (см. рис. 1.9).

Центр концентрических окружностей находится на оси проводника. Стрелки на линиях магнитной индукции указывают, в какую сторону направлен вектор магнитной индукции, касательный к данной линии.

На рисунке 1.11 показана картина линий магнитной индукции поля катушки с током (соленоида). Если длина соленоида много больше его диаметра, то магнитное поле внутри соленоида можно считать однородным. Линии магнитной индукции такого поля параллельны и находятся на равных расстояниях друг от друга.

На рисунке 1.12 показаны линии магнитного поля Земли. Линии магнитной индукции поля Земли подобны линиям магнитной индукции поля соленоида.

Магнитный северный полюс N близок к Южному географическому полюсу, а магнитный южный полюс S — к Северному географическому полюсу. Ось такого большого магнита составляет с осью вращения Земли угол 11,5°.

Периодически магнитные полюсы меняют свою полярность. Последняя такая смена произошла около 30 ООО лет назад.

Картину линий магнитной индукции можно сделать видимой, воспользовавшись мелкими железными опилками.

В магнитном поле каждый кусочек железа, насыпанный на лист картона, намагничивается и ведёт себя как маленькая магнитная стрелка. Большое количество опилок позволяет выяснить расположение линий магнитной индукции. Примеры картин магнитного поля приведены на рисунках 1.13—1.16.

Вихревое поле. Важная особенность линий магнитной индукции состоит в том, что они всегда замкнуты.

Вихревыми называют поля с замкнутыми векторными линиями.

Магнитное поле — вихревое поле.

Замкнутость линий магнитной индукции представляет собой фундаментальное свойство магнитного поля. Оно заключается в том, что магнитное поле не имеет разноимённых источников.

Магнитных зарядов, подобных электрическим, в природе не существует.