

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Характеристики магнитного поля

Магнитное поле — поле, существующее вокруг проводников с током и постоянных магнитов, обнаруживаемое по его *силовому действию* на движущиеся электрические заряды, другие проводники с токами и постоянные магниты.

Так, датский физик Эрстед (1820) обнаружил, что **магнитная стрелка** (легкий магнетик, помещенный на острие), расположенная параллельно прямолинейному проводнику (рис. 95, *а*), стремится повернуться перпендикулярно к проводнику с током (рис. 95, *б*). При изменении направления тока к проводнику поворачивается другой конец магнитной стрелки.

А. Ампер (1820) установил, что при пропускании через параллельные проводники токов одинакового направления проводники притягиваются (рис. 96, *а*), при пропускании токов противоположного направления — отталкиваются (рис. 96, *б*).

Рассмотренные опыты Эрстеда и Ампера доказали, что подобно тому как в пространстве, окружающем электрические заряды, возникает электростатическое поле, так и в пространстве, окружающем *токи и постоянные магниты*, возникает силовое поле, называемое **магнитным**. Название «магнитное поле» связывают с ориентацией магнитной стрелки под действием поля, создаваемого током.

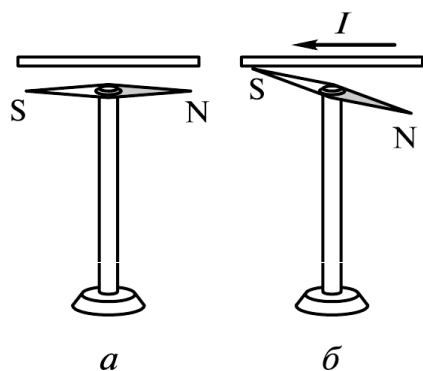


Рис. 95

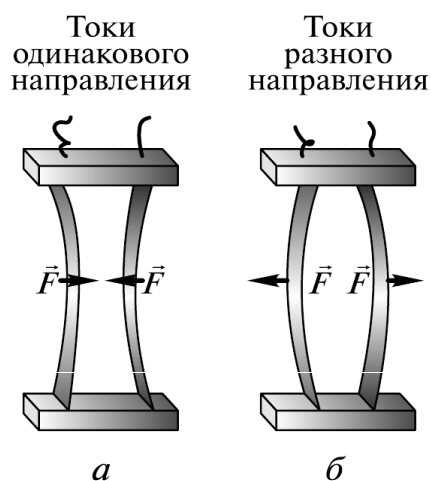


Рис. 96

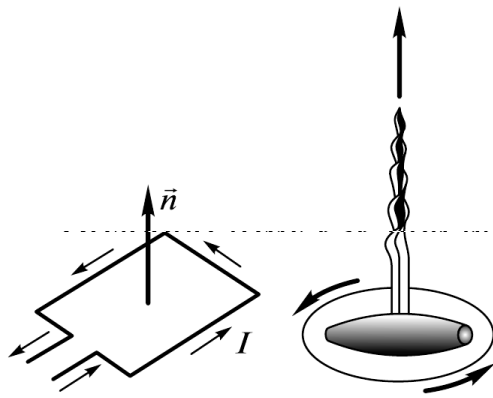


Рис. 97

Важнейшая особенность магнитного поля заключается в том, что *магнитное поле создается только движущимися зарядами и действует только на движущиеся в этом поле электрические заряды*. Электрическое поле создается и действует как на неподвижные, так и движущиеся заряды.

Опытным путем установлено, что характер воздействия магнитного поля на ток различен в зависимости от *формы проводника, по которому течет ток, расположения проводника и направления тока*.

Подобно тому как при исследовании электрического поля применяли точечный заряд (см. § 63), для исследования магнитного поля используется замкнутый *плоский контур с током (рамка с током)*, линейные размеры которого малы по сравнению с расстоянием до токов, образующих магнитное поле. Ориентация контура в пространстве определяется направлением нормали к контуру.

Направление нормали задается **правилом правого винта**: за положительное направление нормали принимается направление поступательного движения винта, головка которого вращается в направлении тока, текущего в рамке (рис. 97).

Если плоский контур с током поместить в однородное магнитное поле, то *положительная нормаль* к контуру устанавливается в определенном направлении, которое принимают за направление магнитного поля в данной точке. Поскольку контур с током испытывает ориентирующее действие поля, то на него в магнитном поле действует пара сил. Вращающий момент сил зависит как от свойств поля в данной точке, так и от свойств рамки и определяется по формуле

$$\vec{M} = [\vec{p}_m, \vec{B}], \quad (84.1)$$

где \vec{p}_m — **вектор магнитного момента рамки с током**; \vec{B} — **вектор магнитной индукции** (количественная характеристика магнитного поля).

Для плоского контура с током I

$$\vec{p}_m = IS\vec{n}, \quad (84.2)$$

где S — площадь поверхности контура (рамки); \vec{n} — единичный вектор нормали к поверхности рамки. Направление \vec{p}_m совпадает с направлением положительной нормали.

Если в данную точку магнитного поля помещать рамки с различными магнитными моментами, то на них действуют разные вращающие моменты, однако отношение $\frac{M_{\max}}{p_m}$ (M_{\max} — максимальный

вращающий момент) для всех контуров одно и то же и поэтому может служить характеристикой магнитного поля, называемой магнитной индукцией:

$$B = \frac{M_{\max}}{p_m}. \quad (84.3)$$

Магнитная индукция в данной точке *однородного* магнитного поля определяется максимальным вращающим моментом, действующим на рамку с магнитным моментом, равным единице, когда нормаль к рамке перпендикулярна направлению поля.

Отметим, что магнитная индукция может быть определена не только по формуле (84.3), но и из закона Ампера [см. (87.2)] и из выражения для силы Лоренца [см. (89.2)].

Магнитное поле — *силовое поле* и его, по аналогии с электрическим, изображают с помощью **линий магнитной индукции** (магнитных силовых линий) — линий, касательные к которым в каждой точке совпадают с направлением вектора \vec{B} . Их направление задается **правилом правого винта**: головка винта, ввинчиваемого по направлению тока, вращается в направлении линий магнитной индукции (рис. 98).

Линии магнитной индукции всегда *замкнуты* (не имеют начала и конца) и охватывают проводники с током. Это означает, что магнитное поле в отличие от электрического не имеет источников — «магнитные заряды» не существуют. **Поле** с замкнутыми линиями индукции называют **вихревым** (в отличие от потенциальных полей, например электростатического поля). Таким образом, *магнитное поле является вихревым*.

Линии магнитной индукции можно «проявить» с помощью железных опилок, намагничивающихся в исследуемом поле и ведущих себя подобно маленьким магнитным стрелкам. На рис. 99 показаны

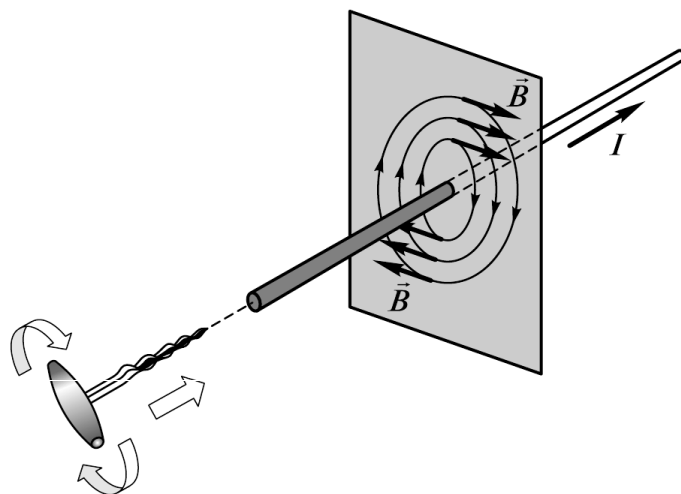


Рис. 98

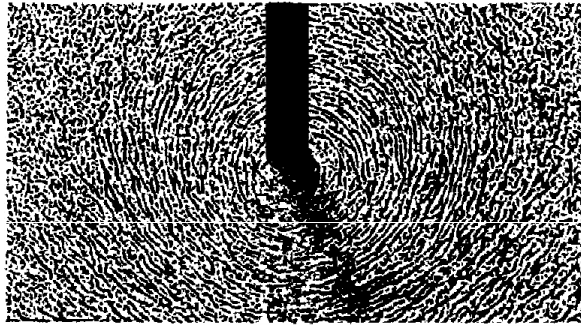


Рис. 99

линии магнитной индукции прямолинейного проводника с током:
они имеют вид окружностей с центром на оси проводника.