

Раздел II. Электричество и магнетизм.

Глава 8. Магнитное поле в вакууме.

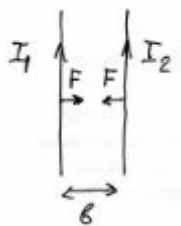
1. Опытные основания существования магнитного поля

а) Опыт Эрстеда 1820 г.



При пропускании тока по проводу магнитная стрелка ориентировалась согласно рисунку.

б) Опыты Ампера 1820 г.



При пропускании тока по параллельным проводам они притягивались $\uparrow\uparrow$ или отталкивались $\uparrow\downarrow$. Сила в расчете на единицу длины провода:

$$\frac{F}{l} \sim \frac{I_1 I_2}{b} \quad (\text{закон Ампера})$$

В СИ
$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi b}$$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$ абсолютная магнитная проницаемость

в) Опыты Био и Савара с проводниками различной формы 1820 г.

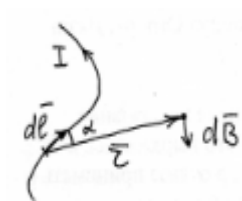
Объяснить эти опыты электрическими силами нельзя, т.к. проводники, магнитные стрелки электрически нейтральны.

Поле, которое создают вокруг себя токи назвали магнитными.

2. Закон Био-Савара-Лапласа

Проанализировав результаты опытов Био и Савара Лаплас пришел к следующему выводу.

Магнитное поле любого тока представляет собой векторную суперпозицию полей, создаваемых отдельными элементами тока. Лаплас предложил формулу для расчета магнитного поля от элемента тока:



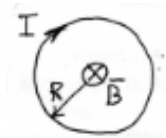
$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{[d\vec{l} \times \vec{r}]}{r^3} \quad d\vec{B} \perp d\vec{l} \text{ и } \vec{r}$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I \sin \alpha dl}{r^2} \quad [\text{Тл}] \text{ (Тесла)}$$

$\vec{B}$ - вектор магнитной индукции, это силовая характеристика магнитного поля

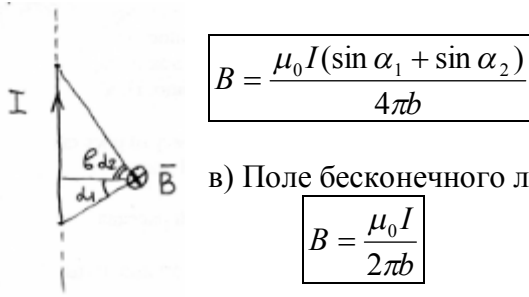
С помощью закона Б-С-Л не сложно рассчитать поля простейших токов:

а) Поле в центре кругового тока.



$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

б) Поле линейного отрезка тока.



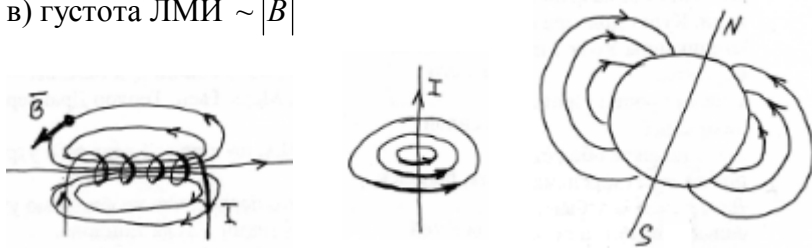
в) Поле бесконечного линейного тока.

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi b}$$

3. Графическое изображение магнитного поля

Магнитное поле графически изображают с помощью линий магнитной индукции. ЛМИ проводятся по следующим правилам:

- а) в каждой точке касательная к ЛМИ совпадает с $\vec{B}$
- б) ЛМИ замкнуты и не пересекаются (следствия отсутствия магнитных зарядов)
- в) густота ЛМИ $\sim |\vec{B}|$



4. Уравнения магнитного поля в вакууме

а) Интегральная форма

$$(1) \oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

Поток магнитной индукции через любую замкнутую поверхность S равен 0 (отсутствие магнитных зарядов).

$$(2) \oint_\Gamma \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum I_i$$

Циркуляция магнитной индукции по любому замкнутому контуру Γ равна алгебраической сумме токов, охватываемых контуром $\times \mu_0$.

б) Дифференциальная форма

Из (1) по т. О-Г $\Rightarrow \operatorname{div} \vec{B} = 0$

Из (2) по т. С $\Rightarrow \operatorname{rot} \vec{B} = \mu_0 \vec{j}$

Вопросы

1. Формула БСЛ?
2. Что такое ЛМИ?
3. Формула для магнитного поля кругового тока.
4. Формула для магнитного поля куска линейного тока.
5. Формула для магнитного поля бесконечного линейного тока.
6. Нарисовать ЛМИ для линейного тока, соленоида, Земли.
7. Уравнение магнитного поля в вакууме в интегральной форме.
8. Уравнение магнитного поля в вакууме в дифференциальной форме.