

Теорема о циркуляции вектора индукции магнитного поля. Магнитное поле соленоида и тора. Магнитный поток. Магнитное поле постоянного тока

**Магнитное поле** — особый вид материи, посредством которого осуществляется взаимодействие между движущимися заряженными частицами.  
Магнитное поле создается движущимися электрическими зарядами.  
Взаимодействие магнитной стрелки с проводником на малом расстоянии открыл Г.Х. Эрнест в 1820 году.  
При замыкании цепи магнитная стрелка отклонялась.

Свойства магнитного поля:

- 1. Магнитное поле материально: оно существует независимо от нас, от наших знаний о нем
- 2. Магнитное поле обладает определенными свойствами, которые могут быть найдены экспериментально

Силовая характеристика магнитно поля — **вектор магнитной индукции**  $\vec{B}$  ,  $[B]=Tл$  .  
**Направление вектора магнитной индукции** — направление нормали к поверхности, где расположена рамка с током, то есть в сторону поступательного движения правого буравчика при вращении по направлению тока в рамке.  
Это же направление покажет северный полюс магнитной стрелки.  
В магнитном поле прямолинейного проводника с током устанавливается по касательной к окружности с центром в проводнике. В данном случае буравчик должен двигаться в направлении тока, а вращение покажет направление вектора магнитной индукции.

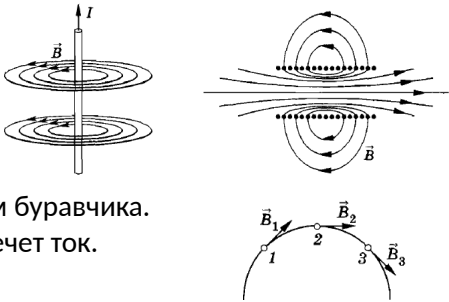
Принцип суперпозиции

Если в данной точке пространства различные токи создают магнитные поля, то результирующая магнитная индукция в этой точке равна векторной сумме магнитных индукций всех токов.

**Линии магнитной индукции** — линии, касательные к которым в каждой точке сонаправлены с вектором магнитной индукции.

Свойства линий магнитной индукции:

- 1. Силовые линии всегда замкнуты.
- 2. Касательные в любой точке характеризуют направление  $\vec{B}$  .
- 3. Направление индукции магнитного моля и силы тока связаны правилом буравчика.
- 4. Плоскость силовых линий перпендикулярна проводнику, по которому течет ток.
- 5. Силовые линии симметрично охватывают проводник.

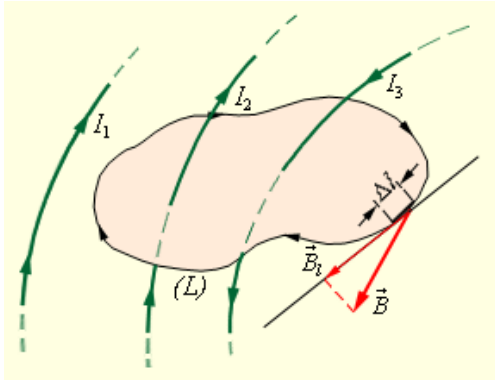


Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции

Пусть в пространстве, где создано магнитное поле, выбран условный замкнутый контур и указано положительное направление его обхода. Определим на каждом малом участке контура касательную составляющую  $B_i$  вектора магнитной индукции  $\vec{B}$  , то есть спроектируем вектор индукции на направление касательной к данному участку.

**Циркуляция вектора магнитной индукции**  $\vec{B}$  — сумма произведений  $B_i$  , взятую по всему контуру L.  $\Gamma = \sum_L B_i dl$  .

**Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции** — циркуляция вектора  $\vec{B}$  магнитного поля постоянных токов по любому контуру L равна произведению магнитной постоянной  $\mu_0$  на сумму всех токов, пронизывающих контур, взятых с соответствующим знаком.



$$\Gamma = \sum_L B_i dl = \mu \mu_0 \cdot \sum I_j \text{ или } \Gamma = \oint_L \vec{B} d\vec{l} = \mu \mu_0 \cdot \sum I_j$$

Знак	0	+	-
Условие	Если ток не пронизывает поверхность	Если направление совпадает с направлением большого пальца правой руки, когда направлением 4 пальцев совпадает с положительным направлением на контуре.	Если направление противоположно направлению большого пальца правой руки, когда направлением 4 пальцев совпадает с положительным направлением на контуре.

В данном случае:  $\Gamma = \mu \mu_0 (I_3 - I_2)$  .

## Применение

Проводник

Формула

Схема

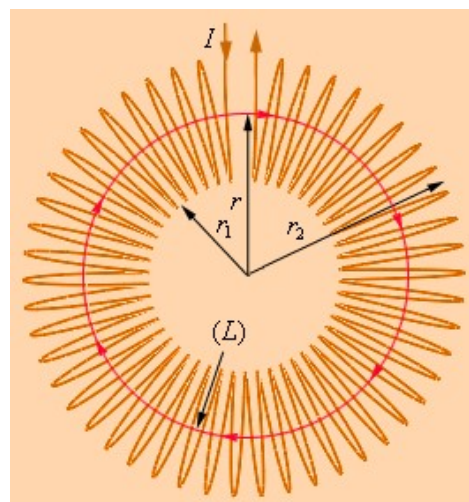
Тороидальная катушка

Предположим, что катушка плотно намотана на немагнитный тороидальный сердечник. Линии магнитной индукции представляют собой концентрические окружности (как L). Вектор магнитной индукции равен по всей длине L, из-за симметрии. Тогда по теореме  $B \cdot 2 \pi r = \mu_0 I N$ , N - полное число витков.

$$B = \frac{\mu_0 I N}{2 \pi r} = \mu_0 I n, \text{ где } n = \frac{N}{2 \pi r} - \text{число}$$

витков на единицу длины катушки.

Последнее выражение не содержит радиуса тора, поэтому оно справедливо для бесконечно большого.



Соленоид

Соленоид — часть тороидальной катушки с бесконечно большим радиусом.

Для бесконечного соленоида: выделим контур  $abcd$ . Не нулевое значение проекции вектора магнитной индукции будет только на участке  $ab$ .

Тогда  $\Gamma = B l_{ab}$ , число витков, пронизывающих контур равно  $l_{ab} \cdot n$ , где  $n = \frac{N}{2 \pi r}$  - число

витков на единицу длины катушки. По теореме  $B l_{ab} = \mu_0 I n l_{ab}$ .

$B = \mu_0 I n$  - совпадает с прошлой формулой.

