

# 1. Магнитное поле. Основные законы.

**Магнитное поле** - особый вид материи, посредством которого осуществляется взаимодействие движущихся зарядов, электрических токов и постоянных магнитов.

Источниками магнитного поля являются **движущиеся электрические заряды (токи)**.

Магнитное поле возникает в пространстве, окружающем проводники с током.

# Вектор магнитной индукции $\vec{B}$

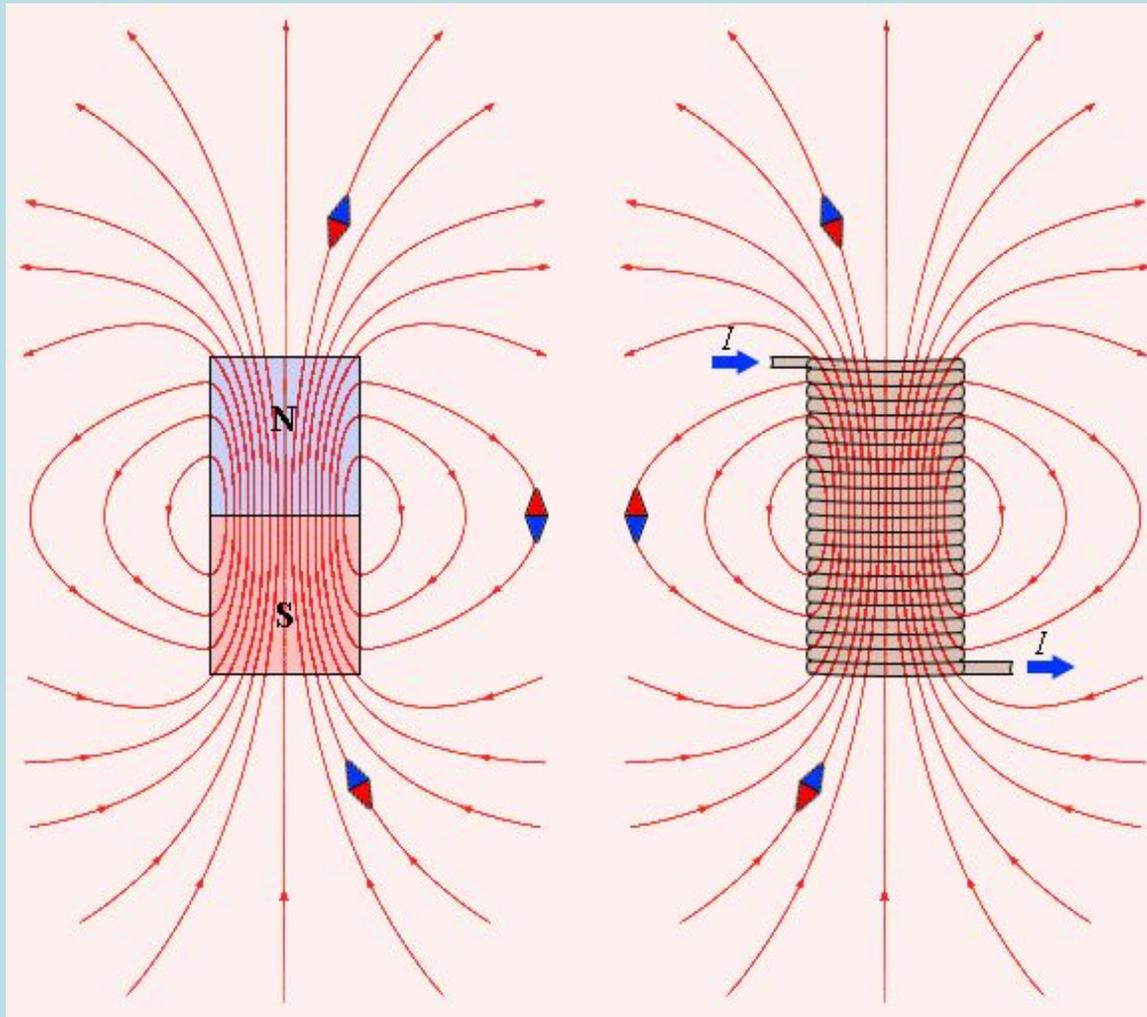
Является силовой характеристикой магнитного поля подобно вектору напряженности электрического поля  $E$ .

**Направление вектора  $B$**  совпадает с направлением силы, действующей на северный полюс магнитной стрелки или с направлением нормали маленькой рамки с током, находящихся в данной точке поля.

**Рамка с током** – это замкнутый плоский контур (из проводника), по которому течет электрический ток.

**Направление нормали рамки** определяется правилом правого винта или правого буравчика.

# Магнитное поле постоянного магнита и катушки с ТОКОМ



**Линии магнитной индукции** – линии, проведенные в магнитном поле так, что вектор  $B$  в каждой точке линии направлен по касательной к ней.

- **Линии магнитной индукции всегда замкнутые.**
- **Магнитное поле вихревое.**
- **Северный полюс** постоянного магнита, катушки с током, витка с током – полюс, из которого **выходят** линии магнитной индукции.
- **Южный полюс** – полюс, в который **входят** линии магнитной индукции.

# Закон Ампера

- **Элементарная сила  $dF$** , с которой магнитное поле действует на элемент проводника с током прямо пропорциональна силе тока в проводнике  $I$ , длине элемента проводника  $dL$  и индукции магнитного поля  $B$ .
- **Определяется выражением:**

$$d\vec{F} = I \cdot d\vec{l} \times \vec{B}$$

Модуль силы Ампера  $dF = I \cdot B \cdot dL \cdot \sin \alpha$

$dF$  – сила Ампера

$I$  - сила тока в проводнике

$dL$  – элемент проводника

$B$  - модуль индукции магнитного поля

$\alpha$  - угол между векторами индукции  $B$  и  $dL$

# Модуль вектора индукции магнитного поля

Это величина, равная отношению максимальной силы  $dF_{\text{макс}}$ , действующей со стороны магнитного поля на элемент проводника с током, к произведению силы тока  $I$  и длины элемента проводника  $dL$

$$B = \frac{1}{I} \cdot \frac{dF_{\text{макс}}}{dL}$$

Единица измерения в Си - 1 Тл (тесла)

$$1 \text{ Тл} = 1 \text{ Н} / \text{А} \cdot \text{М}$$

**Формула для силы Ампера, действующей на  
прямолинейный проводник с током, находящийся в  
однородном магнитном поле**

$$F = I \cdot B \cdot L \cdot \sin\alpha$$

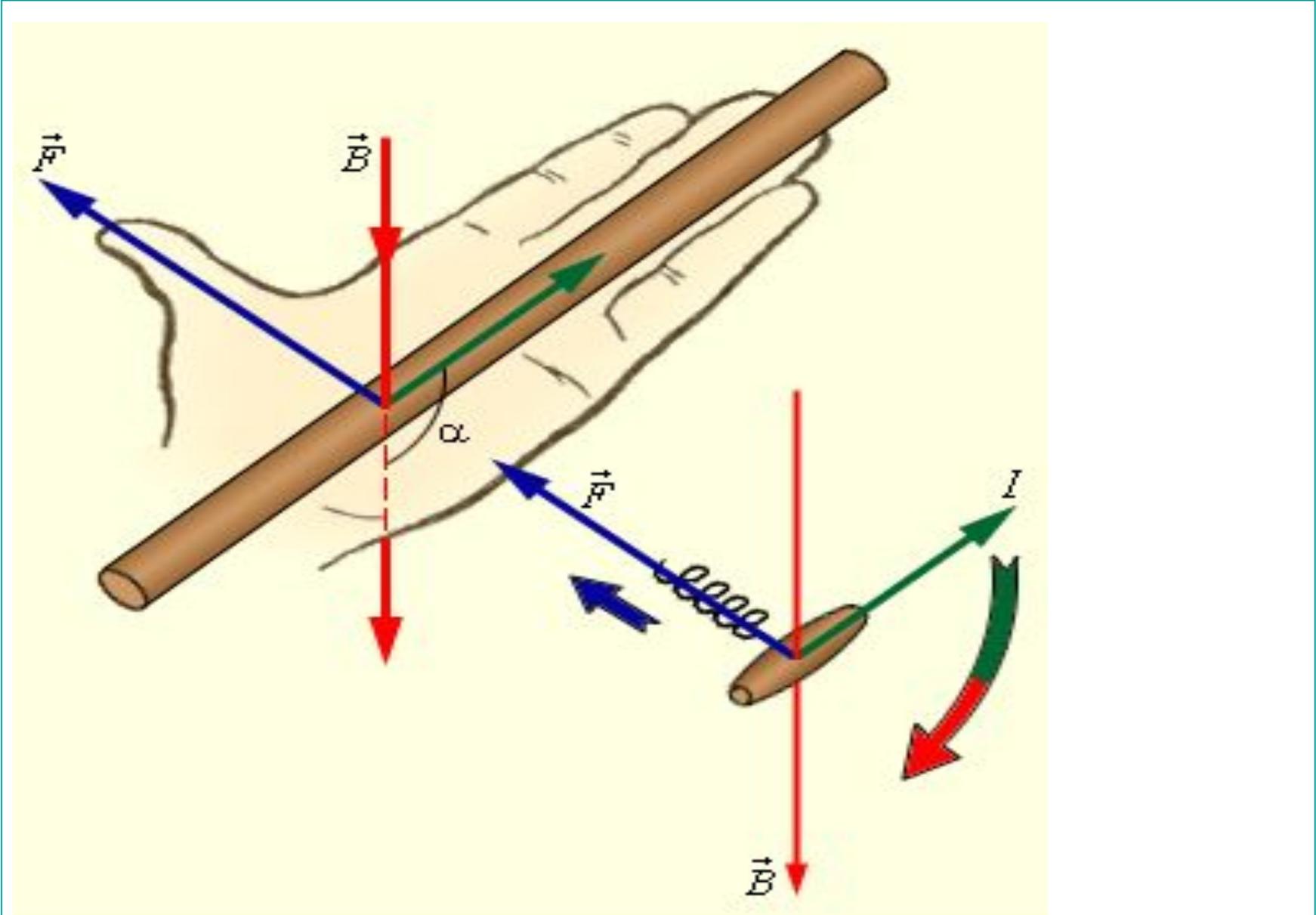
**$F$**  - сила Ампера

**$I$**  - сила тока

**$B$**  - модуль индукции магнитного поля

**$L$**  - длина проводника

**$\alpha$**  - угол между вектором индукции  **$B$**  и направлением тока в проводнике

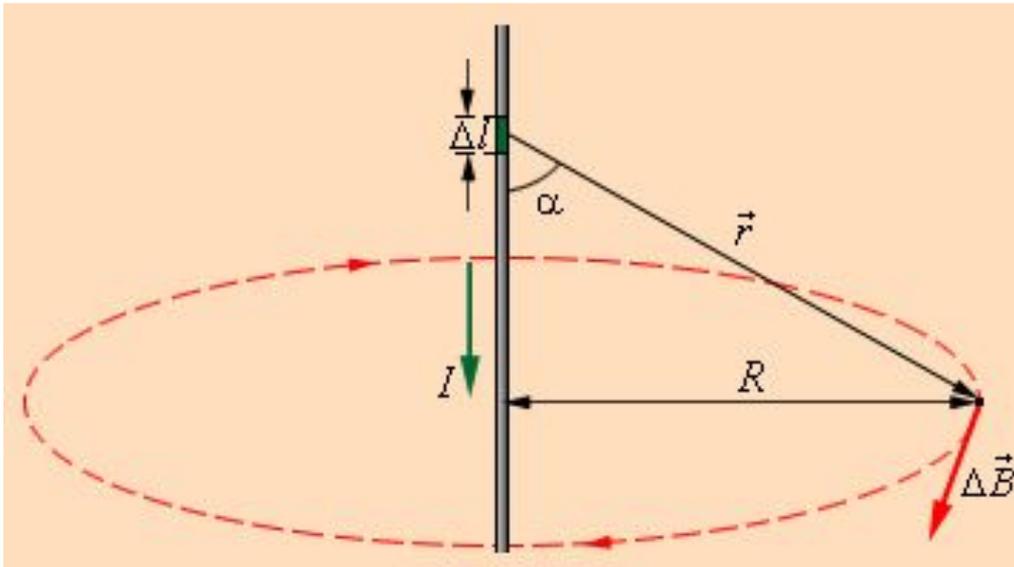


## Правило левой руки

- Ладонь левой руки расположить так, чтобы в неё входил вектор магнитной индукции  $B$  (линии индукции магнитного поля), а четыре вытянутых пальца расположить по направлению тока в проводнике, тогда отогнутый на  $90^\circ$  большой палец покажет направление силы Ампера  $F$ .

## Закон Био – Савара - Лапласа

$$d\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$



$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$  –  
магнитная постоянная

$\mu$  - магнитная  
проницаемость среды

## Модуль вектора магнитной индукции $B$

$$dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot dl \cdot \sin\alpha}{r^2}$$

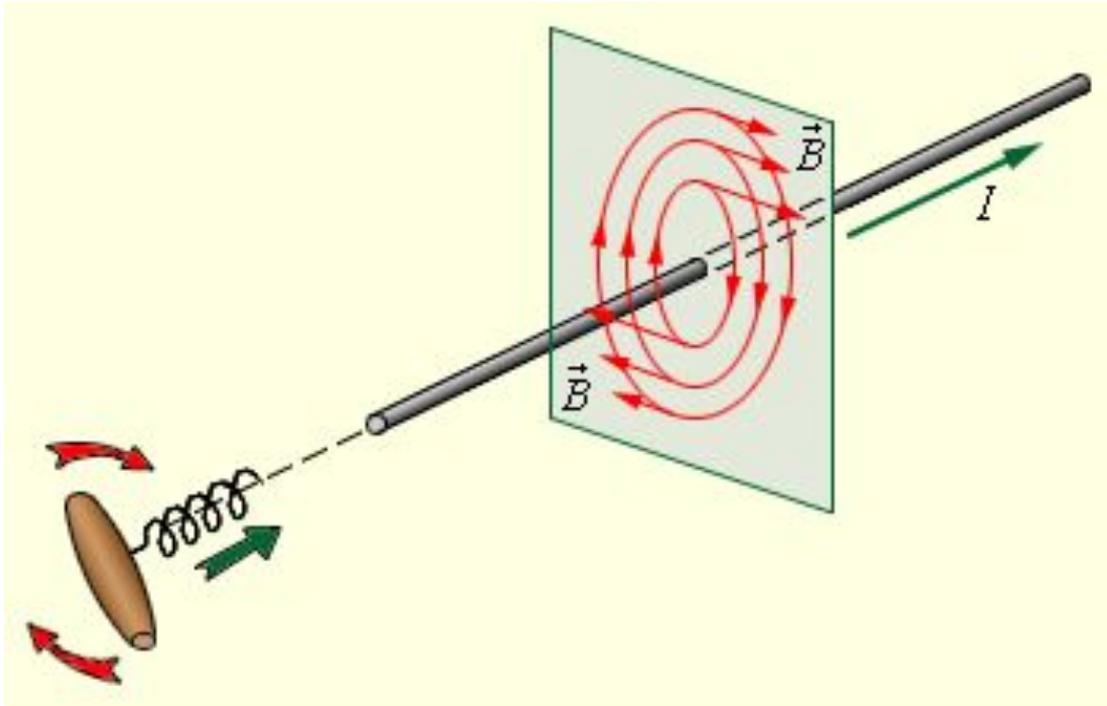
$\alpha$  - угол между векторами  $dl$  и  $r$

# Принцип суперпозиции магнитных полей

- Если магнитное поле создается несколькими проводниками с током, то индукция результирующего поля равна векторной сумме индукций магнитных полей, создаваемых каждым проводником с током в отдельности.

$$\vec{B} = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i$$

# Магнитное поле прямолинейного проводника с током (прямого тока)



$$B = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2I}{R}$$

$I$  - сила тока

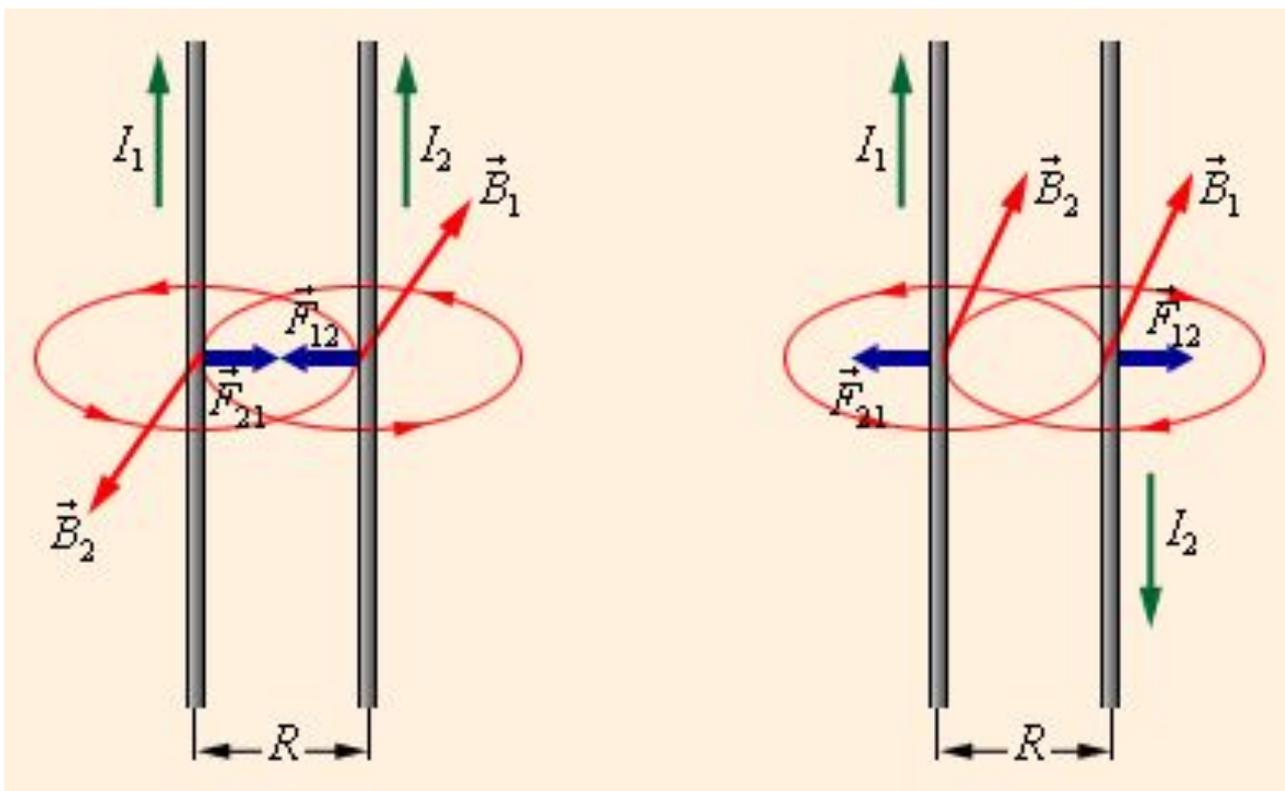
$R$  - расстояние  
до точки поля

## Правило правого винта или правого буравчика для прямого тока

- Направление вращения конца рукоятки буравчика совпадает с направлением вектора магнитной индукции  $d\mathbf{B}$  (*магнитного поля*), если поступательное движение буравчика совпадает с направлением тока в проводнике

Взаимодействие токов вызывается их магнитными полями.  
Магнитное поле одного тока действует силой Ампера на другой ток и наоборот.

- Магнитное взаимодействие параллельных и антипараллельных токов.



# Сила взаимодействия параллельных ТОКОВ

$$dF = \frac{\mu\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{R} \cdot dl$$

# Магнитное поле Земли

