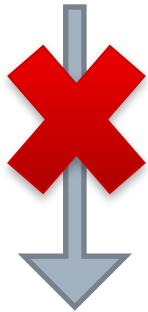


---

# **ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕМЫ МАГНИТОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ**

---

1. Теорема Гаусса



Поле потенциально?



Существуют источники (стоки) линий индукции (магнитные заряды)?



2. Теорема о циркуляции

# 1. ТЕОРЕМА ГАУССА

Отсутствие в природе магнитных зарядов приводит к тому, что линии **магнитной индукции замкнуты**.

Поэтому поток вектора магнитной индукции через любую замкнутую поверхность равен нулю (т. Гаусса).

$$\Phi_B = \oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

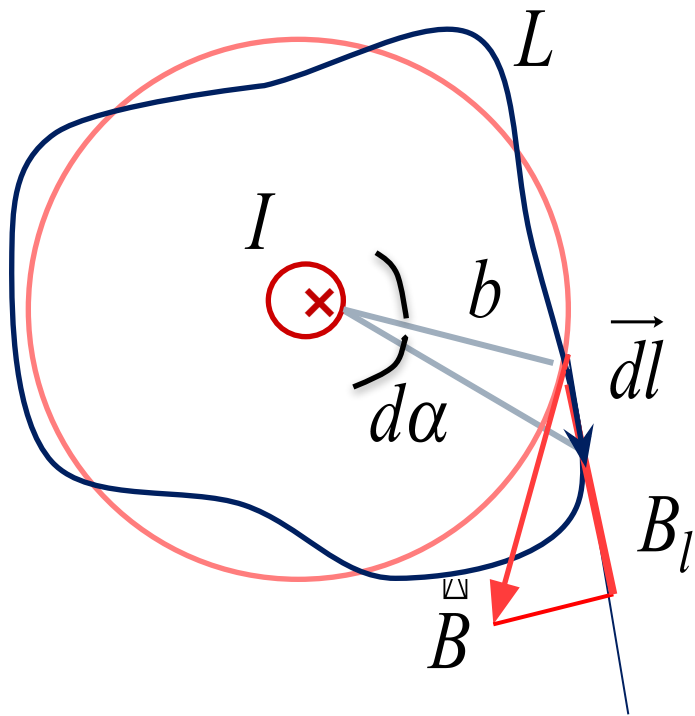
ИФ

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = \int_V (\nabla \cdot \vec{B}) dV \Rightarrow$$

$$(\nabla \cdot \vec{B}) = 0$$

ДФ

## 2. ЦИРКУЛЯЦИЯ ДЛЯ ПОЛЯ ПРЯМОГО ТОКА



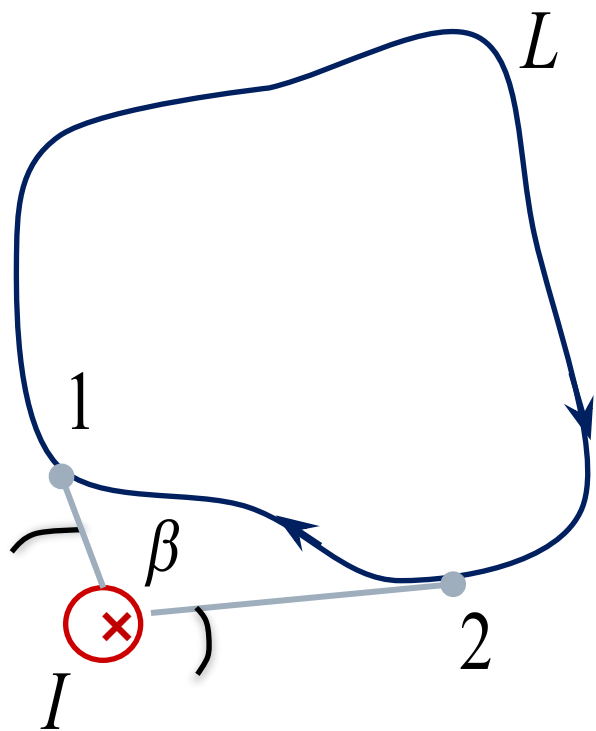
$$\oint_{L} \vec{B} d\vec{l} = B_l dl = B dl_B = \frac{\mu_0 I}{2\pi b} b d\alpha$$

$$\oint_{L} \vec{B} d\vec{l} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \oint_{L} d\alpha$$

$$\oint_{L} d\alpha = 2\pi \Rightarrow$$

$$\oint_{L} \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 I$$

## 2. ЦИРКУЛЯЦИЯ ДЛЯ ПОЛЯ ПРЯМОГО ТОКА (ток вне контура)



$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \oint_L d\alpha = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \left( \int_1^2 d\alpha + \int_2^1 d\alpha \right) =$$

$$= \frac{\mu_0 I}{2\pi} (\beta - \beta) = 0$$

$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = 0$$

Таким образом, если ток **не** охватывается контуром, циркуляция вектора  $\vec{B}$  вдоль этого контура равна нулю!

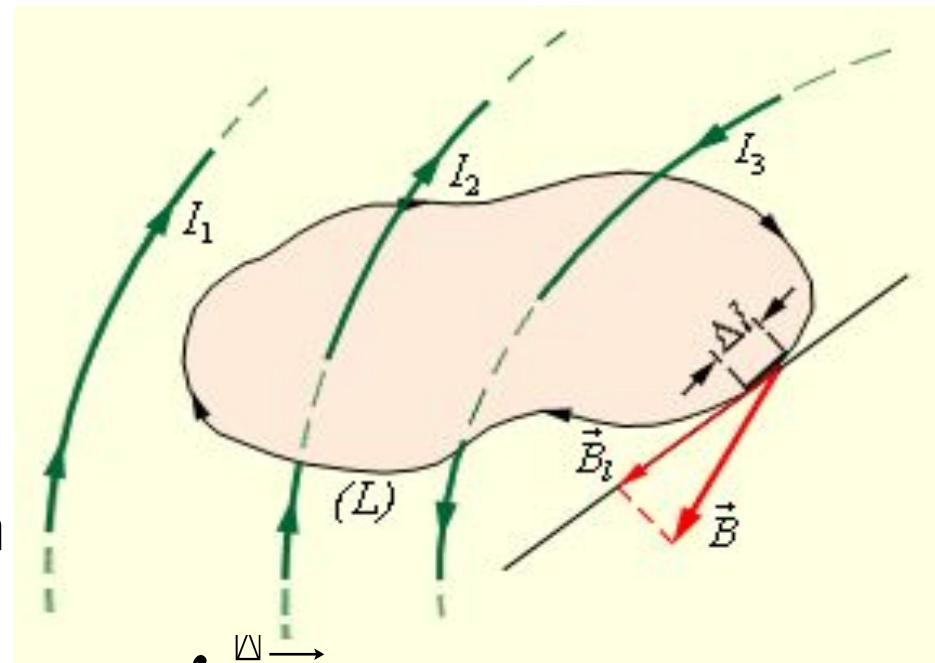
# 3. ТЕОРЕМА О ЦИРКУЛЯЦИИ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \sum_{i=1}^N I_i$$

## Циркуляция вектора магнитной индукции

вдоль любого замкнутого контура **пропорциональна алгебраической сумме токов, охватываемых** ЭТИМ контуром.

**Пояснение:**  $I_3$  берется со знаком «+», так как составляет с обходом контура правовинтовую систему, соответственно  $I_2$  - «-»



$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I_3 - I_2)$$

# 4. РОТОР ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \sum_{i=1}^N I_i$$

$$\sum_{i=1}^N I_i = \int_S \vec{j} d\vec{S} \Rightarrow$$

$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \int_S \vec{j} d\vec{S}$$

$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \int_S [\nabla \vec{B}] d\vec{S}$$

$$\int_S [\nabla \vec{B}] d\vec{S} = \mu_0 \int_S \vec{j} d\vec{S} \Rightarrow$$

$$[\nabla \vec{B}] = \mu_0 \vec{j}.$$

# 5. СРАВНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И МАГНИТНОГО ПОЛЕЙ

$$\oint_S \vec{E} dS = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$\nabla E = \frac{\rho}{\epsilon_0};$$

$$\oint_L \vec{E} dl = 0$$

$$[\nabla \vec{E}] = 0$$

$$\oint_S \vec{B} dS = 0$$

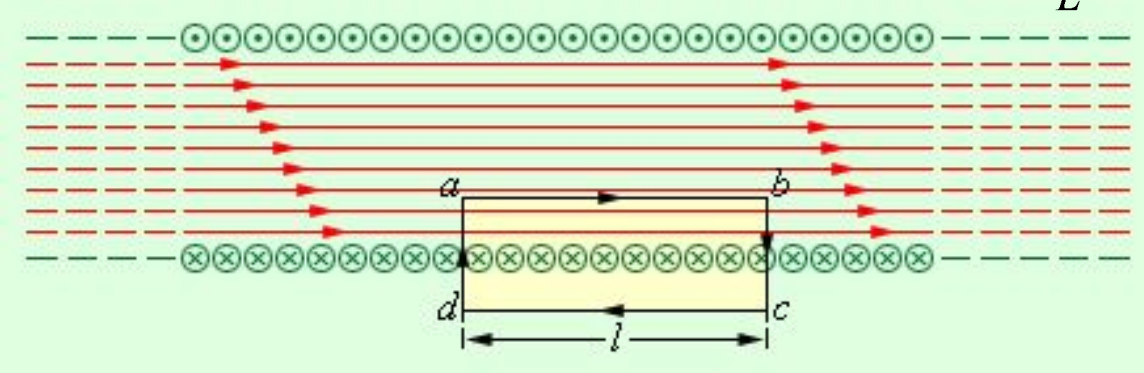
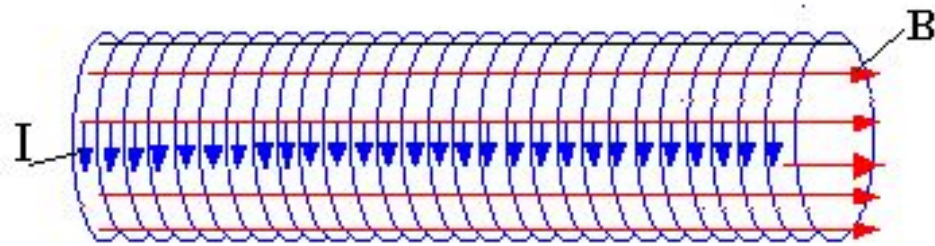
$$\nabla \vec{B} = 0;$$

$$\oint_L \vec{B} dl = \mu_0 \sum_{i=1}^N I_i$$

$$[\nabla \vec{B}] = \mu_0 \vec{j}.$$



# 6. ПОЛЕ ДЛИННОГО СОЛЕНОИДА



$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \sum_{i=1}^N I_i$$

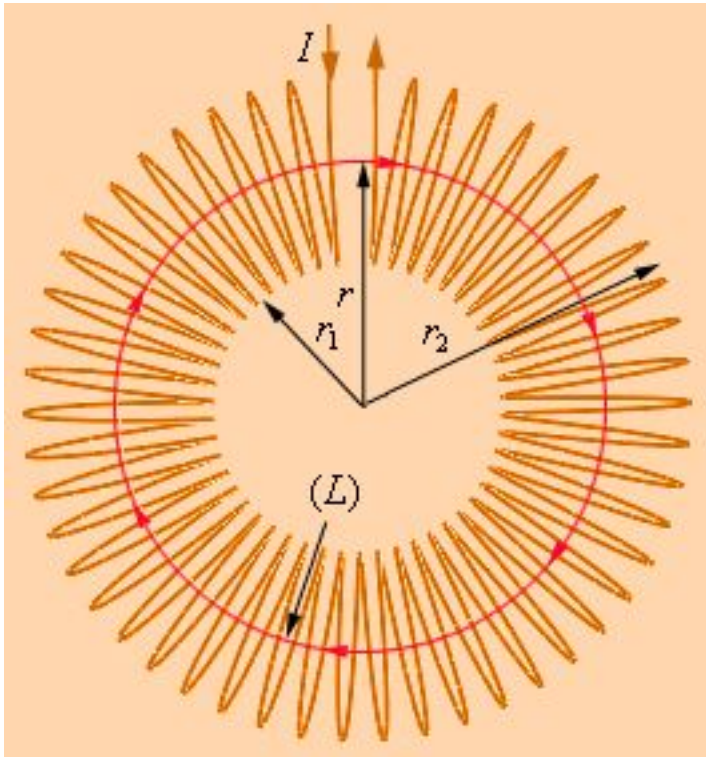
$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \int_a^b B_l dl + \int_b^c B_l dl +$$

$$+ \int_c^d B_l dl + \int_d^a B_l dl = \int_a^b B_l dl = Bl$$

$$\sum_{i=1}^N I_i = NI \Rightarrow Bl = \mu_0 NI \Rightarrow$$

$$B = \frac{\mu_0 NI}{l} = \mu_0 nI$$

# 7. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ТОРОИДА



$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \sum_{i=1}^N I_i \quad \vec{B} d\vec{l} = B dl;$$

$$r = const \Rightarrow B(r) = const \Rightarrow$$

$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \oint_L B dl = B \oint_L dl = B 2\pi r \Rightarrow$$

$$B 2\pi r = \mu_0 IN \Rightarrow$$

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{NI}{r};$$

$$B_{\max} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{NI}{r_1}; \quad B_{\min} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{NI}{r_2}.$$