



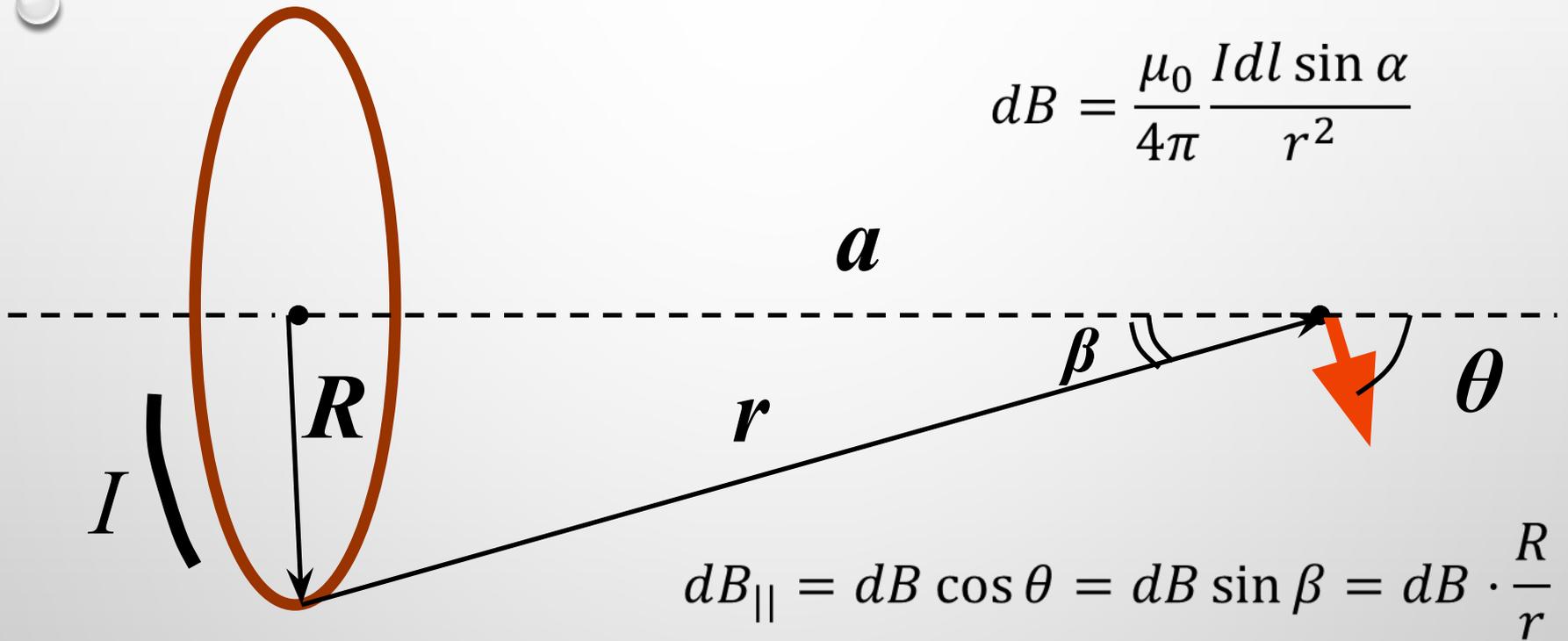
ЛЕКЦИЯ 6

Магнитное поле

ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ МАГНИТОСТАТИКИ В ВАКУУМЕ



МАГНИТНОЕ ПОЛЕ НА ОСИ КРУГОВОГО ВИТКА С ТОКОМ

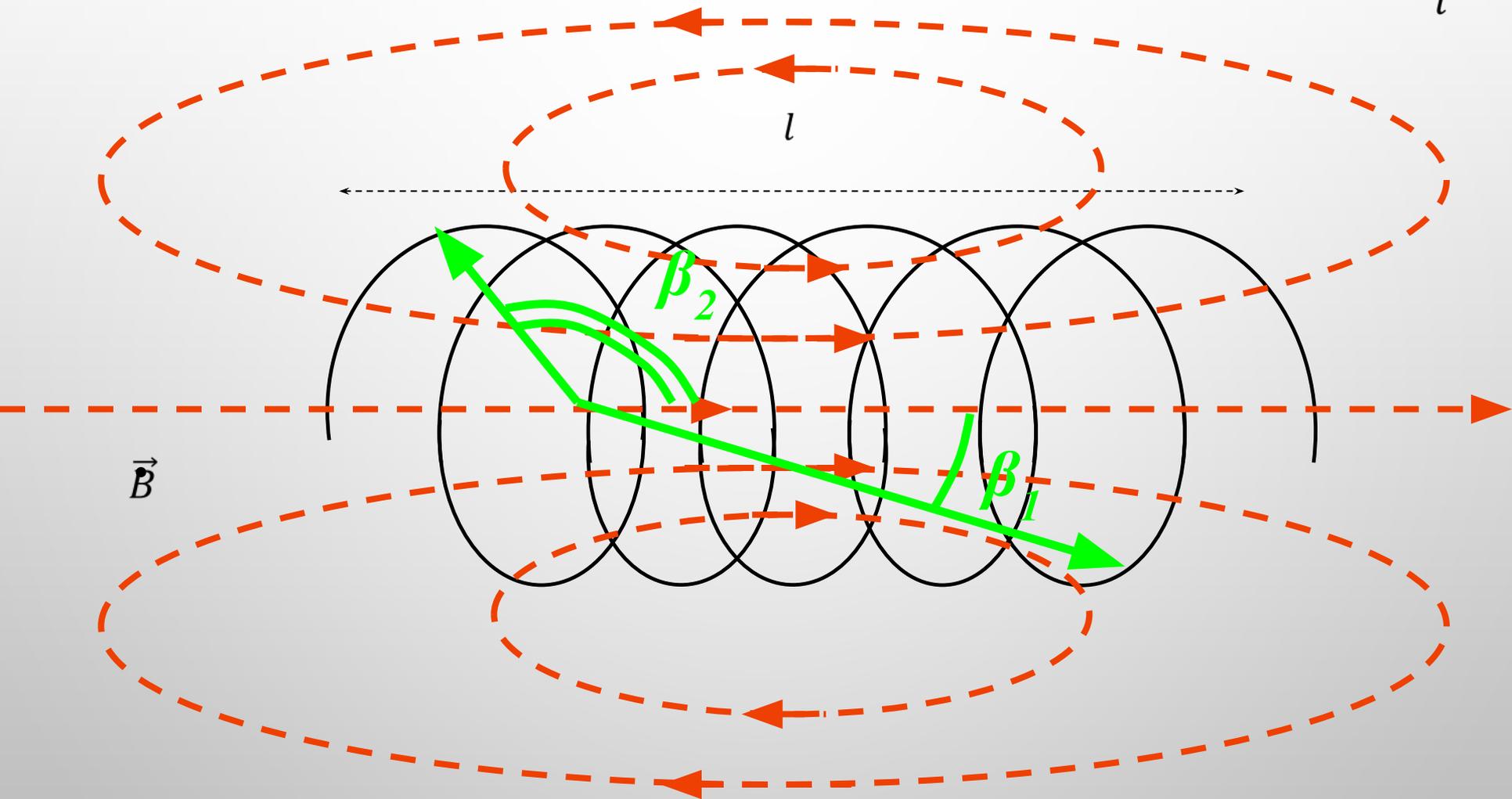


$$B = \int dB_{\parallel} = \frac{\mu_0 IR}{4\pi r^3} \int_0^{2\pi R} dl = \frac{\mu_0 IR^2}{2 r^3}$$

$$B = \frac{\mu_0 IR^2}{2 (R^2 + a^2)^{3/2}}$$

ПОЛЕ НА ОСИ СОЛЕНОИДА КОНЕЧНОЙ ДЛИНЫ

Плотность намотки $n = \frac{N}{l}$



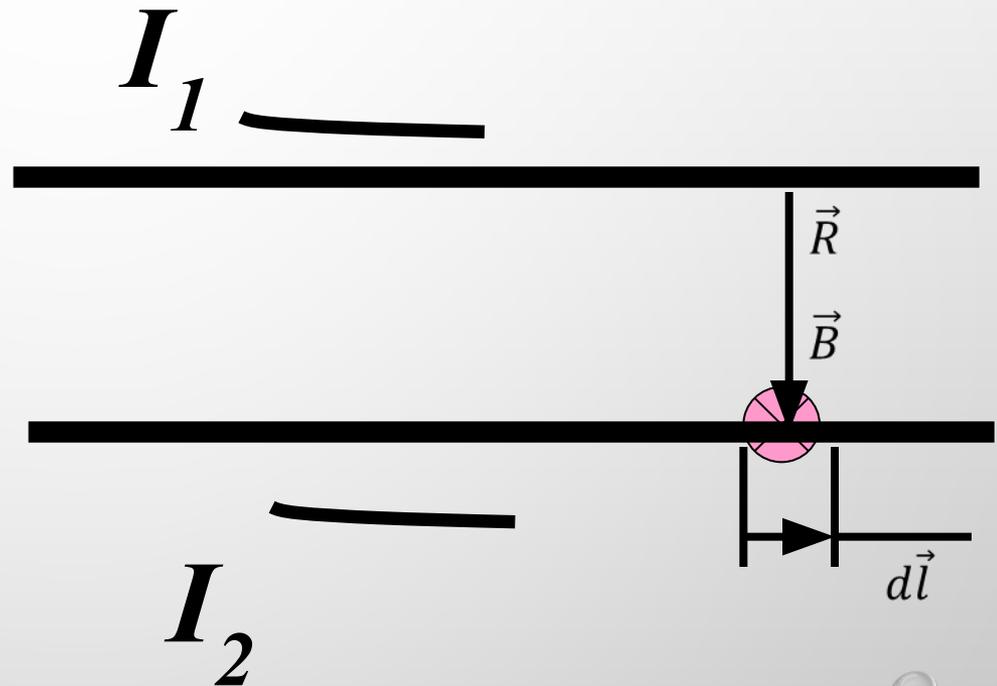
$$B = \frac{\mu_0 n I}{2} \cdot |\cos \beta_1 - \cos \beta_2|$$

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ БЕСКОНЕЧНОГО ПРЯМОГО ТОКА

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I_1}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

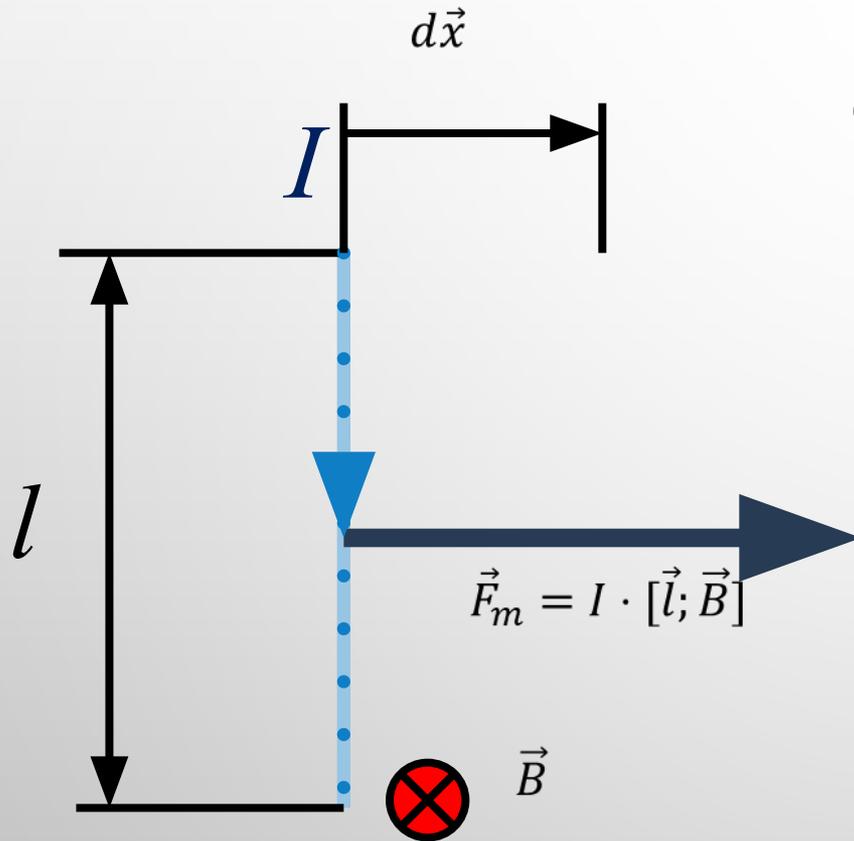
$$d\vec{F}_m = I_2 \cdot [d\vec{l}; \vec{B}] \text{ — закон Ампера}$$

$$\frac{dF_m}{dl} = I_2 \cdot B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{R^2}$$



1 А – сила такого тока, при протекании которого по двум параллельным бесконечно длинным проводникам между этими проводниками возникает сила, равная $2 \cdot 10^{-7}$ Н на каждый метр длины.

РАБОТА МАГНИТНОЙ СИЛЫ



$$d\vec{F}_m = I \cdot [d\vec{l}; \vec{B}] - \text{закон АМПЕРА}$$

$$A_m = \int dA_m = \int_S I \cdot \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

$$dA_m = \vec{F}_m d\vec{x} = I \cdot [\vec{l}; \vec{B}] d\vec{x} = I \cdot \vec{B} \cdot [\vec{l}; d\vec{x}] = I \cdot \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

РАБОТА МАГНИТНОЙ СИЛЫ И ПОТОК ВЕКТОРА МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

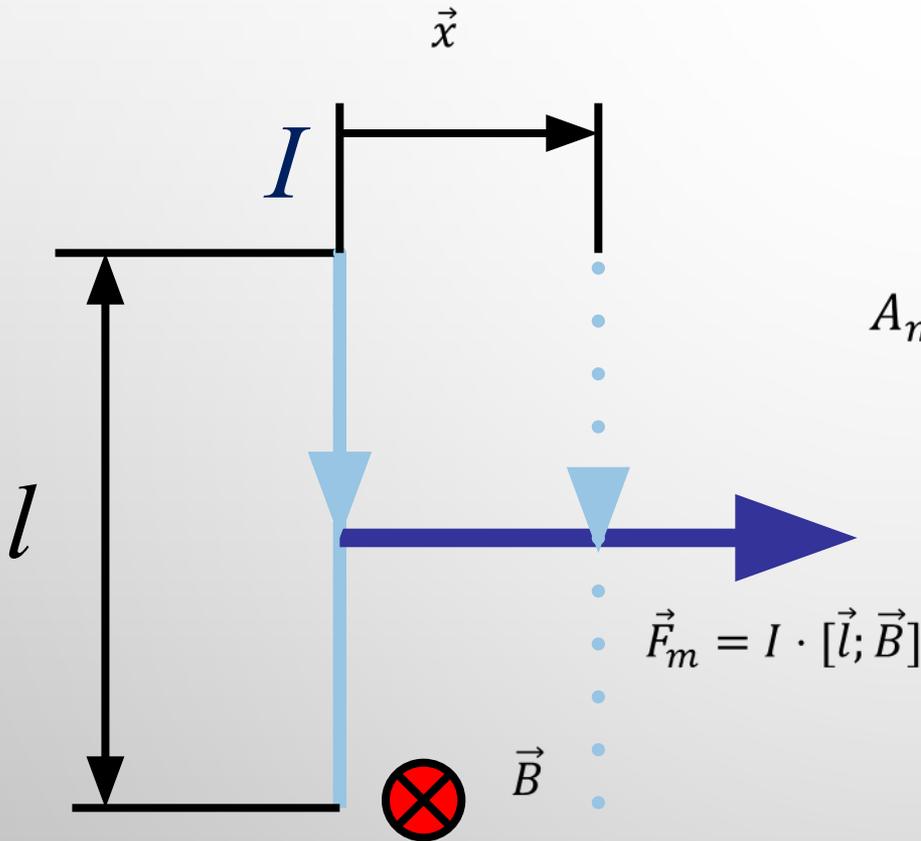
$$dA_m = I \cdot \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

$$d\Phi_B = \vec{B} \cdot d\vec{S} \text{ — магнитный поток}$$

$$[\Phi_B] = 1 \text{Тл} \cdot \text{м}^2 = 1 \text{Вб}$$

$$dA_m = I \cdot d\Phi_B$$

РАБОТА МАГНИТНОЙ СИЛЫ



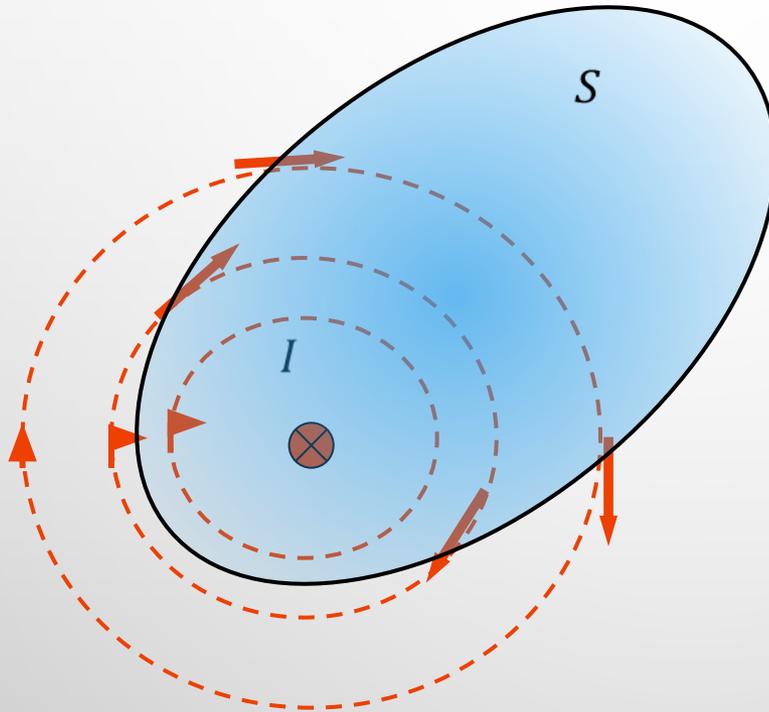
$$A_{m1} = \int dA_m = \int_x I \cdot \vec{B} \cdot l \cdot d\vec{x}$$

$$A_{m2} = \int dA_m = \int_{-x} I \cdot \vec{B} \cdot l \cdot d\vec{x} = -A_{m1}$$

$$A_m = A_{m1} + A_{m2} = 0$$

- МАГНИТНАЯ СИЛА - НЕКОНСЕРВАТИВНАЯ
- НЕТ ПОНЯТИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ
- НЕТ ПОНЯТИЯ СКАЛЯРНОГО ПОТЕНЦИАЛА

ПОТОК ВЕКТОРА МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ



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

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = \int \operatorname{div} \vec{B} dV$$

$$\operatorname{div} \vec{B} = 0$$

Поля, **силовые линии которых замкнуты**, называются **вихревыми** или **соленоидальными**
Магнитное поле – вихревое

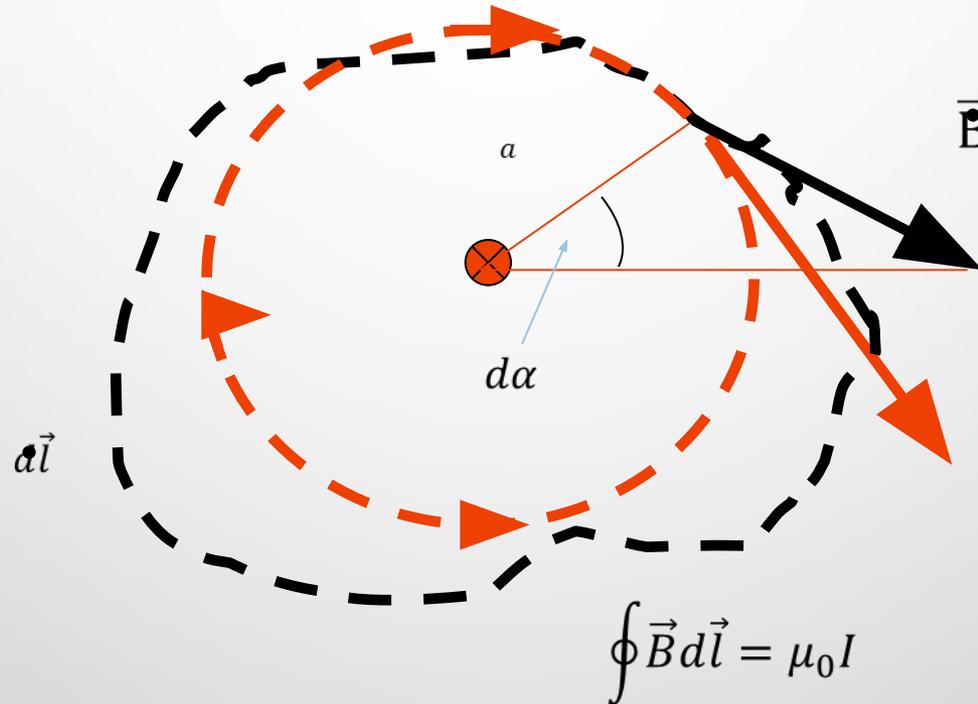
ЦИРКУЛЯЦИЯ ВЕКТОРА МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

$$B_{\infty} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$$

$$\vec{B}d\vec{l} = B a d\alpha$$

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

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

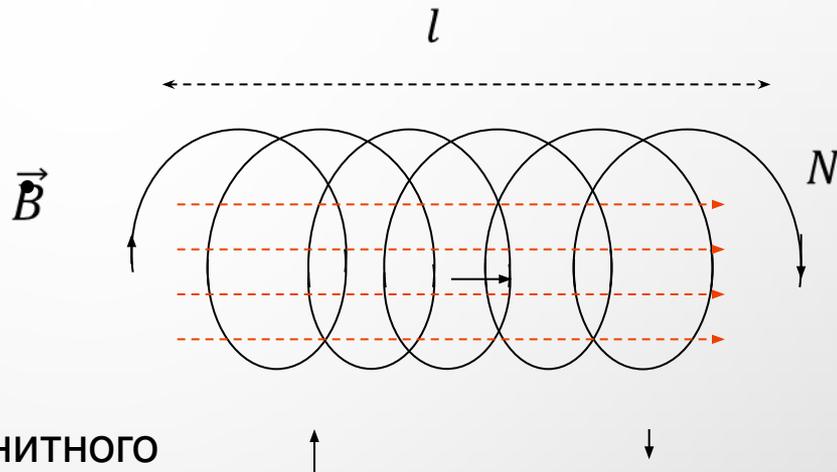


$$\oint \vec{B}d\vec{l} = \mu_0 I$$

$$\text{rot} \vec{B} = [\vec{\nabla}, \vec{B}] = \mu_0 \vec{j}$$

ПОЛЕ БЕСКОНЕЧНО ДЛИННОГО СОЛЕНОИДА

Плотность намотки $n = \frac{N}{l}$



Используя теорему о циркуляции магнитного поля

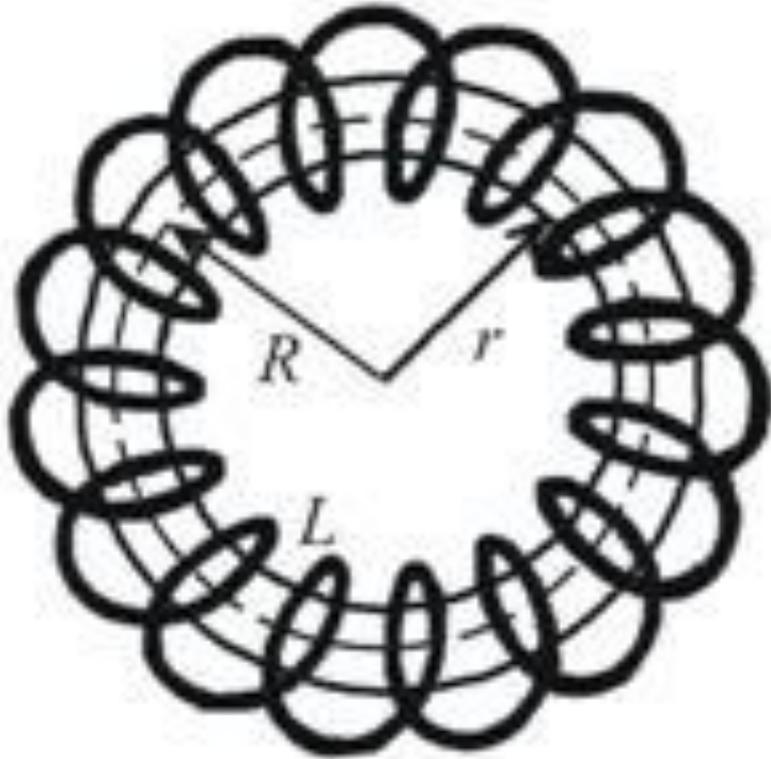
$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \sum I_i$$

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \int_1^2 \vec{B} d\vec{l} + \int_2^3 \vec{B} d\vec{l} + \int_3^4 \vec{B} d\vec{l} + \int_4^1 \vec{B} d\vec{l} = \int_1^2 \vec{B} d\vec{l} + \int_2^3 \vec{B} d\vec{l} - \int_2^3 \vec{B} d\vec{l} = \int_1^2 \vec{B} d\vec{l} = Bl$$

$$\mu_0 \sum I_i = \mu_0 n l I$$

$$B = \mu_0 n I$$

ПОЛЕ ТОРОИДА



$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = B \cdot L = B \cdot 2 \cdot \pi \cdot r$$

$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \cdot I \cdot N = \mu_0 \cdot I \cdot n \cdot 2 \cdot \pi \cdot R$$

$$B = \mu_0 n I \cdot \frac{R}{r}$$

$$B'_{\text{в центре}} = \frac{\mu_0 I}{2R}$$