

A photograph of a large industrial machine, possibly a lathe or a grinding mill, in a factory. The machine has a large, multi-tiered cylindrical body with various components and a complex arrangement of pipes and cables. It is surrounded by a red metal frame and a yellow safety railing. The background shows a white wall with a grid pattern and a control panel with many buttons and switches.

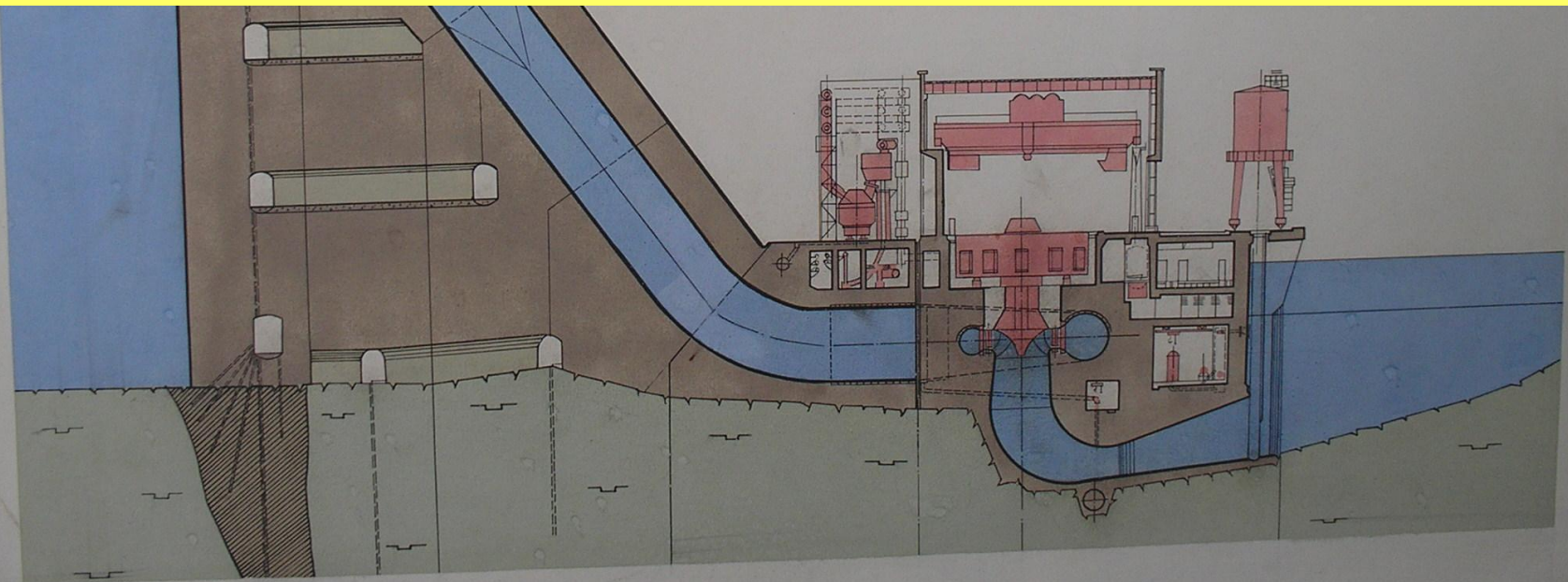
Введение в направление

*проф. Целебровский Юрий Викторович
Консультации – понедельник, 17⁰⁰-18⁰⁰,*

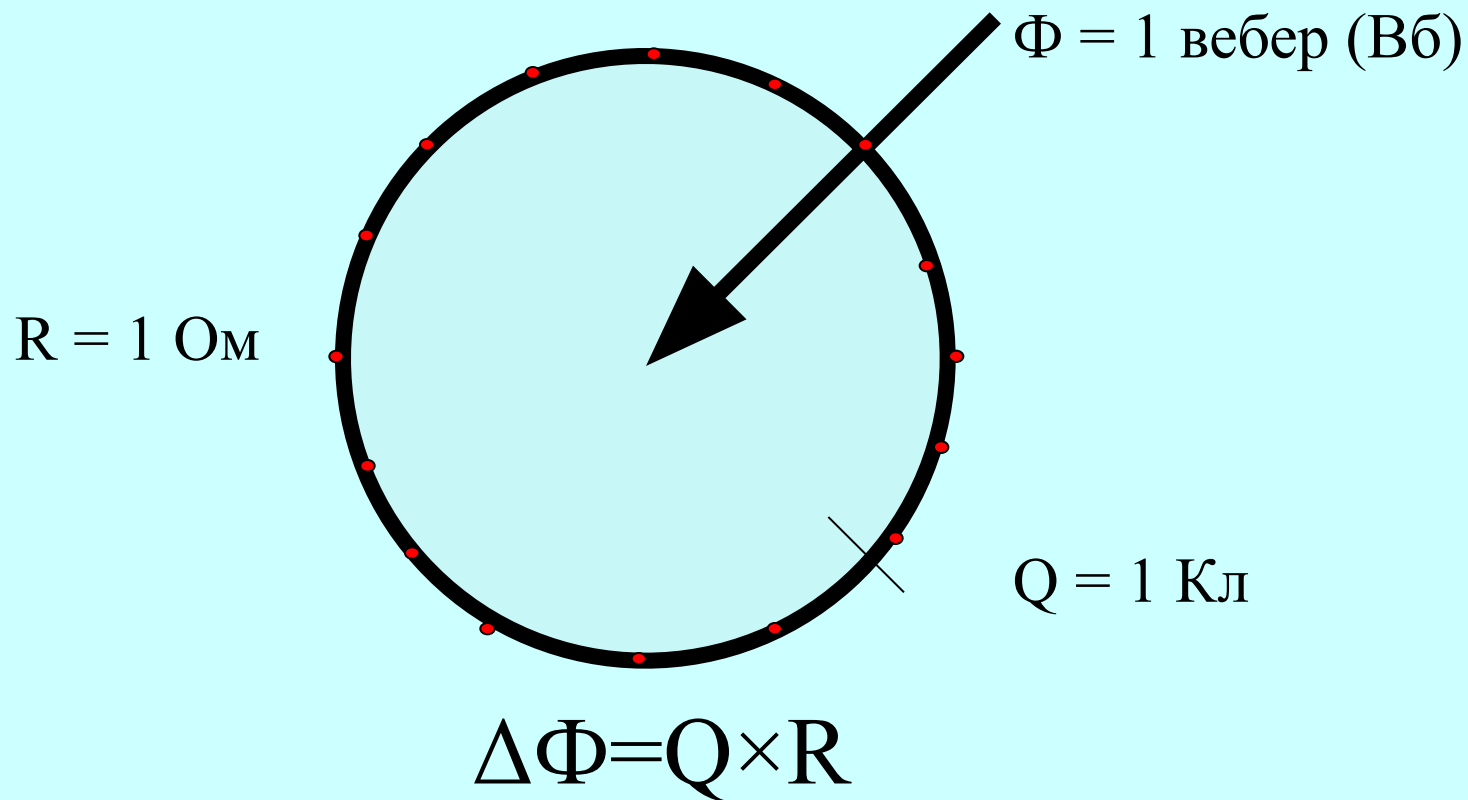
И-415

БЕТОННАЯ ПЛОТИНА И ЗДАНИЕ
ГЭС
ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРЕЗ

Закон
электромагнитной индукции



Магнитный поток - Φ

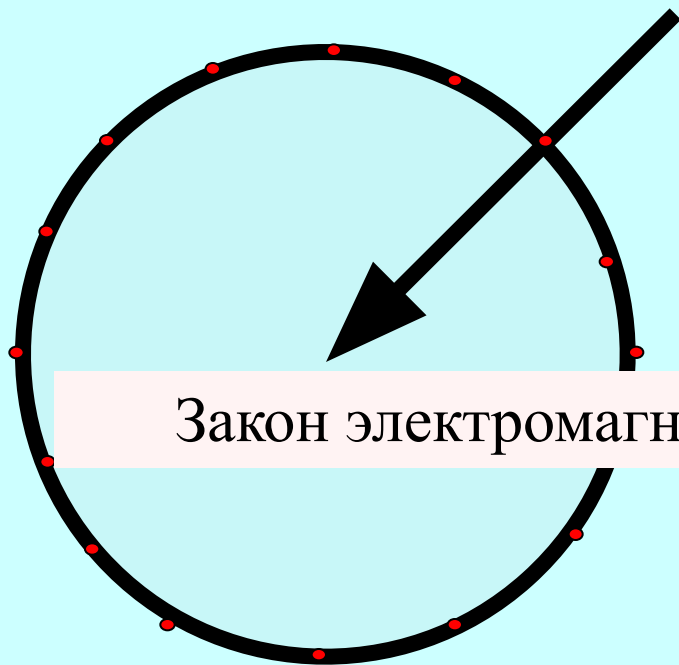


Закон электромагнитной индукции (по Фарадею, Генри)

Закон электромагнитной индукции (по Фарадею, Генри)

$$\Delta\Phi=Q\times R$$

Изменение на 1 вебер магнитного потока, пронизывающего замкнутый проводящий контур с сопротивлением 1 Ом, вызывает протекание через поперечное сечение этого контура заряда в 1 кулон

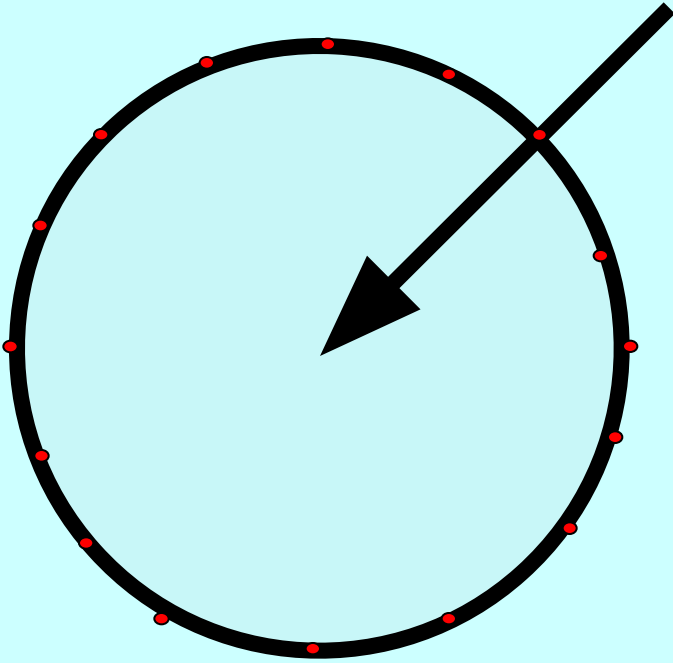


Закон электромагнитной индукции (по Максвеллу)

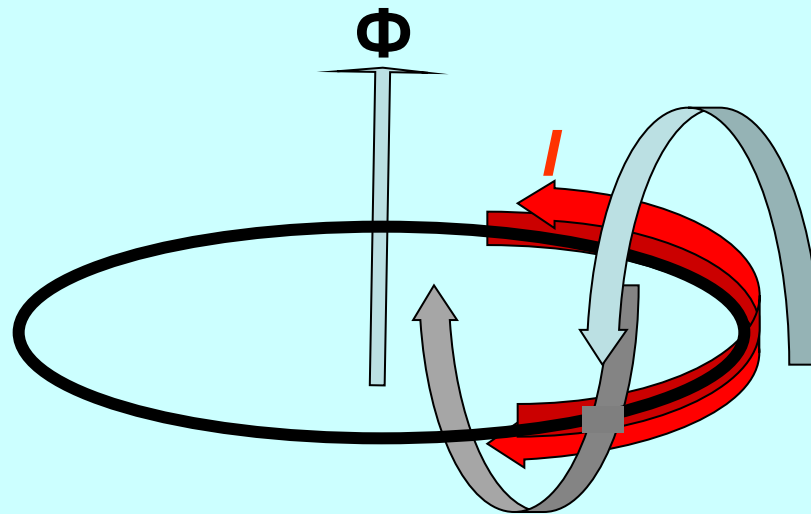
$$\Delta\Phi = Q \times R = I \times \Delta\tau \times R \Rightarrow \frac{\Delta\Phi}{\Delta\tau} = I \times R; \Rightarrow \frac{\Delta\Phi}{\Delta\tau} = U(\text{ЭДС})$$

$$\text{ЭДС} = - \frac{d\Phi}{d\tau}$$

Закон электромагнитной индукции (по Максвеллу)



В электропроводящем контуре эта ЭДС создаёт ток, магнитный поток которого препятствует изменению возбуждающего магнитного потока. (правило Ленца)



Магнитный поток
самоиндукции

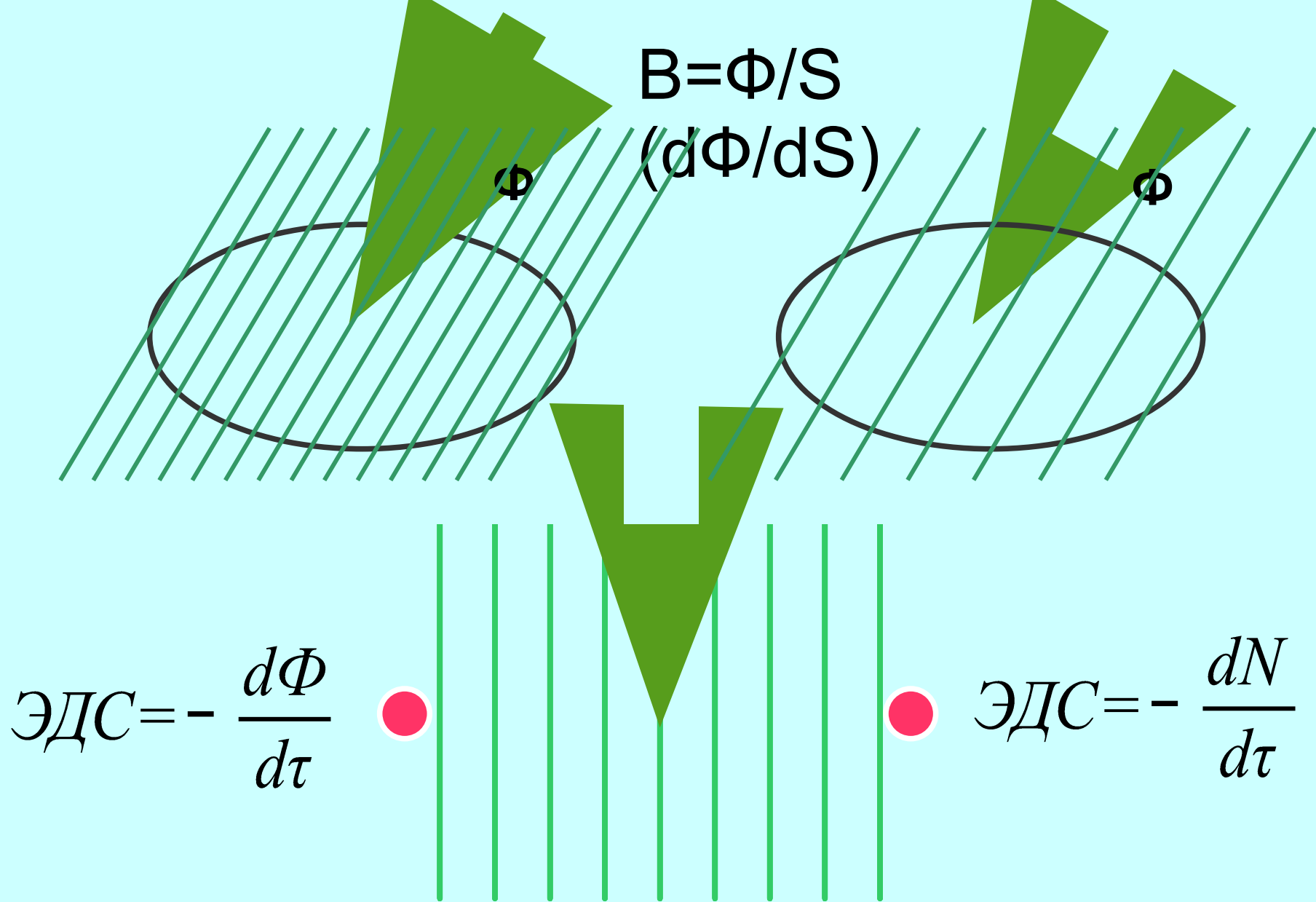
Закон электромагнитной индукции

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

Электродвижущая сила, возникающая в контуре прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока, проходящего перпендикулярно поверхности, охваченной этим контуром

При изменении во времени магнитного поля в том же пространстве появляется связанное с ним электрическое поле.

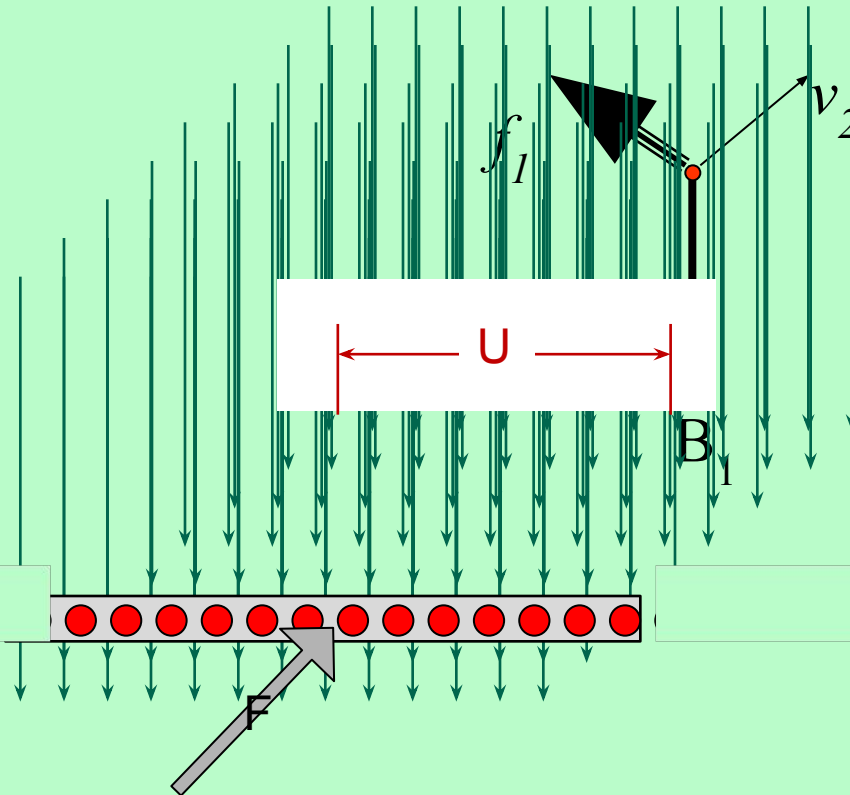
При этом электрическое напряжение вдоль любого замкнутого контура равно ЭДС, индуцируемой в этом контуре.



Электродвижущая сила, индуцируемая в контуре, равна скорости пересечения контуром единичных линий магнитной индукции (с обратным знаком)

Закон электромагнитной индукции

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{d\tau}$$



$$U_{av} = v \cdot B \cdot l_a$$

$$\mathcal{E} U_{av} = E \cdot l_{av}$$

$$E = v \cdot B$$

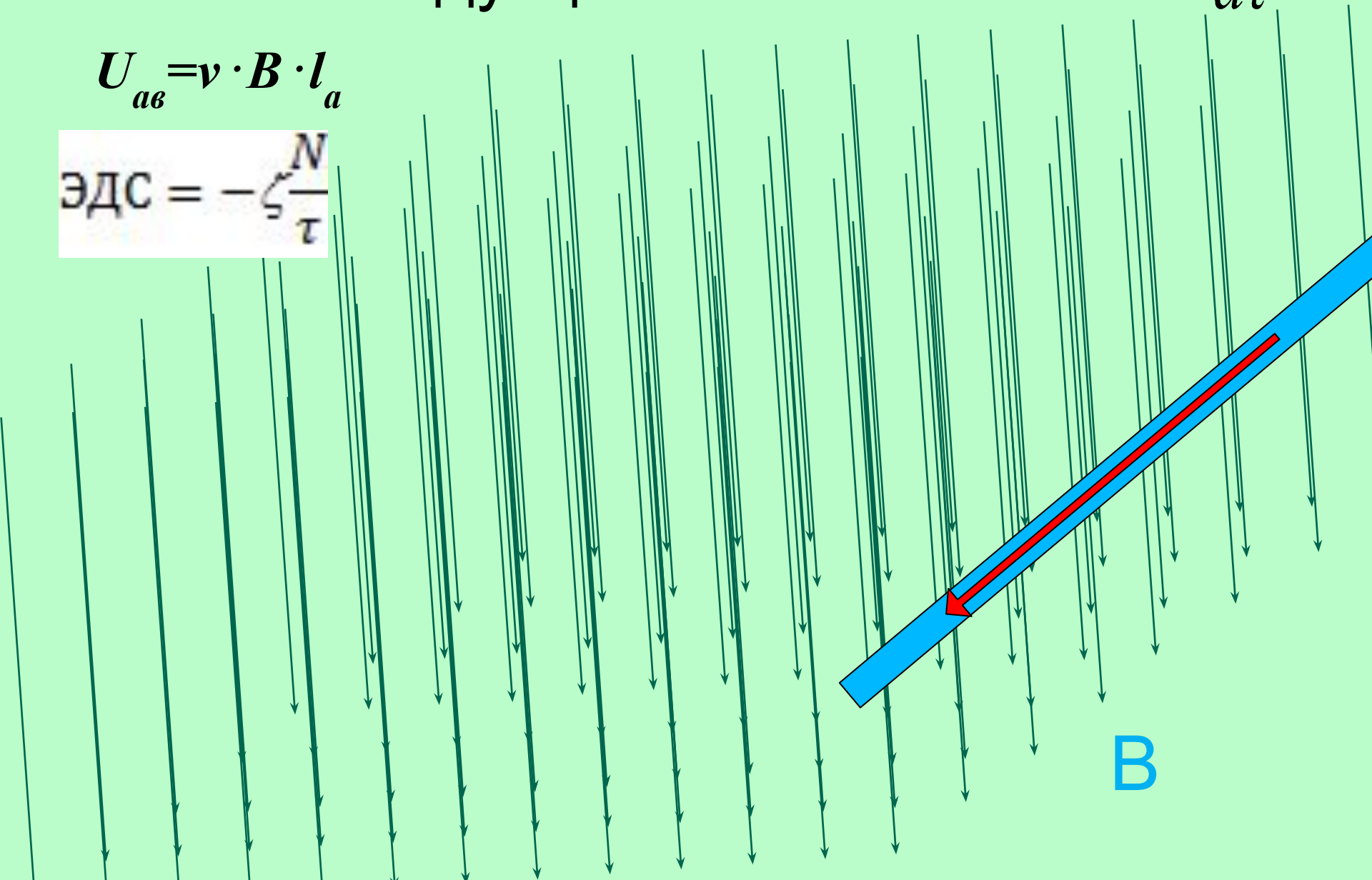
* Направление вектора определяется по правилу буравчика

Закон электромагнитной индукции

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

$$U_{av} = v \cdot B \cdot l_a$$

$$\mathcal{E} = - \zeta \frac{N}{\tau}$$

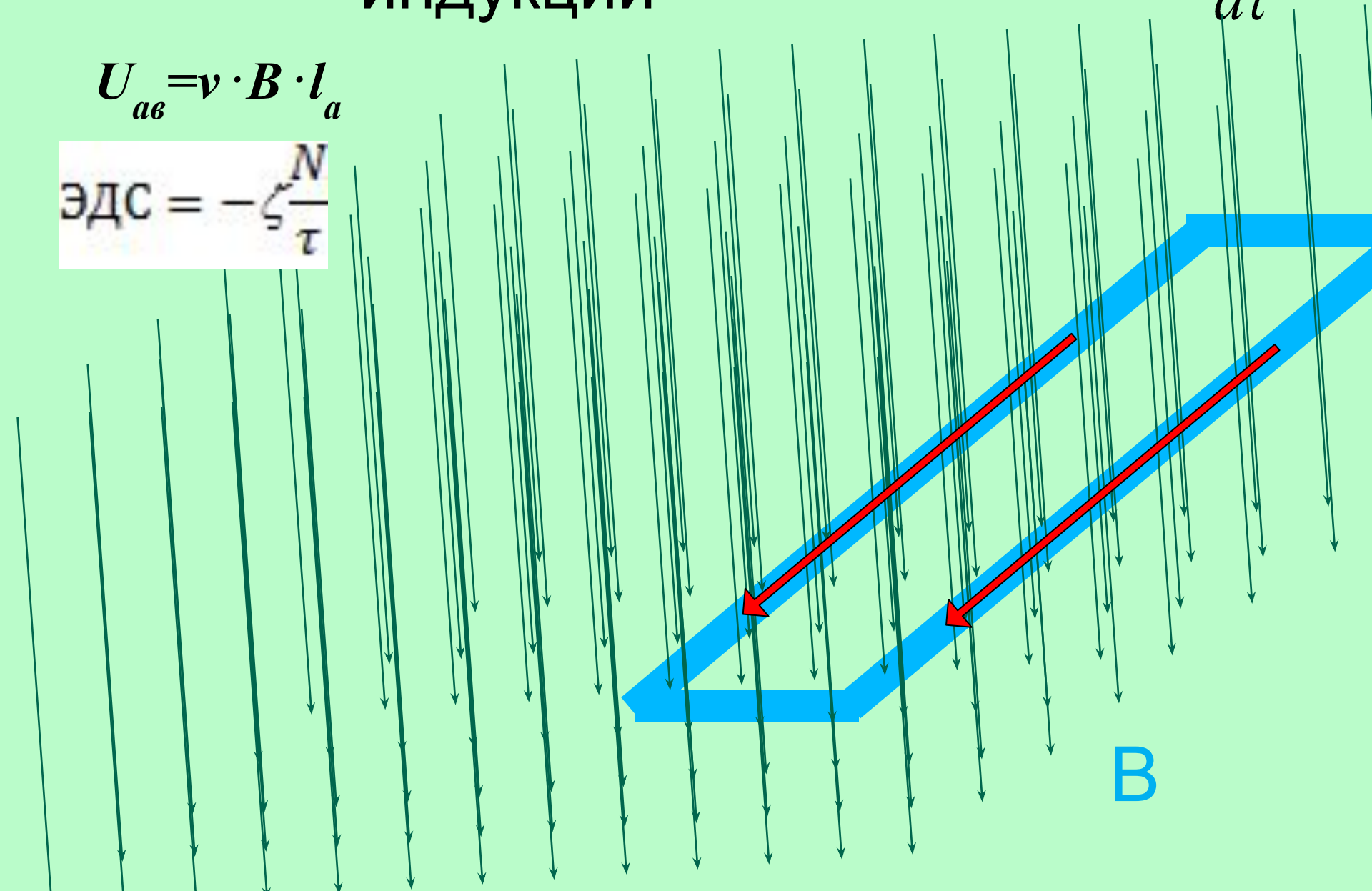


Закон электромагнитной индукции

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

$$U_{av} = v \cdot B \cdot l_a$$

$$\mathcal{E} = - \zeta \frac{N}{\tau}$$

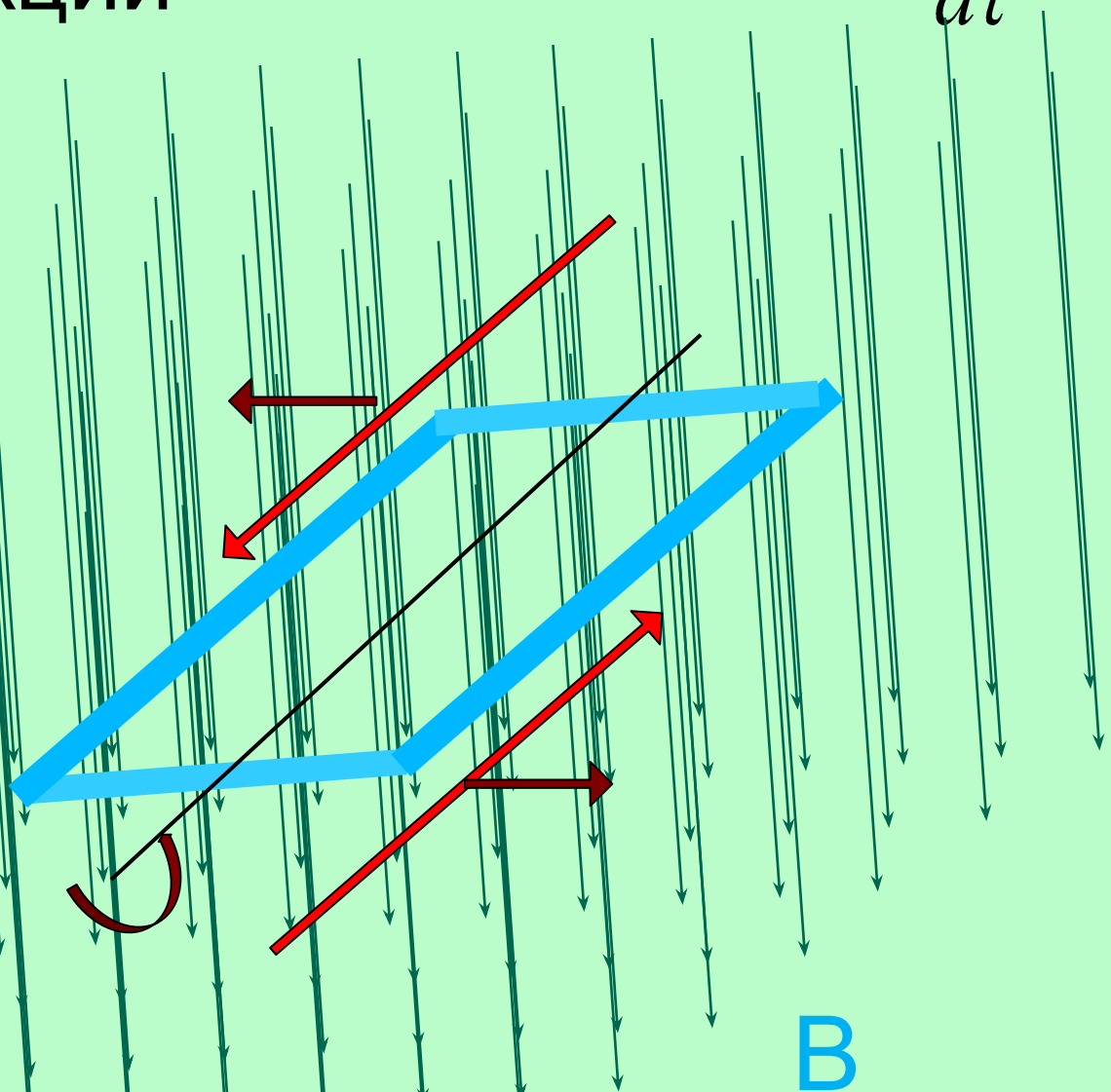


Закон электромагнитной индукции

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

$$U_{av} = v \cdot B \cdot l_a$$

$$\mathcal{E} = - \zeta \frac{N}{\tau}$$

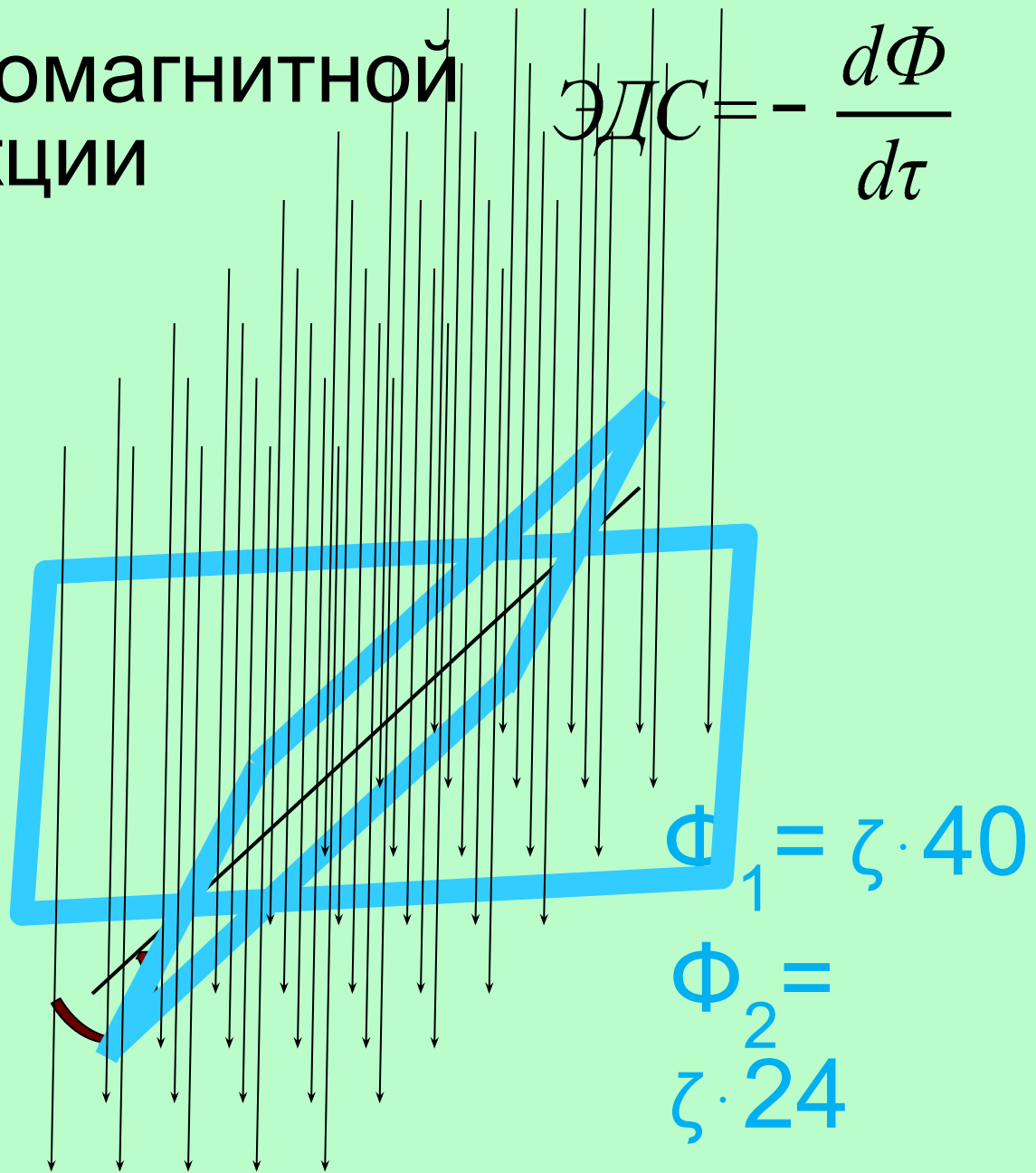


Закон электромагнитной индукции

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

$$U_{av} = v \cdot B \cdot l_a$$

$$\mathcal{E} = - \zeta \frac{N}{\tau}$$



Закон электромагнитной индукции

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{d\tau}$$

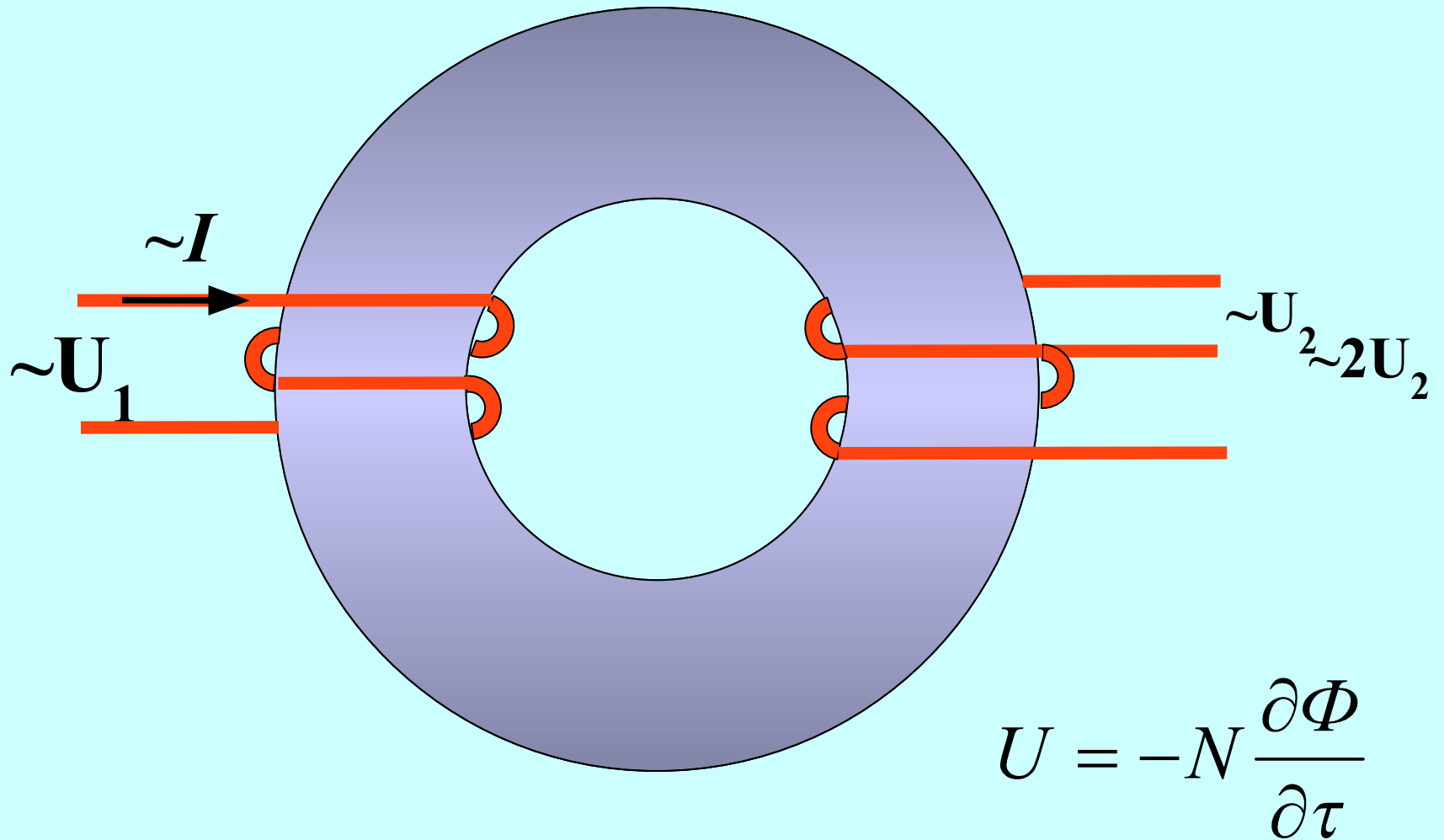
Электрическая работа в замкнутом контуре:

При изменении во времени **магнитного поля** в том же пространстве появляется связанное с ним **электрическое поле**.

$$\oint_l E dl = - \frac{d}{d\tau} \int S B_n dS \quad (III)$$

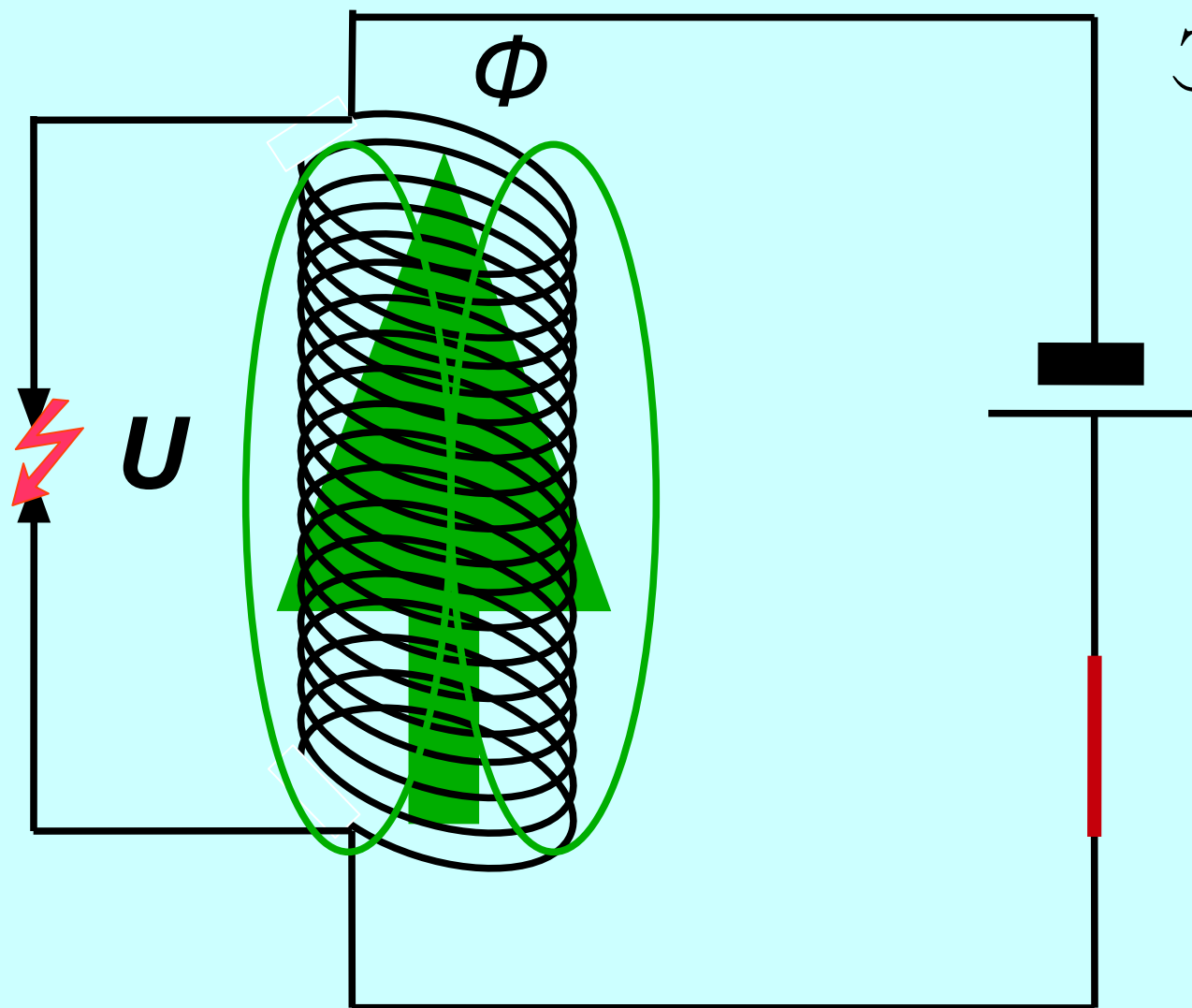
Это 3-е уравнение Максвелла
для электромагнитного поля

Закон ЭМИ и трансформатор



Самоиндукция, катушка зажигания

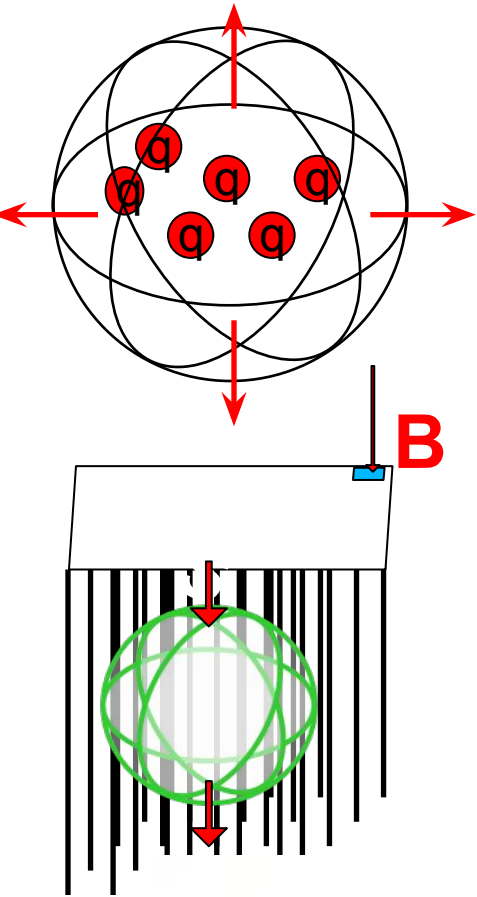
$$\mathcal{E}_{ДС} = - \frac{d\Phi}{d\tau}$$



$$E_{эм}^к = \frac{LI^2}{2}$$

$$E_{эм}^п = \frac{CU^2}{2}$$

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ



$$\int_{S_{\text{зам}}} \mathbf{D}_n dS_{\text{зам}} = Q$$

Это 1-е уравнение Максвелла
для электромагнитного поля

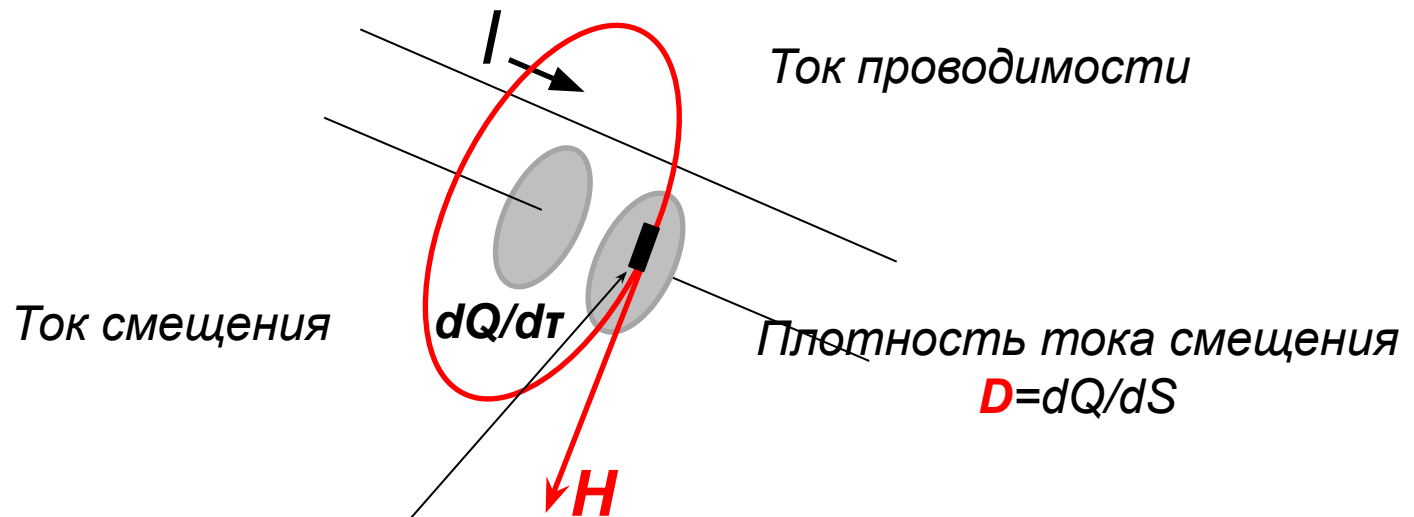
$$\int_{S_{\text{зам}}} \mathbf{B}_n dS_{\text{зам}} = 0$$

Это 2-е уравнение Максвелла
для электромагнитного поля

$$\oint_l \mathbf{E} dl = - \frac{d}{d\tau} \int_S \mathbf{B}_n dS$$

Это 3-е уравнение Максвелла
для электромагнитного поля

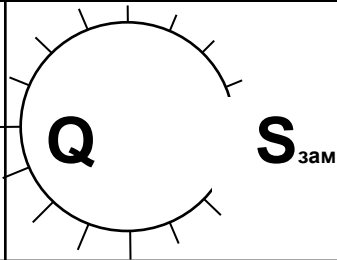
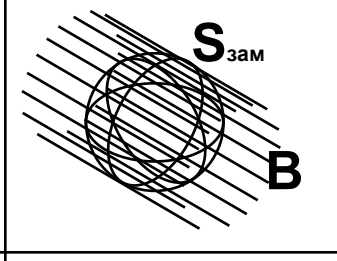
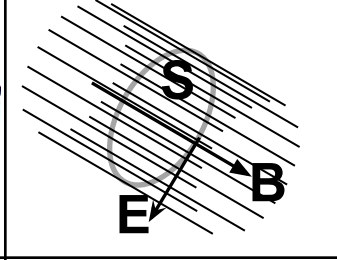
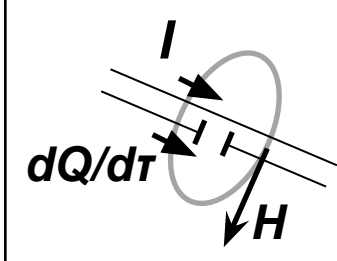
ЧЕТВЁРТОЕ УРАВНЕНИЕ МАКСВЕЛЛА



$$\oint_l \mathbf{H} \partial l = I + \frac{\partial}{\partial \tau} \int_S \mathbf{D} \partial S \quad (\text{IV})$$

Сумма тока проводимости I и тока смещения $dQ/d\tau$ через незамкнутую поверхность S равна циркуляции напряжённости магнитного поля на замкнутом контуре длиной l , который является границей поверхности S . (теорема о циркуляции магнитного поля).

Система уравнений электромагнитного поля (уравнения Максвелла)

Уравнение	Рисунок	Словесная формулировка
$\int_{S_{\text{зам}}} \mathbf{D}_n dS_{\text{зам}} = Q$		Поток электрического смещения через замкнутую поверхность S равен заряду Q , находящемуся в объёме, окружаемом этой поверхностью (Закон Гаусса)
$\int_{S_{\text{зам}}} \mathbf{B}_n dS_{\text{зам}} = 0$		Поток магнитной индукции B через замкнутую поверхность S равен нулю (магнитные заряды не существуют)
$\oint_l \mathbf{E} \partial l = - \frac{\partial}{\partial \tau} \int_S \mathbf{B} \partial S$		Работа по перемещению единичного заряда по замкнутому контуру длиной l (ЭДС) равна скорости изменения магнитного потока, пронизывающего площадь S , ограниченную этим контуром (Закон электромагнитной индукции)
$\oint_l \mathbf{H} \partial l = I + \frac{\partial}{\partial \tau} \int_S \mathbf{D} \partial S$		Сумма тока проводимости I и тока смещения $dQ/d\tau$ через незамкнутую поверхность S равна циркуляции напряжённости магнитного поля на замкнутом контуре длиной l , который является границей поверхности S . (теорема о циркуляции магнитного поля).

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ



Фундаментальные законы электричества

Закон
электромагнитной
индукции

$$\mathcal{EДС} = - \frac{d\Phi}{d\tau}$$

Закон Кулона

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Закон Ампера

$$\Delta F = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I_1 I_2}{r^2} \Delta l^2$$

Лекция окончена.

Прошу задавать вопросы.

Можно в письменном виде.