

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ



проф. Целебровский Юрий Викторович
Консультации – понедельник, 16⁰⁰-18⁰⁰, II-415

A photograph of a high-voltage electrical substation. In the foreground, a blue metal frame stands on concrete slabs. Behind it, several tall, cylindrical insulators with red and black segments are mounted on a structure. The background shows more pylons, power lines, and a clear blue sky. The ground is covered with grass and some dry vegetation.

Электромагнитное поле

Электромагнитное поле есть вид материи, определяющийся во всех точках двумя *векторными величинами*, которые характеризуют две его стороны «электрическое поле» и «магнитное поле».

Электромагнитное поле оказывает силовое воздействие на *заряженные частицы*, зависящее от скорости и значения их заряда.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

Электрическое поле – это силовое поле, существующее вокруг частиц (тел), обладающих особым свойством, называемым «электрический заряд».

Действие сил в этом поле направлено на частицы и тела, обладающие этим же свойством.

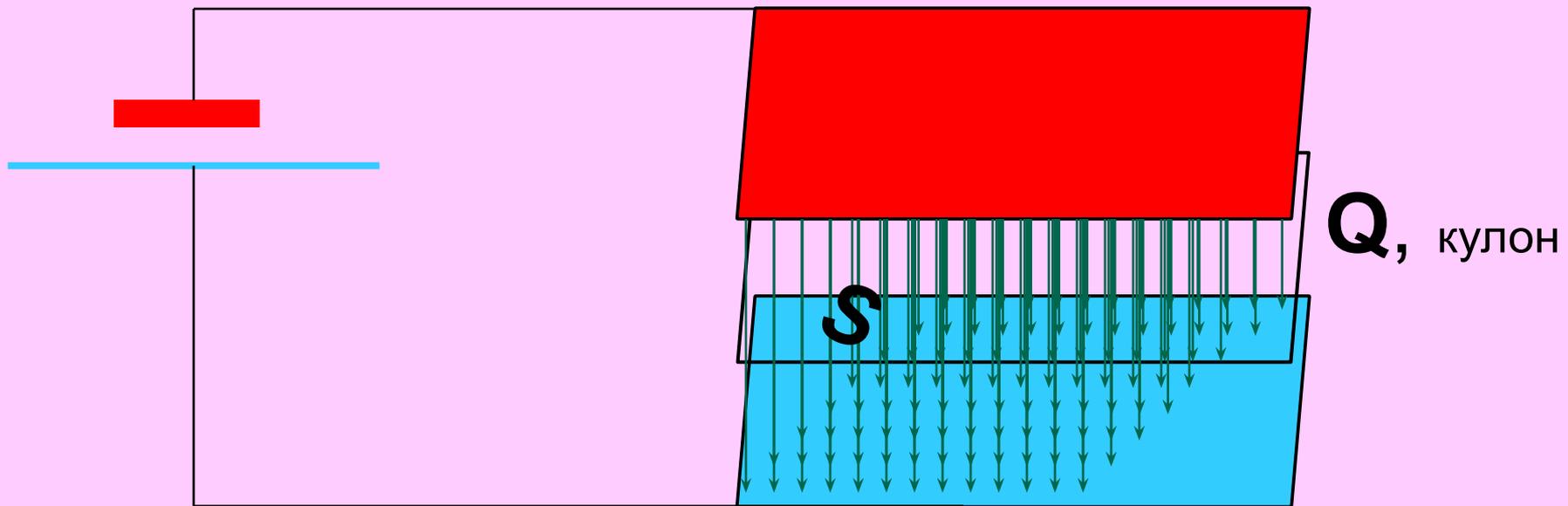
Значение действующей силы F зависит от количества заряда q_1, q_2 во взаимодействующих частицах (телах) и расстояния между заряженными частицами (телами) r . Это значение определяется законом Кулона:

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

Первичной характеристикой электрического поля является поток электрического смещения Q , измеряемый в кулонах (Кл) и равный заряду частицы или тела, создающих поле.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

Поток электрического смещения



Плотность потока электрического смещения

$$D = \frac{Q}{S}$$

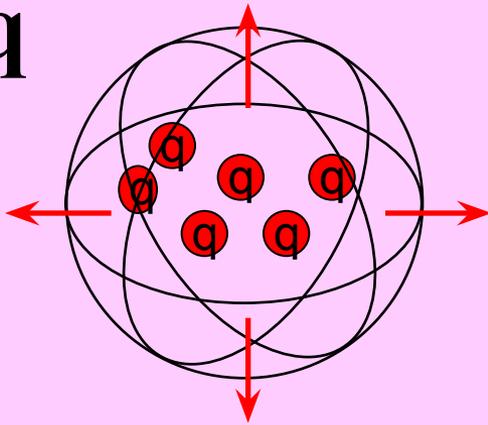
Для неоднородного поля:

$$D = \frac{dQ}{dS}, \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$$

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

Поток электрического смещения

$$Q = \Sigma q$$



Поток электрического смещения через замкнутую поверхность равен электрическому заряду, находящемуся в объёме, ограниченном этой поверхностью.
(Закон Гаусса)

$$\int_{S_{\text{зам}}} D_n dS_{\text{зам}} = Q \quad (I)$$

Главные характеристики электрического поля:

D – плотность потока электрического смещения, Кл/м²

E – напряжённость электрического поля, Н/Кл или В/м

U – электрическое напряжение, В=Дж/Кл

$$U_{ab} = \int_a^b E dl_{ab}$$

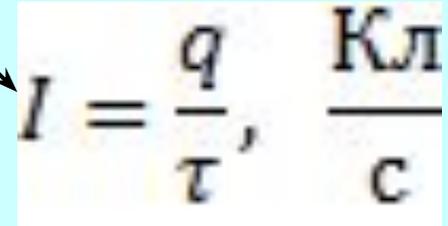
МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Магнитное поле – это силовое поле, существующее вокруг движущихся частиц (тел), обладающих особым свойством, называемым «электрический заряд».

Действие сил в этом поле направлено на движущиеся частицы и тела, обладающие этим же свойством.

Значение действующей силы F зависит от количества заряда q_1, q_2 во взаимодействующих частицах (телах), скорости движения этих частиц (тел) и расстояния между заряженными частицами (телами) r . Это значение определяется законом Ампера:

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


$$I = \frac{q}{\tau}, \quad \frac{\text{Кл}}{\text{с}}$$

Первичной характеристикой магнитного поля является напряжённость магнитного поля H , измеряемая в амперах, поделённых на метр (А/м) и определяемая законом Био-Савара-Лапласа.

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Закон Био-Савара-Лапласа:

Напряжённостью магнитного поля H называется векторная величина*, пропорциональная силе тока I , протекающего по элементарному отрезку проводника длиной Δl , длине этого отрезка и обратно пропорциональная квадрату расстояния r до рассматриваемой точки поля.

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

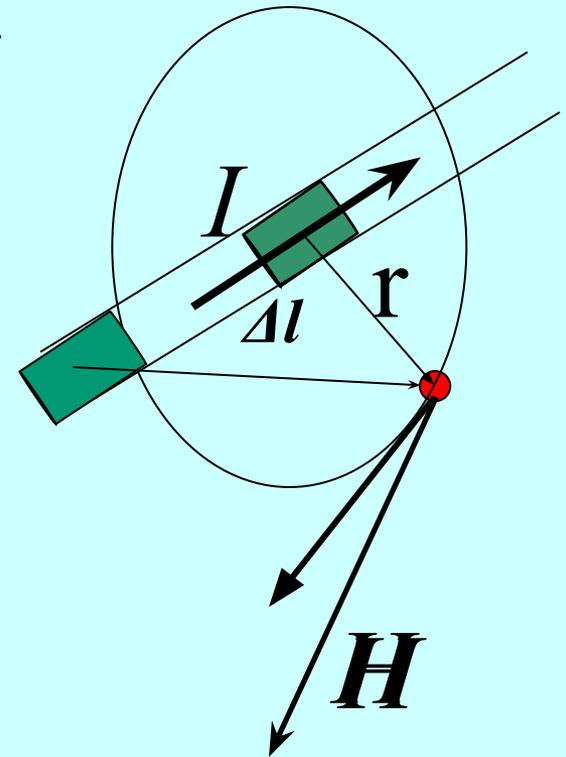
$$H = \frac{I}{4\pi r^2} \Delta l$$

$$F = \mu_0 H \cdot I \cdot \Delta l = \mu_0 H \frac{q}{\tau} \Delta l = \mu_0 H q \frac{\Delta l}{\tau}$$

Сила, действующая на единичный заряд ($q=1\text{Кл}$),двигающийся с единичной скоростью ($\Delta l/\tau=1\text{ м/с}$):

$$F^1 = \mu_0 H$$

называется индукцией магнитного поля B .



$$B = \mu_0 H$$

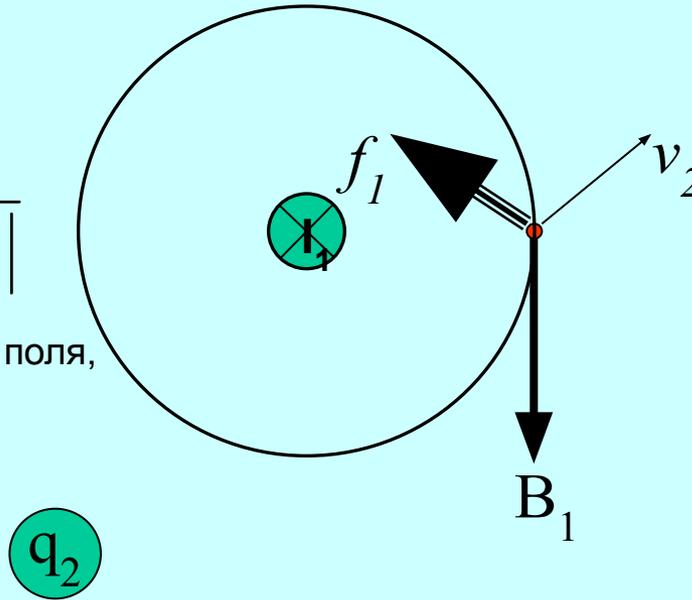
*Направление вектора определяется по правилу «буравчика»

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Магнитной индукцией называется *векторная* величина*, определяющая силу f , действующую на единичный заряд q , и направленную перпендикулярно направлению движения заряда, движущегося с единичной скоростью v :

$$|B_1| = \frac{|f_1|}{q_2 |v_2|}$$

1 – источник магнитного поля,
2- пробный заряд



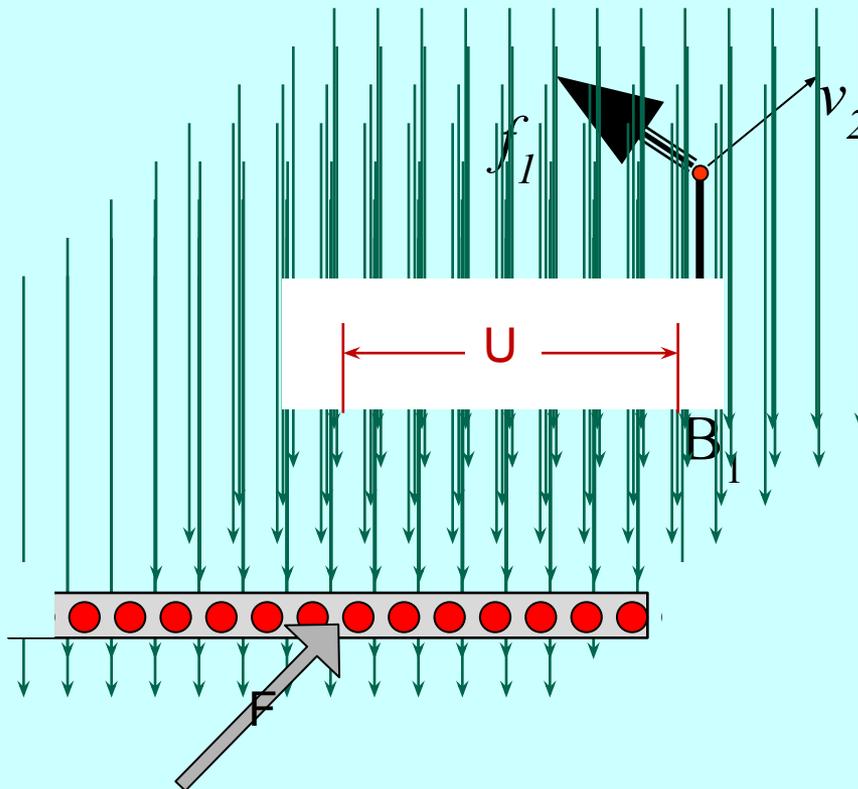
$$\left[\frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{Кл} \cdot \text{м}} \right] \rightarrow [\text{тесла}] \rightarrow [\text{Тл}]$$

Направление силы определяется правилом «левой руки»

* Направление вектора магнитной индукции определяется по правилу «буравчика»

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Магнитной индукцией называется *векторная* величина*, определяющая силу f , действующую на единичный заряд q , и направленную перпендикулярно направлению движения заряда, движущегося с единичной скоростью v :



$$U_{ав} = v \cdot B \cdot l_a$$

v

* Направление вектора определяется по правилу буравчика

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Магнитный поток

$$\int_S B_n dS = \Phi$$

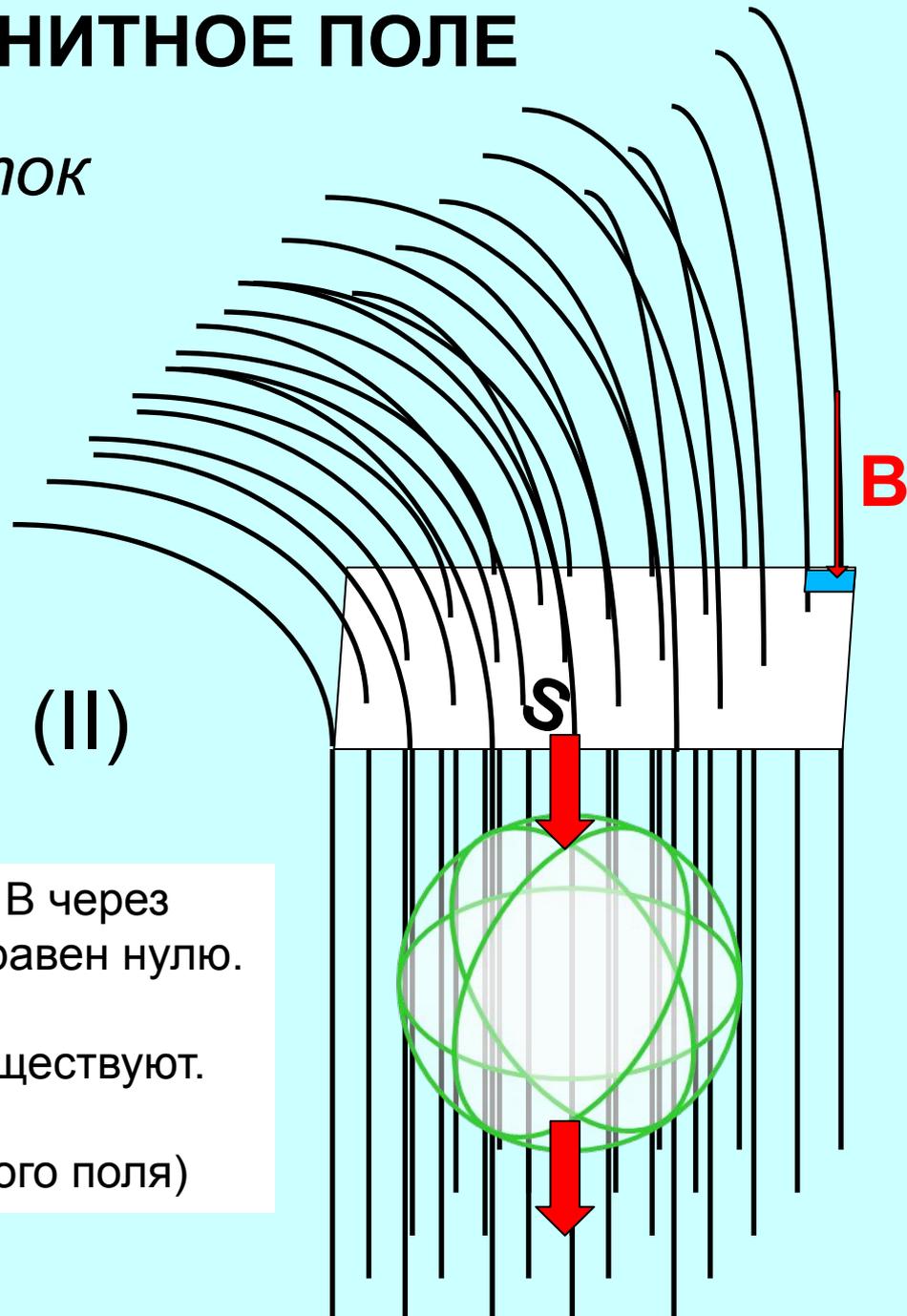
Тл·м² ⇒ вебер (Вб)

$$\int_{S_{\text{зам}}} B_n dS_{\text{зам}} = 0 \quad (\text{II})$$

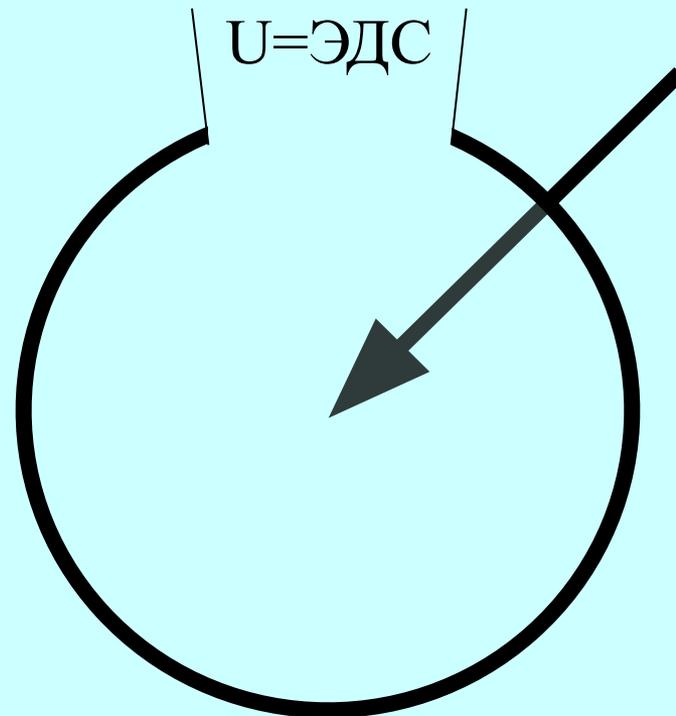
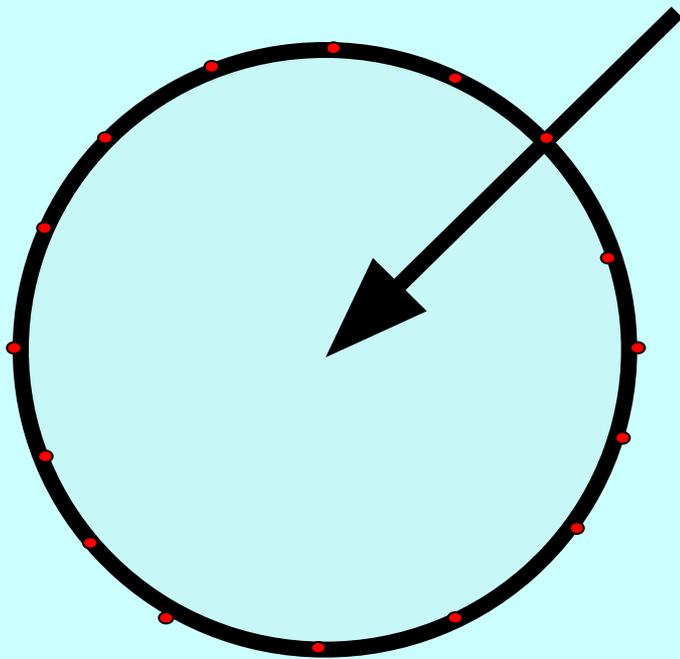
Поток магнитной индукции B через замкнутую поверхность S равен нулю.

= Магнитные заряды не существуют.

(Закон Гаусса для магнитного поля)



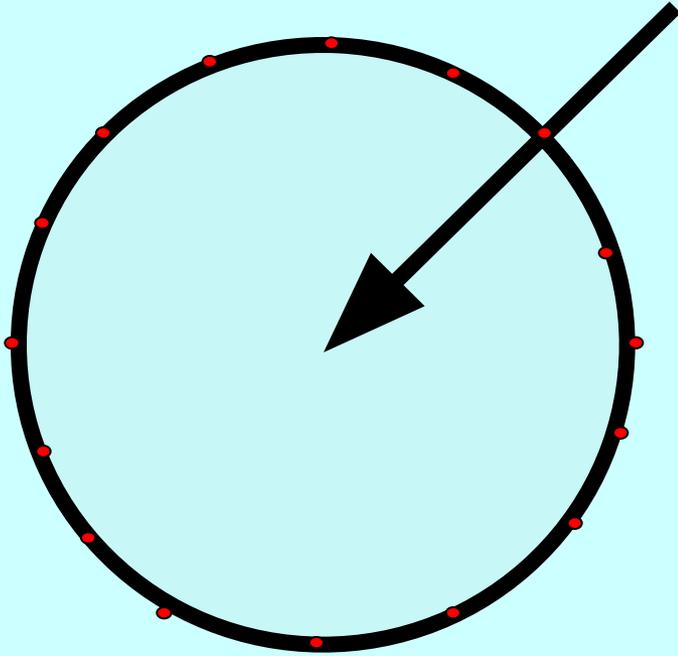
Закон электромагнитной индукции



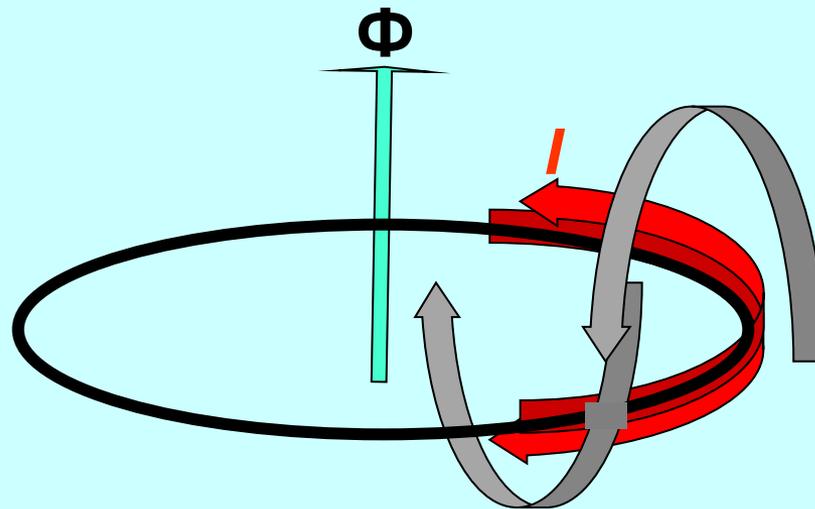
$$\Delta\Phi = Q \times R = I \times \Delta\tau \times R \Rightarrow \frac{\Delta\Phi}{\Delta\tau} = I \times R; \Rightarrow \frac{\Delta\Phi}{\Delta\tau} = U(\text{ЭДС})$$

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

Закон электромагнитной индукции



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



Магнитный поток самоиндукции

Закон электромагнитной индукции

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

$$\left[\frac{\text{Вб}}{\text{с}} \right] = \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}^2}{\text{с}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{Кл} \cdot \text{м}} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{с}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{Кл}} = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В}$$

Электрическая работа в замкнутом контуре:

$$\mathcal{E} = \oint_l E dl$$

С учётом

$$\int_S B_n dS = \Phi$$

получаем:

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

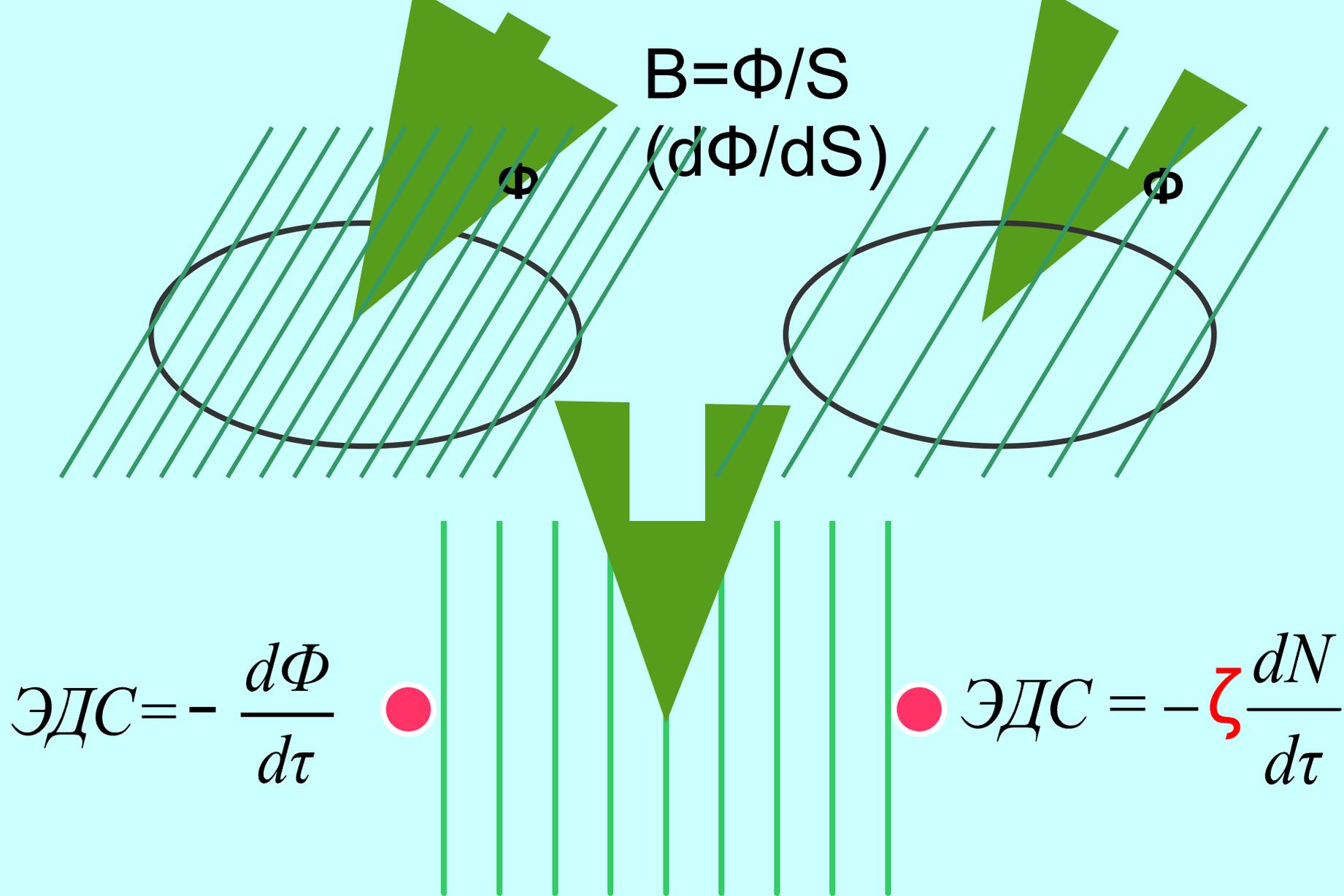
Закон электромагнитной индукции

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

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, **пропорциональна** скорости пересечения контура единичных линий магнитной индукции (с обратным знаком)

Лекция окончена.

Фундаментальные законы электричества

Закон Кулона

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

Закон
электромагнитной
индукции

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

Закон Ампера

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

Прошу задавать вопросы.

Можно в письменном виде.