

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ



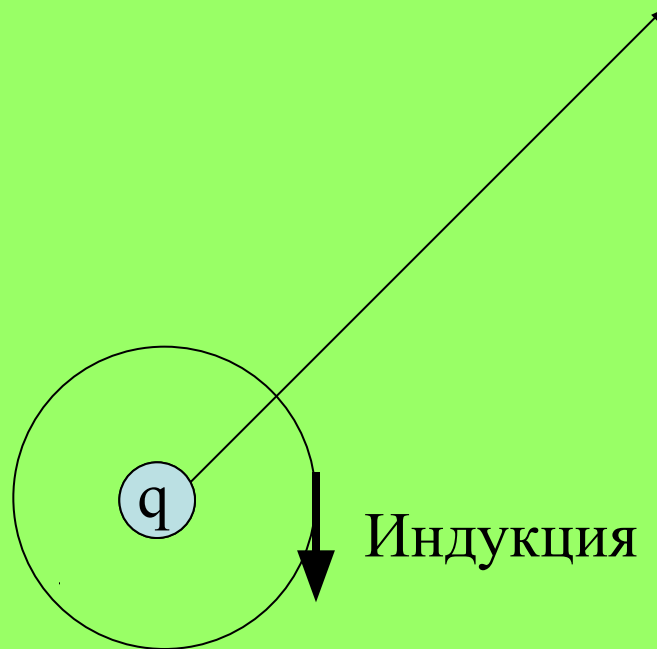
проф. Целебровский Юрий Викторович

электромагнитное поле.

Магнитное поле

Магнитным полем называют одну из двух сторон электромагнитного поля, характеризующуюся воздействием на движущуюся электрически заряженную частицу с силой, пропорциональной заряду частицы и её скорости.

Магнитное поле создается движущейся заряженной частицей.



(правило буравчика)

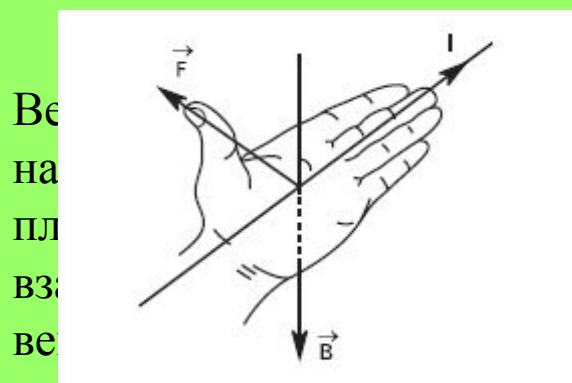
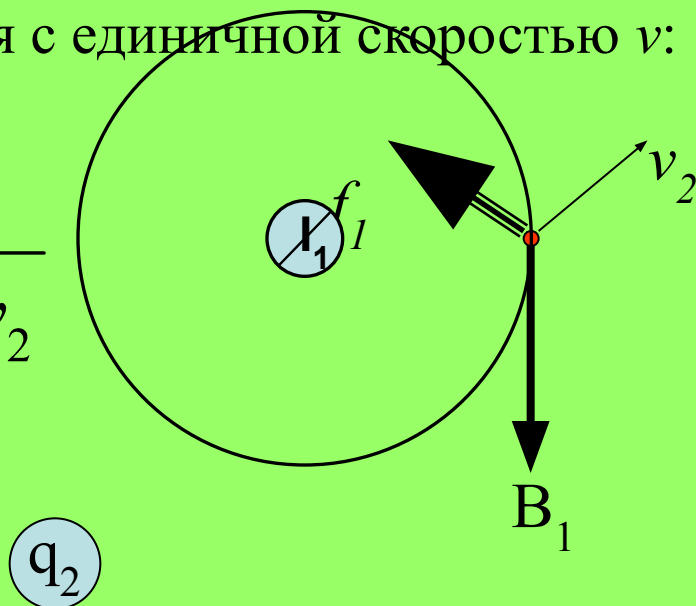
электромагнитное поле.

Магнитное поле

Основной физической величиной, характеризующей магнитное поле в каждой его точке, является магнитная индукция.

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

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



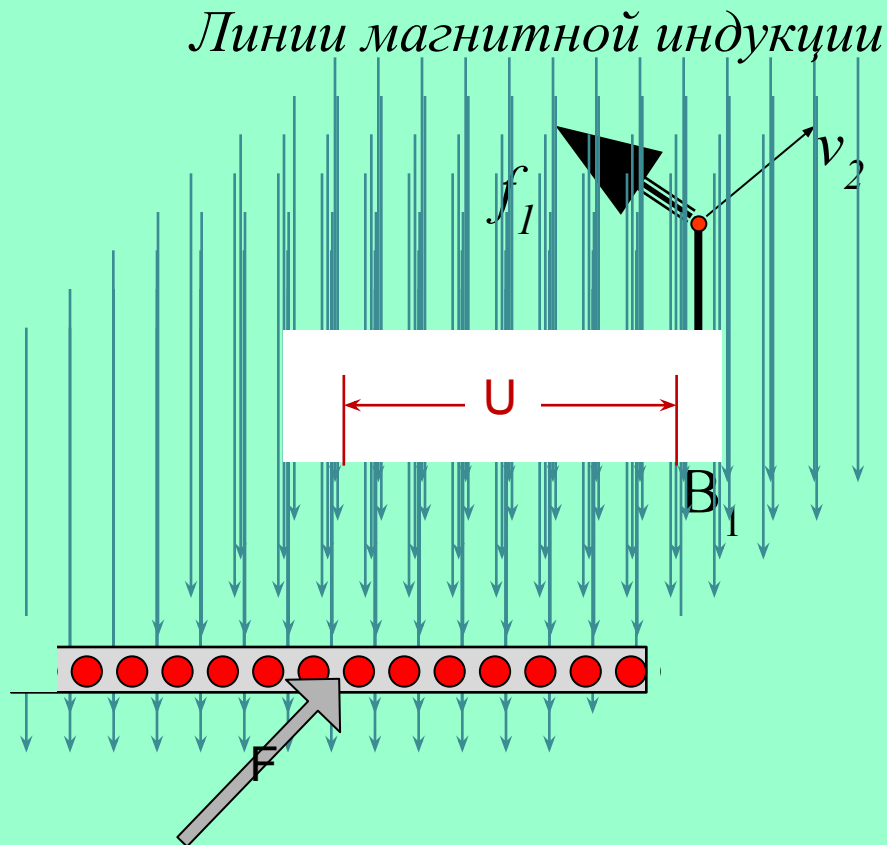
(правило левой руки)

q_2

Единица измерения магнитной индукции - **тесла** [Тл]

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 :



$$f_1 = B \cdot q \cdot v$$

$$f_1 = q \cdot E$$

$$\cancel{B \cdot q \cdot v} = \cancel{q \cdot E}$$

$$B \cdot v \cdot l_{ab} = E \cdot l_{ab}$$

$$E \cdot l_{ab} = U_{ab}$$

$$U_{ab} = v \cdot B \cdot l$$

ав

*Направление вектора определяется по правилу буравчика

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Магнитный поток (поток вектора магнитной индукции) – ПОТОК Φ вектора магнитной индукции B через какую-либо поверхность

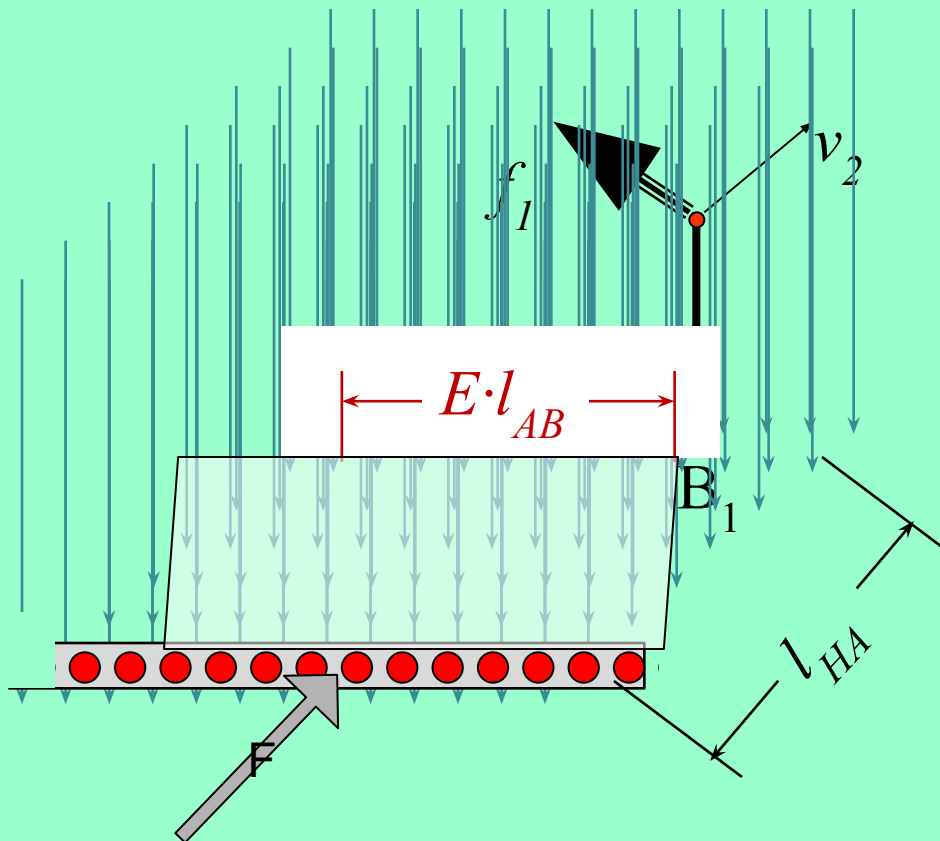
$$B \cdot v = E$$

$$B \frac{l_{HA}}{\tau} = E$$

$$B \frac{l_{HA} \cdot l_{AB}}{\tau} = E \cdot l_{AB}$$

$$\underline{B \cdot S} = U \cdot \tau$$

$$\Phi = U \cdot \tau$$



Единица измерения магнитного потока - *вебер* [Вб]

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Магнитный поток

$$\int_S B_n dS = \Phi$$

Тл·м² ⇒ вебер (Вб)

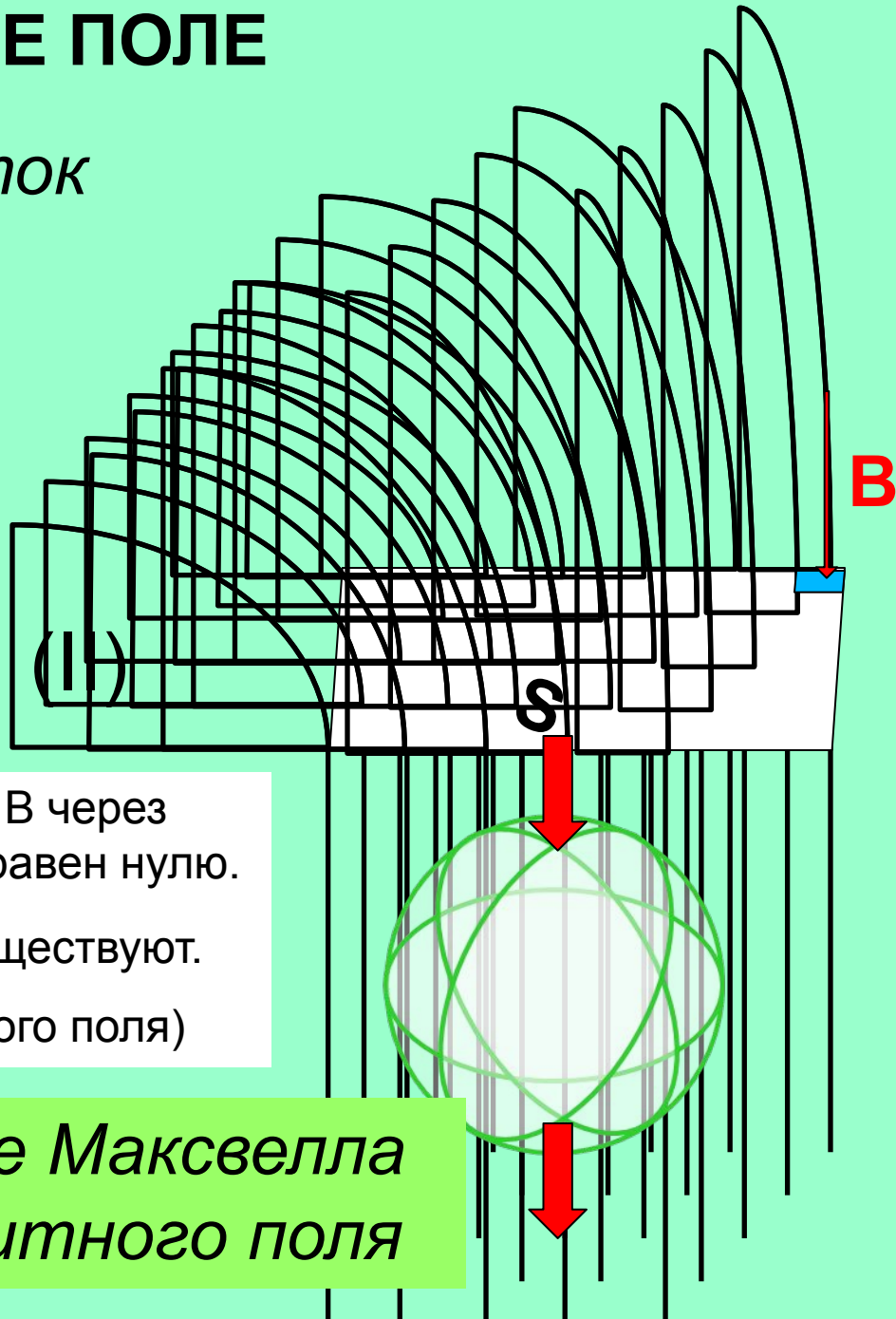
$$\int_{S_{\text{зам}}} \mathbf{B}_n dS_{\text{зам}} = 0 \quad (I)$$

Поток магнитной индукции $\mathbf{B}$ через замкнутую поверхность S равен нулю.

= Магнитные заряды не существуют.

(Закон Гаусса для магнитного поля)

Это 2-е уравнение Максвелла для электромагнитного поля



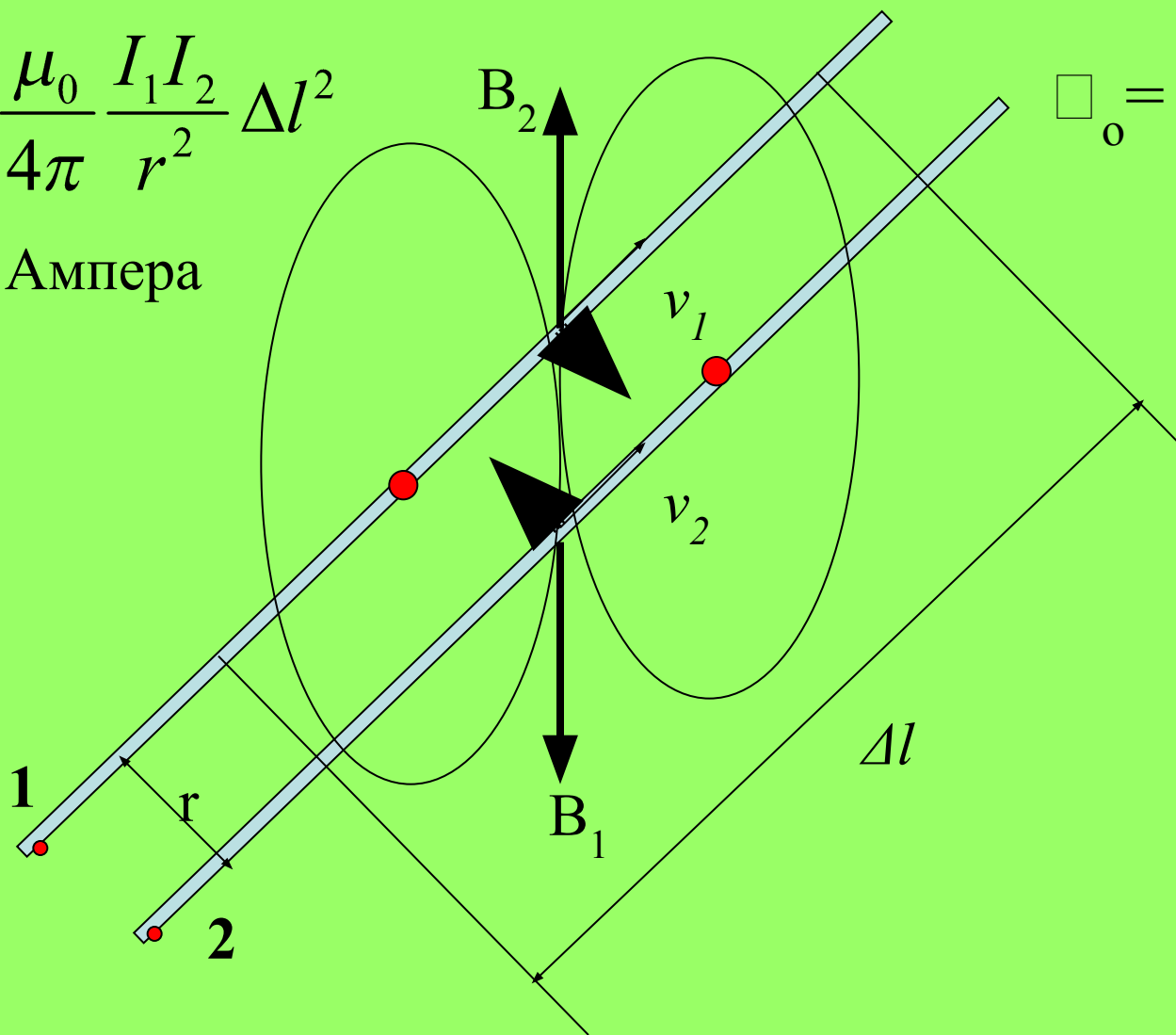
электромагнитное поле.

Магнитное поле

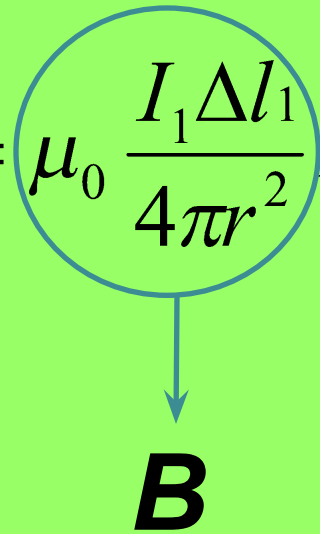
$$\Delta F = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I_1 I_2}{r^2} \Delta l^2$$

Закон Ампера

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



Другая форма закона Ампера

$$\Delta F = \mu_0 \frac{I_1 \Delta l_1}{4\pi r^2} I_2 \Delta l_2 \quad I_2 \Delta l_2 = \frac{q \cdot \Delta l_2}{\tau}$$


B

$$F_l = B \cdot I \cdot l$$

Закон Ампера

3. Напряжённость магнитного поля - H

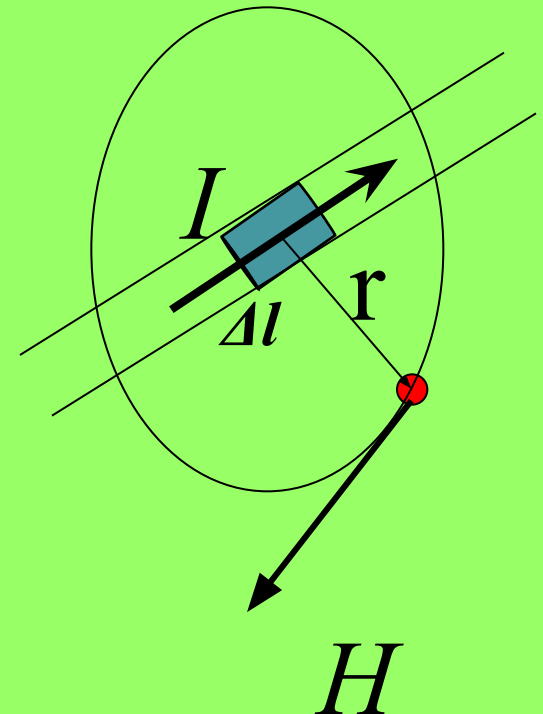
Закон Био-Савара-Лапласа:

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.

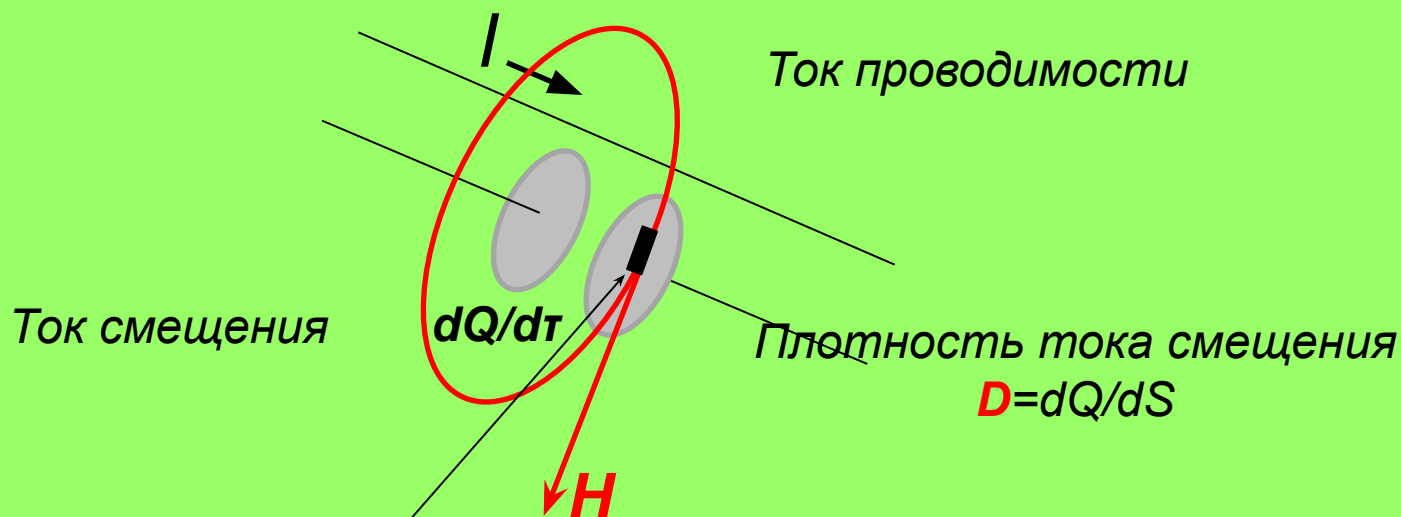
$$H = \frac{\Delta l}{4\pi r^2} I$$

$$B = \mu_0 \frac{I_1 \Delta l_1}{4\pi r^2}$$

$$B = \mu_0 H$$



Теорема о циркуляции магнитного поля



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

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 . (четвёртое уравнение Максвелла).

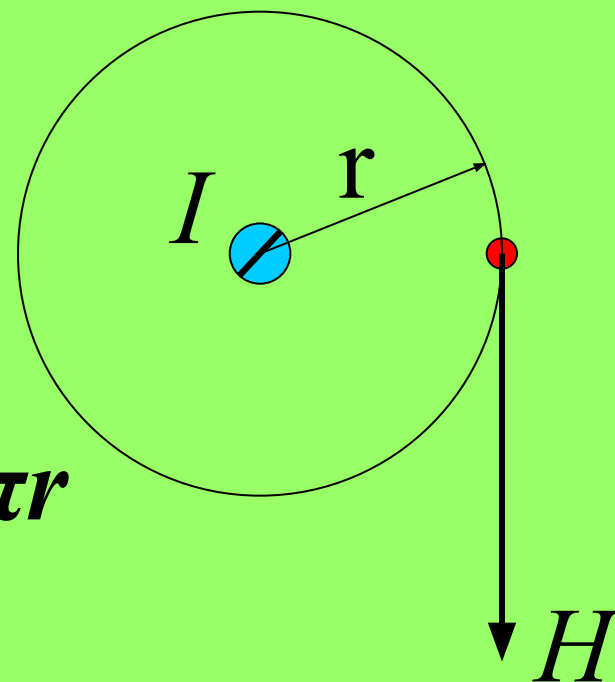
Основные характеристики магнитного поля

А) Магнитная индукция – плотность магнитного потока

$$B = \frac{d\Phi}{dS}; \left[\text{тесла} = \frac{\text{вебер}}{\text{метр}^2} \right]; \left[Tл = \frac{Вб}{м^2} \right]$$

Б) Напряжённость магнитного поля

$$H = \frac{B}{\mu_0}; \left[\frac{\text{ампер}}{\text{метр}} \right]; \frac{А}{м}$$



Для длинного проводника с током: $H = I / 2\pi r$

$$B = \mu_0 H$$

Основные характеристики магнитного поля

Кинетическая энергия поля:

$$\mathbf{W^k} \text{ [Дж]} = \mathbf{U \text{ [Дж/Кл]} \cdot I \text{ [А]} \cdot \tau \text{ [с]}}$$

Удельная кинетическая энергия поля:

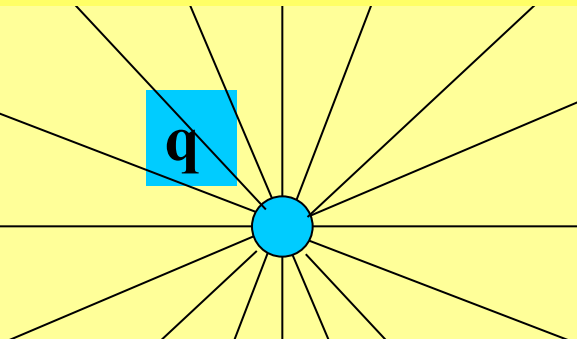
$$\frac{W^k}{V} = \frac{U \cdot \tau \cdot I}{S \cdot l} = B \cdot H \qquad \frac{B \cdot c}{\text{м}^2} \cdot \frac{A}{\text{м}} = \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}$$

В магнитном поле:

$$\mathbf{W_{уд}^k} = \mathbf{H \cdot B \text{ [Дж/м}^3\text{]}}$$

Сравнение электрического и магнитного полей

Силовые линии поля



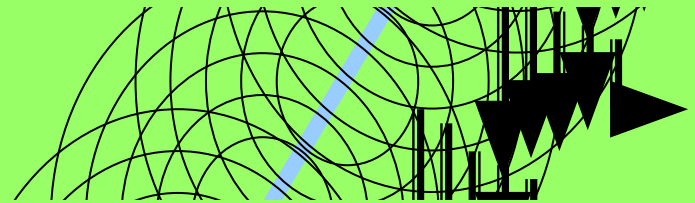
q

Электрическое поле создаётся скалярной величиной — электрическим зарядом.

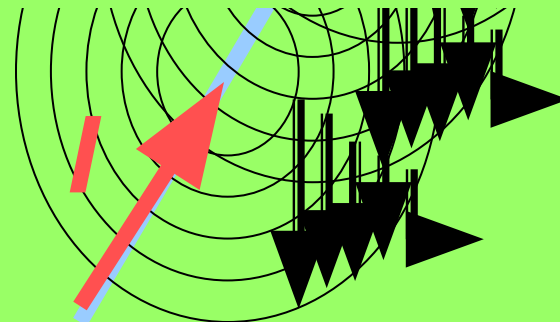
Электрическое поле относится к потенциальным полям. Главными характеристиками поля являются потенциал φ и напряжённость E поля в каждой точке

Магнитное поле создаётся движущимся зарядом (электрическим током), определяемым вектором скорости.

Магнитное поле — это векторное поле. Главной его характеристикой в каждой точке является вектор магнитной индукции B



Линии магнитной индукции



Сравнение электрического и магнитного полей

Плотность потока электрического смещения – D [Кл/м²]

Плотность магнитного потока, магнитная индукция – B [Вб/м²]

Напряжённость электрического поля – E [В/м]

Напряжённость магнитного поля – H [А/м]

Потенциальная энергия поля

Кинетическая энергия поля

$$\mathbf{E} \cdot \mathbf{D}$$

$$\mathbf{H} \cdot \mathbf{B}$$

Электрическая постоянная – ϵ_0 [Ф/м]

Магнитная постоянная – μ_0 [Гн/м]

$$\mathbf{D} = \epsilon_0 \mathbf{E}$$

$$\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H}$$

Силовые характеристики
поля

Источники поля

Лекция окончена.

Прошу задавать вопросы.

Можно в письменном виде.

ПС 500 кВ Означенное, ОРУ 220 кВ