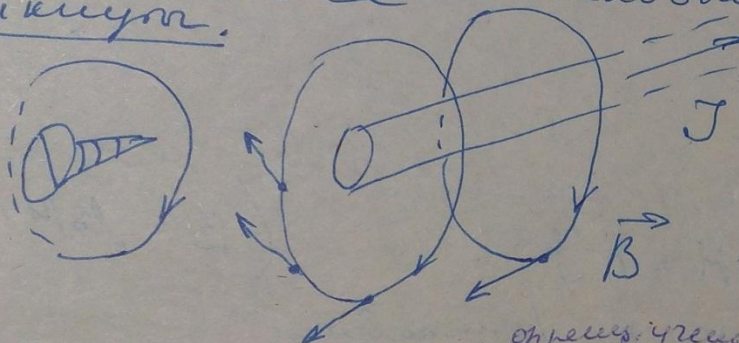


Магнитное поле

Однородное магнитное поле

$$J \cdot l = \frac{1}{1815} \dots ; \quad \frac{[H] \cdot l}{[A] \cdot [M]} = [T \cdot l] = \frac{[A][M]}{[kA]}$$

* Направление: определяется по правилу правой руки. Линии магнит. индукции по кругу являются **силовыми линиями** и определяются ими так, что в центре т. поле соответствует к линии м. индукции совпадает с направлением вектора \vec{B} в жаб т. поле. М. поле вихревое и силовые линии м. поле всегда замкнуты.



2) Др. жер-ков м. поле является **консервативным** м. поле H ; к-рое связ. с магнит. индукцией сл. соотношением: $H = \frac{B}{\mu \mu_0}$, $[A] / [M]$.

где μ - магн. прониц. среды ($\mu_0 = 1$),
 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Вб}{А}$ - магн. постоянная.

определяется

определяется

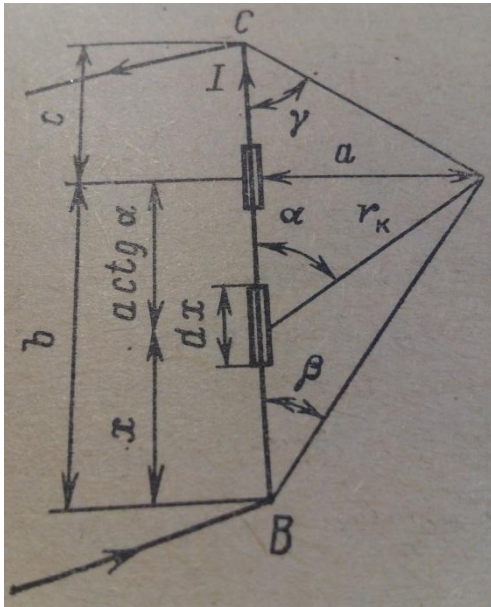
Закон Био - Савара - Лапласа

определены: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2$ — магн. постоянная
 в вакууме

Закон Био - Савара - Лапласа
 — закон, позволяющий вычислять магнитное поле H и магнитную индукцию B в любой точке, создаваемого проводником с током

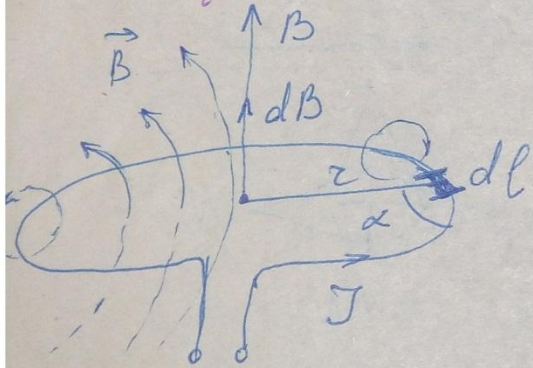
формулы в СИ:

$$dH = \frac{I dl \sin \alpha}{4\pi r^2}$$

$$dB = \frac{\mu_0 I dl \sin \alpha}{4\pi r^2}$$


Магнитное поле в центре кругового тока

или элемент тока.



Магнитное поле в центре кругового тока.
Каждый элемент тока проводника dl создает в центре витка магнитное поле:

$$dB = \frac{\mu\mu_0 I dl}{4\pi r^2}, \quad \sin \alpha = 1, \text{ т.к.}$$

для центр. элементу $\alpha = 90^\circ$

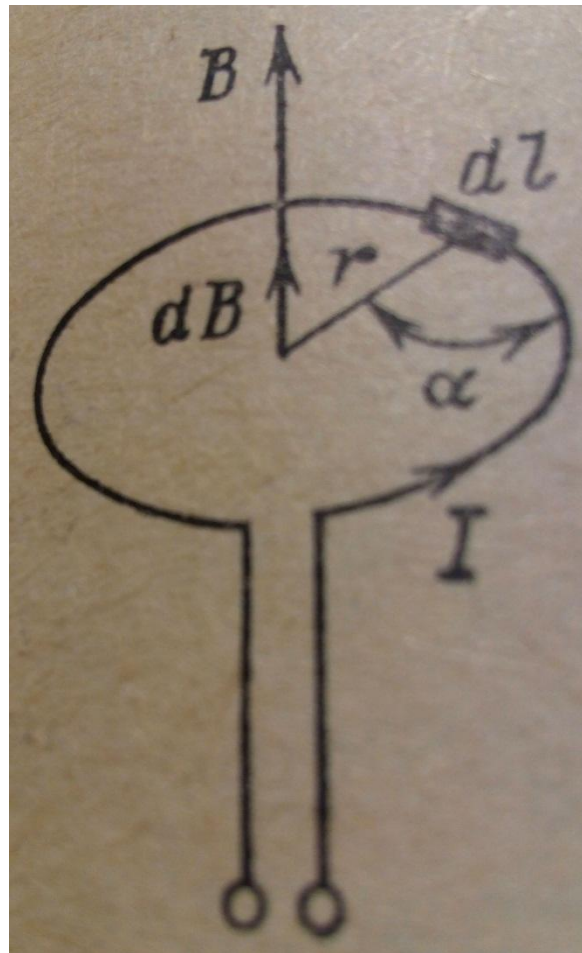
Векторы dB от всех элементов витка направлены в одну сторону, и поле в центре витка осевое симметрично. Векторы dB имеют одну и ту же направленность, \perp плоскости витка.

$$B = \int dB = \int \frac{\mu\mu_0 I dl}{4\pi r^2} = \frac{\mu\mu_0 I}{4\pi r^2} \int dl = \frac{\mu\mu_0 I \int dl}{4\pi r^2} = \frac{\mu\mu_0 I}{2r},$$

где $\int dl = 2\pi r$.

Магнитное поле \propto радиусу витка

Магнитное поле в центре кругового тока

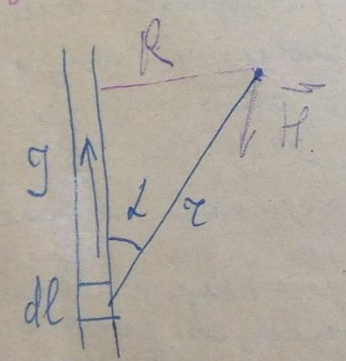


Магнитное поле бесконечного прямолинейного проводника с током

Магнитное поле соленоида

Магнитное поле ∞ прямолинейного проводника с током

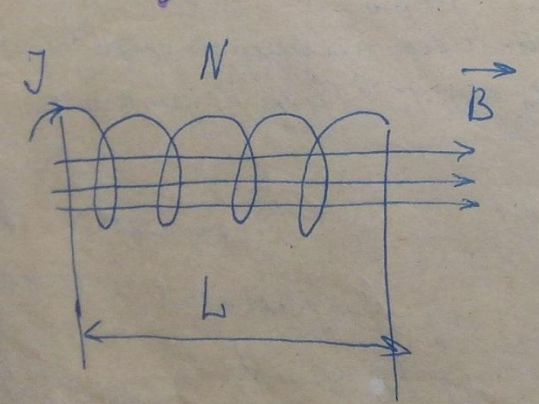
$B = \frac{\mu_0 \mu J}{2 \pi R}$ ($H = \frac{J}{2 \pi R}$)



Магнитное поле соленоида (внутри соленоида с током)

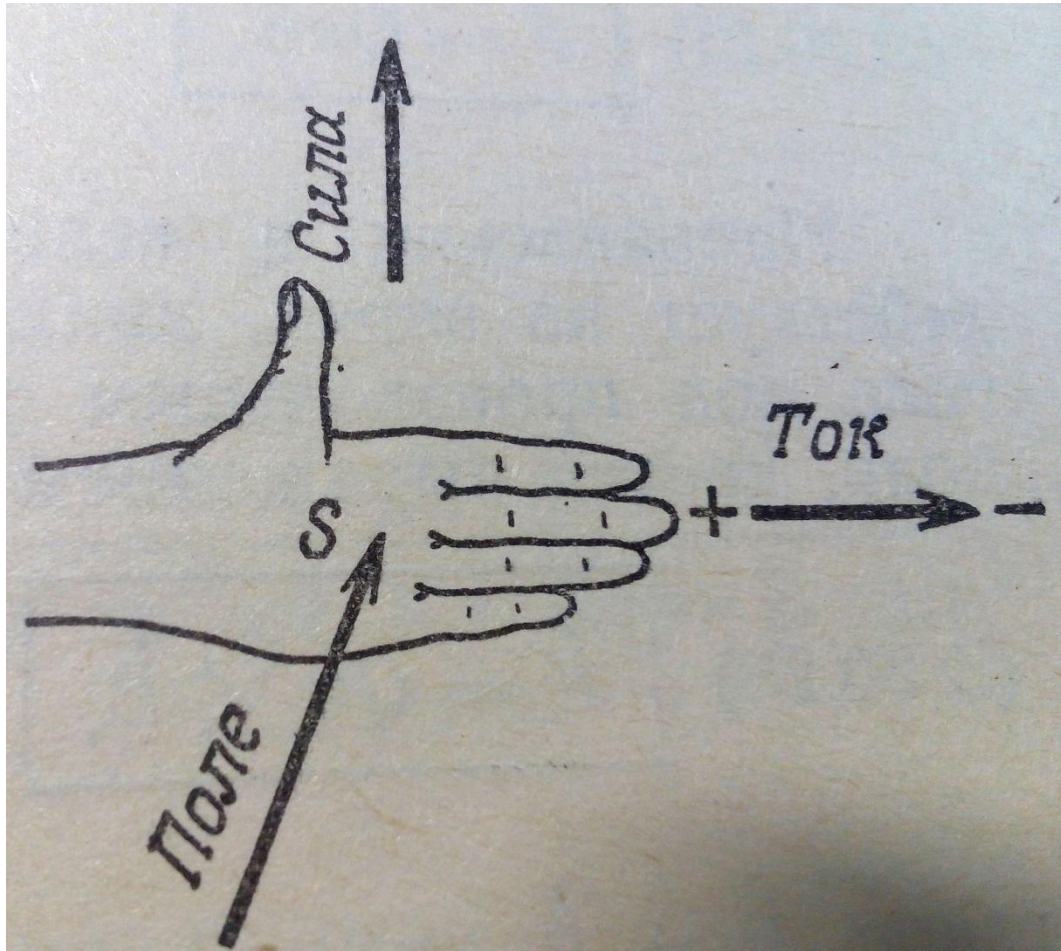
$H = n J$, ($B = \mu_0 \mu n J$)

где $n = \frac{N}{L}$ — плотность витков соленоида



Правило левой руки

Закон Ампера



$$F_A = BIl \sin \alpha$$

Магнитоэлектрическая измерительная система

Электроизмерительные приборы

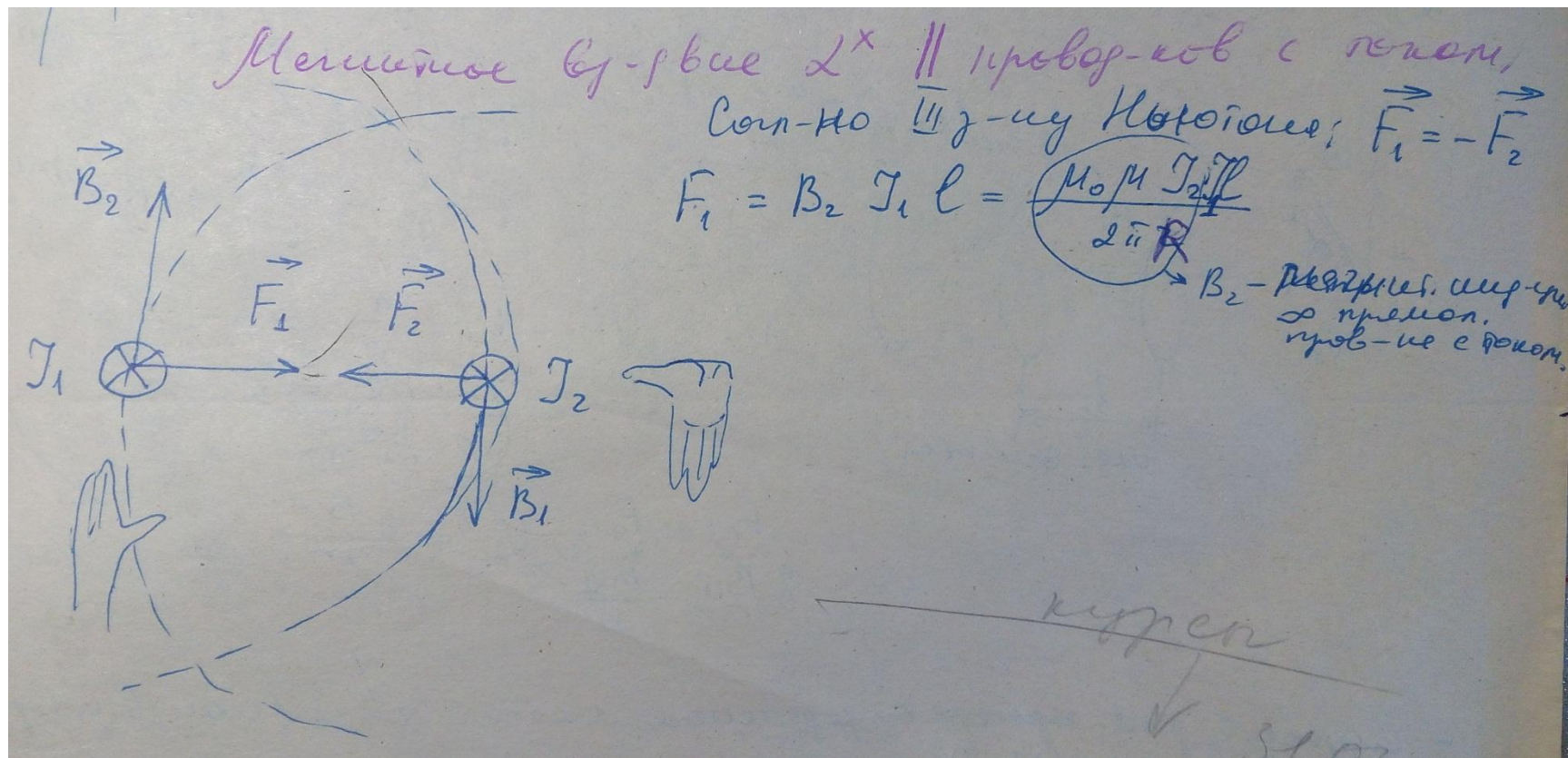
Магнитоэлектрическая система



Электромагнитная система



Магнитное взаимодействие двух параллельных проводников с током



Сила Лоренца

Сила Лоренца.

- сила, ^{Ампер} приходящаяся на 1 зерно.

$$F_{\lambda} = \frac{F_A}{N} = \frac{BI\ell \sin \alpha}{N} = \frac{BvqN\ell \sin \alpha}{\cancel{S\ell}N} = qBv \sin \alpha$$

число зерно $\rightarrow N$

$$F_A = BI\ell \sin \alpha$$

$$I = jS$$

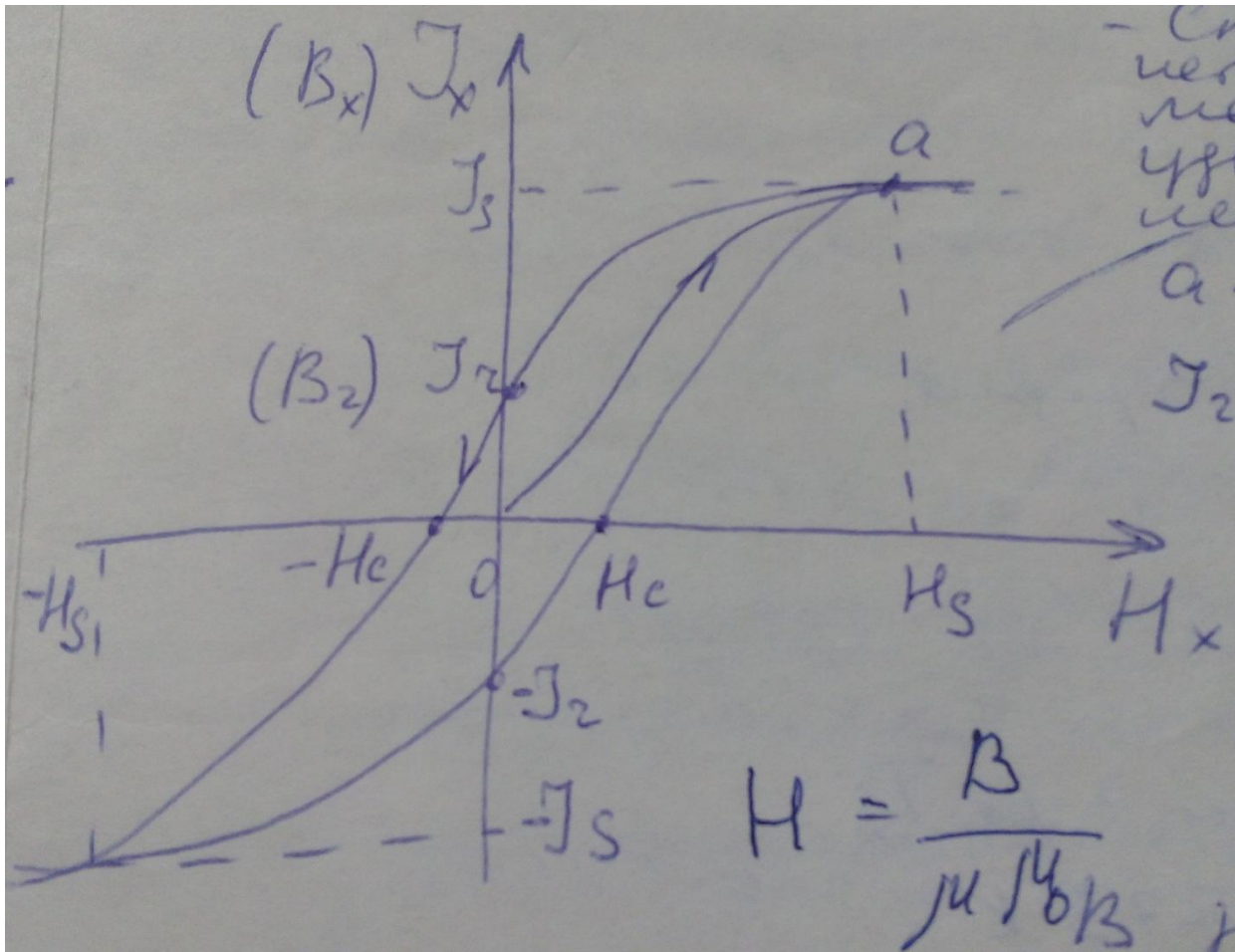
$$j = n v q; n = \frac{N}{V} = \frac{N}{S\ell}$$

(A \rightarrow)

$$F_{\lambda} = \frac{F_A}{N} = \frac{BI\ell \sin \alpha}{nV} = \frac{BqnvS\ell \sin \alpha}{nS\ell} = qvB \sin \alpha$$

$$F_{\lambda} = Bqv \sin \alpha$$

Намагничивание. Петля гистерезиса



Магнитомягкие и магнитотвердые материалы

- Способность ферромагнетиков сохранять намагниченность после устранения их из внешнего магнитного поля.

H_c - г. магнитного насыщения;

J_2 - остаточная намагниченность;

H_c - coercitive force.

x характеризует способность материала сохранять намагниченность после снятия внешнего воздействия.

Магнитомягкие и магнитотвердые материалы

Ис различают магнито-мягкие и магнитотвердые материалы. Первые отличаются малым значением H_c ($0,8 \div 0,8 \text{ А/м}$) и очень малым потерями энергии при перемагничивании. Эти материалы используются при изготовлении трансформаторов, электрических машин. М.-т. материалы отличаются до сотни и перемагничиваются в сильных магнитных полях. Характерными значениями H_c ($10^4 \div 10^5 \text{ А/м}$) и остаточной индукции B_r ($B \geq 1 \text{ Тл}$). Эти материалы используются для постоянных магнитов.

Диа- пара- и ферромагнетики

$\mu \ll 1$ - диаметики

$\mu > 1$ - парамагнетики

$\mu_{\text{max}} \approx 10^3 \div 10^6$ - ферромагнетики

$$\mathcal{E} = -L \frac{dI}{dt}$$

$$L = \mu_0 \mu n^2 V$$

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

Оле. з-и
2/м инд.
(з-и фер-
Менев)

ИНДУКТИВНОСТЬ

Обратите внимание:

● Индуктивность L называют также коэффициентом самоиндукции.

Индуктивность тороидальной и длинной цилиндрической катушек

Из (Э 30.15) с учетом выражений $H = IN/l$ и $\Phi = \mu_a H A$ получаем

$$U = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N \frac{\mu_a A \Delta H}{\Delta t} = -N \mu_a A \frac{N \Delta I}{l \Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t},$$

откуда

$$(Э 30.20) \quad \boxed{L = \frac{\mu_a N^2 A}{l}}$$

$$\text{СИ} \quad \left| \frac{L}{\text{Гн}} = \frac{\text{В} \cdot \text{с}/\text{А}}{\text{В} \cdot \text{с}/(\text{А} \cdot \text{м})} = \text{м}^2 \right.$$

Основные положения теории Максвелла

Основные положения теории Максвелла

Теория э/м волн — раздел опти-
ки, изучающий переменное маг-
нитное поле, распространяющее-
ся в пространстве.

ЭМП — электрическое поле, созда-
ваемое эл. зарядом в пространстве.
Посредством элп осуществляется взаи-
модействие м-у зарядами, т-токами, к-рое
н. произвольно зависит от вы-
соты отсчета.

3) Э/м волна была эксп-но обнару-
жена немецким физиком Генрихом
Герцем (1857-1894) в 1887 г.

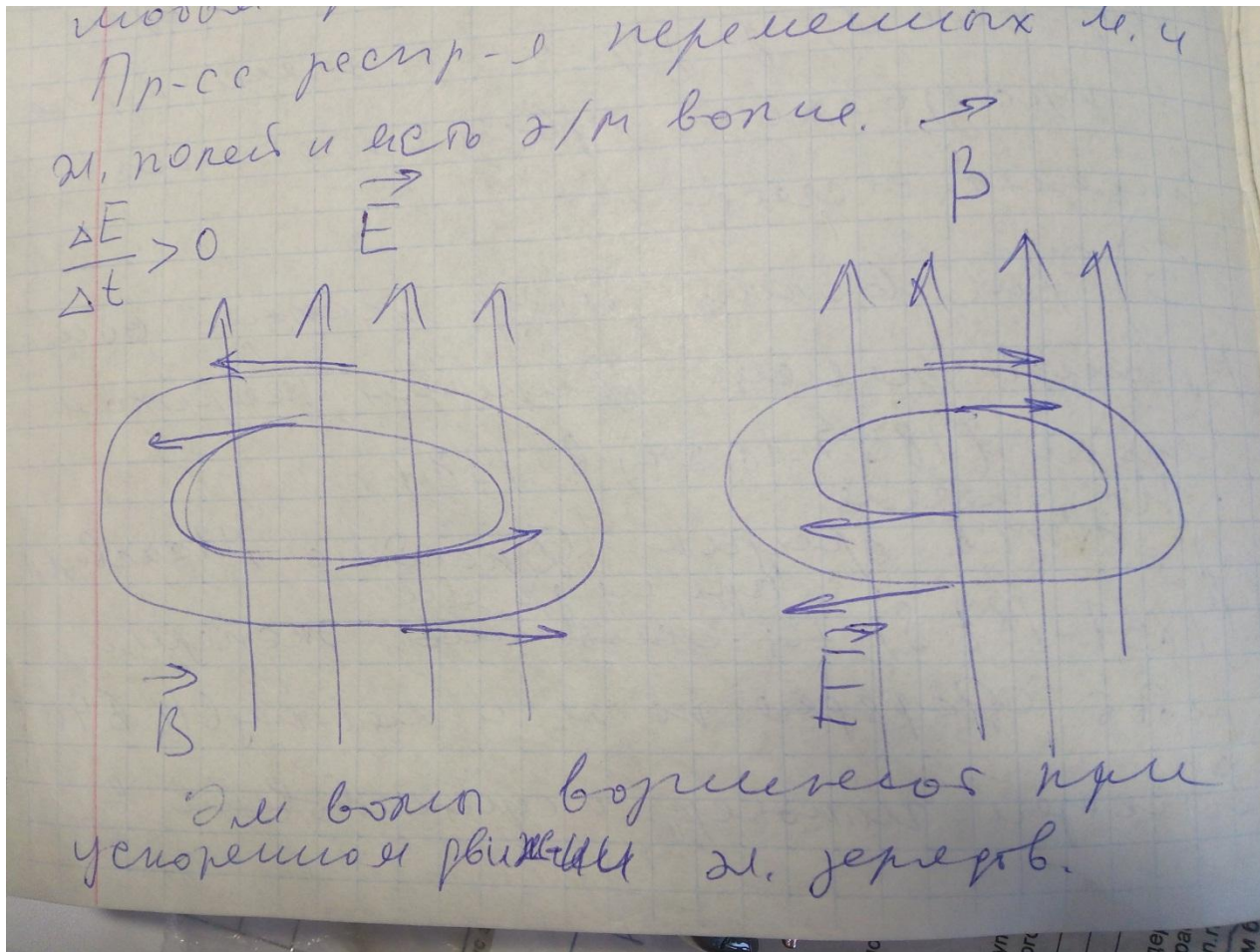
2) ^{Но, вначале} сгл. оптик Джеймс Максвелл
(1831-1879) ^{применил} на основании эксперим.
работ Фарадея по э. и маг-му в 1864 г.
высказал гипотезу о существовании в

Теория Максвелла

3) Герц определил $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. $c = \sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$
($\sigma = \nu \lambda$). Оптом Герц обнаружил
дисперсию по частоте. Теория Максвелла о сущ. э/м волн.
Теория э/м (электромагнитно-механическая) (Г. Максвелл),
неповторимых сред) (Г. Максвелл),
1. Э/м поле сущ. независимо и
одн. по времени, как и его
механические проявления 2-го.
2. М. и э. поля - по 2 самостоя-
тельных э/м поля.
3. ~~Перем. э. поле распространяется в~~
~~пространстве~~ в виде э/м волн со
сп. со светом. и
Мех. волны распространяются в
вакууме, а

Г. Максвелл утверждает:
1) феноменологический, т.е. э. и
мех. св-ва среды относ-но в нем с
пом. 3-х величин: E, M, J .
Зависимость этих вел-и от св-ва среды
в теории не рассматривается.

Рисунки к теории Максвелла



Уравнения Максвелла

Матем. поле соуд-ся упоряд-шено
се дд. ми-потенс проверено и
коже векторношаме токми.

$$\vec{j}_{\text{ам}} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} - \text{плотность тока смещения,}$$

\vec{D} - вектор. смещение (эл. циркуляция)

$$\vec{j}_{\text{полн}} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} - \text{плотность полного тока.}$$

3) Одобуемте ρ -не Кулона:

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \int_V \rho dV = q$$

- поток смещения сворз замкнут. пов-са,
охватывающа эл. q , = полн заряду
(г. Одр. - Гаусса).

4. Мили магн. циркуция
всегда замкнут:

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

Дополнительно 4 ур-е Максвелла
невер-ли ур-еми световою.
векторы \vec{E} , \vec{D} , \vec{B} и \vec{H} с величинами,

Следствие из уравнений Максвелла

отношения между \vec{H} и \vec{M} и \vec{D} и \vec{E} в среде:

$$\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E}$$
$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$$
$$\vec{j} = \gamma \vec{E}$$