



**САМОИНДУКЦИЯ.
ИНДУКТИВНОСТЬ.**

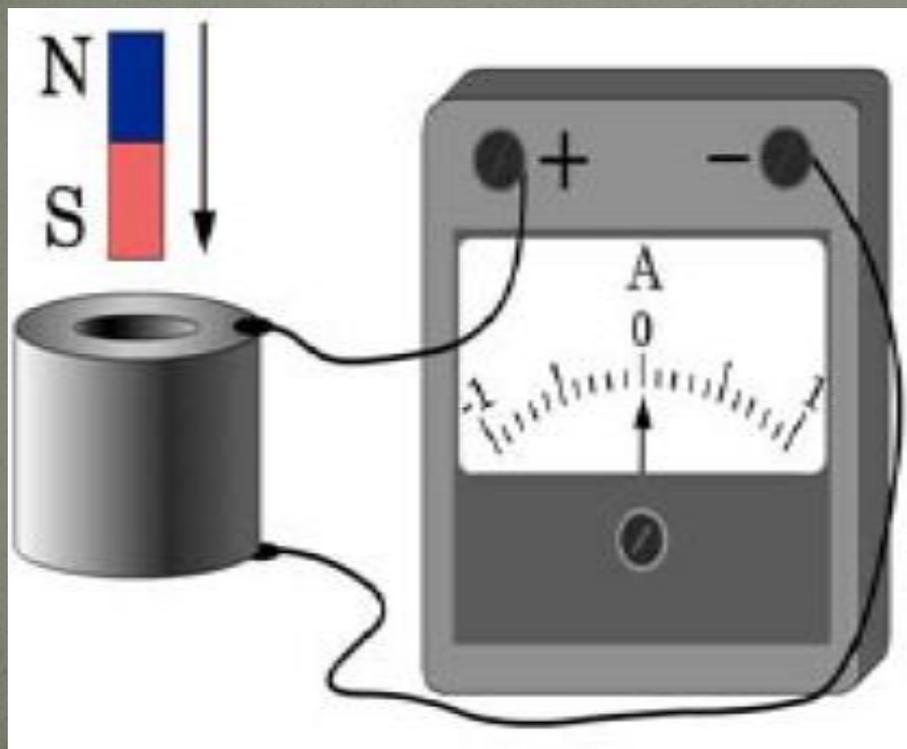
Повторение

- Явление ЭМИ заключается в том, что...
- Для возникновения индукционного тока необходимо, чтобы замкнутый контур...
- Поток магнитной индукции – это...
- Направление индукционного тока определяется...
- Закон Ленца является следствием...

Повторение

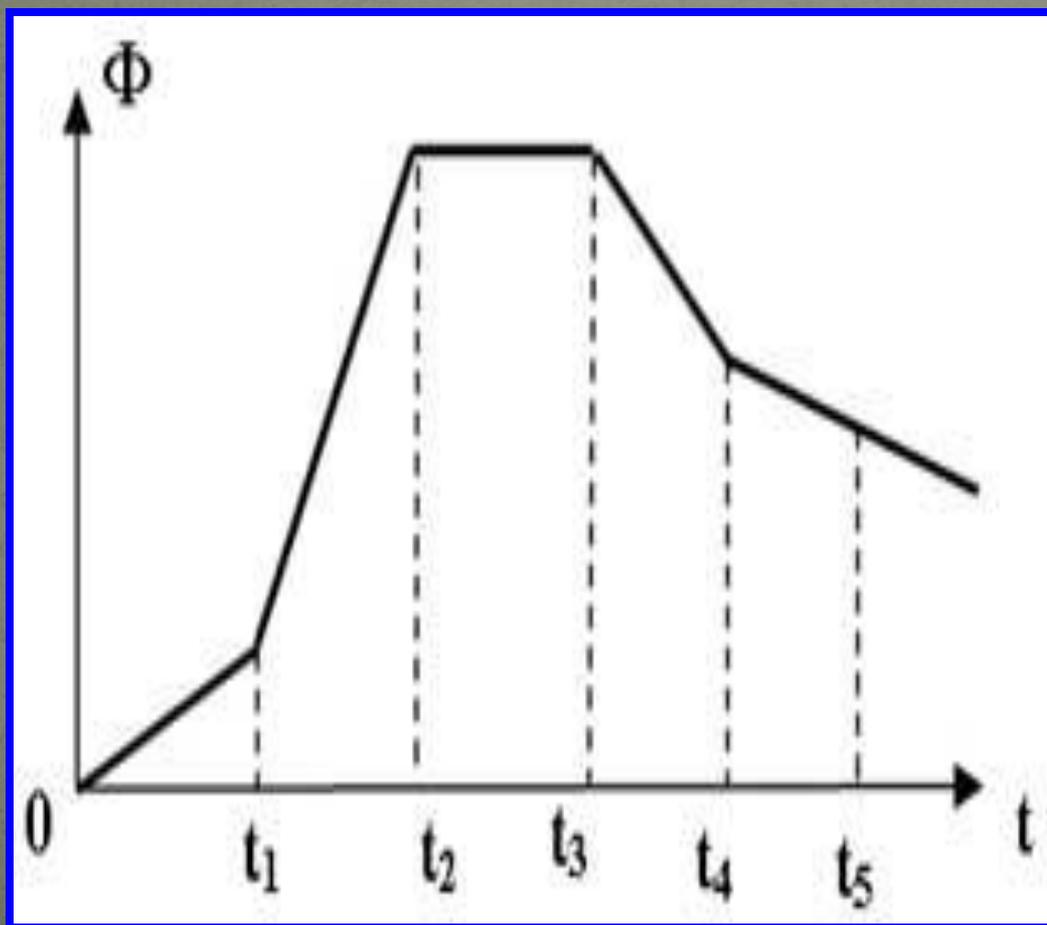
- Какова причина возникновения ЭДС в неподвижных проводниках? В движущихся проводниках?
- Что такое вихревое электрическое поле? Каковы его особенности?
- Как рассчитать ЭДС индукции в движущихся проводниках?

При внесении южного полюса магнита в катушку амперметр фиксирует возникновение индукционного тока. Что необходимо сделать, чтобы увеличить силу индукционного тока?



1. увеличить скорость внесения магнита
2. вносить в катушку магнит северным полюсом
3. изменить полярность подключения амперметра
4. взять амперметр с меньшей ценой деления

В какой промежуток времени модуль ЭДС индукции имеет минимальное значение?



А) $0 - t_1$

Б) $t_1 - t_2$

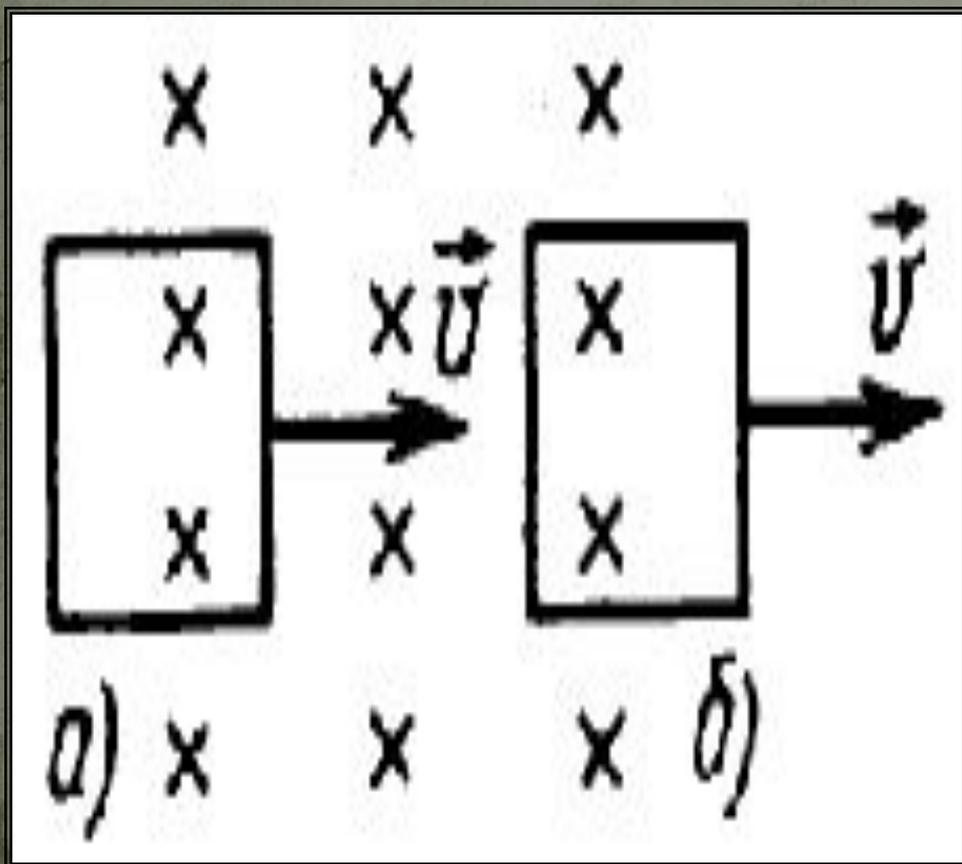
В) $t_2 - t_3$

Г) $t_3 - t_4$

Д) $t_4 - t_5$

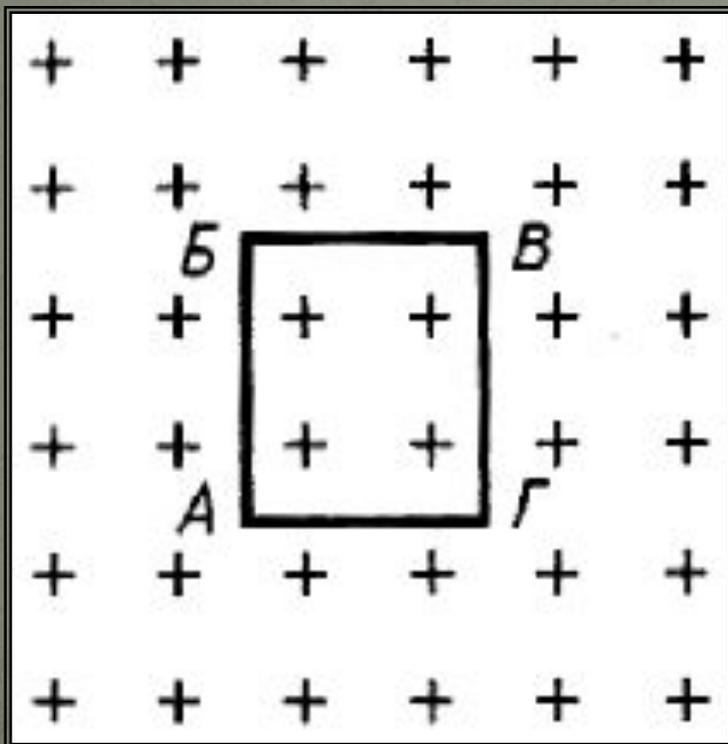


Укажите направление индукционного тока в рамке при введении ее в однородное магнитное поле и выведении из него



- А) а — по часовой стрелке;
 б — против часовой стрелки
- Б) В обоих случаях — против часовой стрелки.
- В) А — против часовой стрелки;
 б — по часовой стрелке

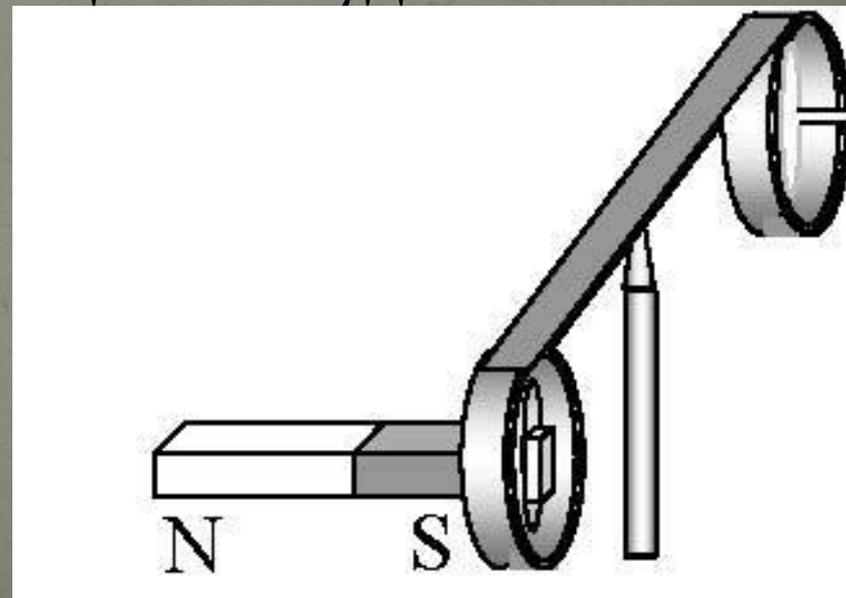
При каком направлении движения контура в магнитном поле в последнем будет индукционный ток?



- А) Двигается в плоскости рисунка вниз-вверх.
- Б) Поворачивается вокруг стороны АГ.
- В) Двигается

На рисунке изображен момент демонстрационного эксперимента по проверке правила Ленца, когда все предметы неподвижны. Южный полюс магнита находится внутри сплошного металлического кольца, но не касается его. Коромысло с металлическими кольцами может свободно вращаться вокруг вертикальной опоры. При выдвигении магнита из кольца оно будет

1. оставаться неподвижным
2. двигаться против часовой стрелки
3. совершать колебания
4. перемещаться вслед за магнитом





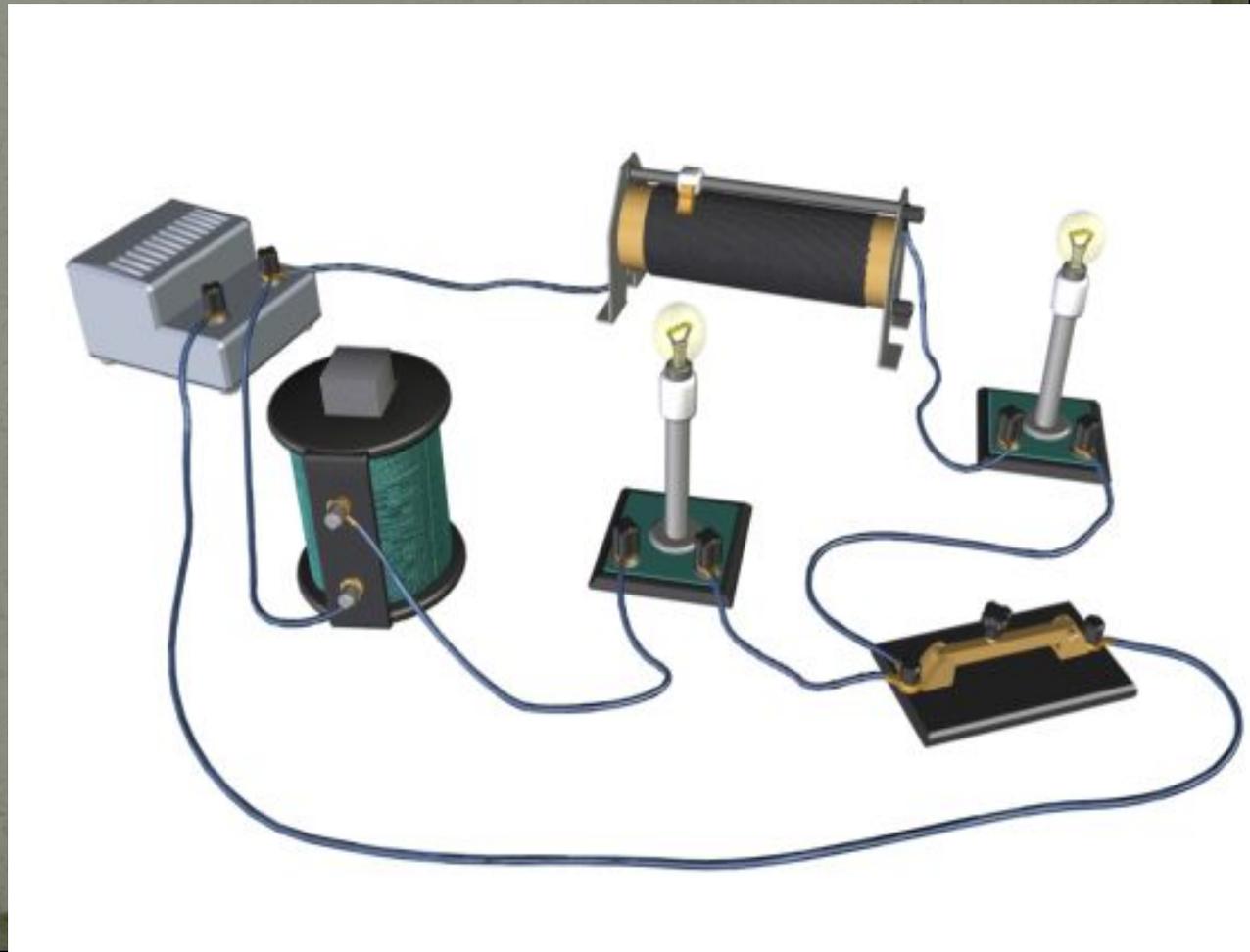
Джозеф Генри
(1797 – 1878)

В опытах Фарадея индукционный ток возникал вследствие изменения магнитного потока в катушке, вызванного изменением индукции внешнего магнитного поля. Американский ученый *Джозеф Генри* в 1832 г. впервые наблюдал возникновение индукционного тока в катушке, когда магнитный поток в ней увеличивался или уменьшался вследствие изменения тока, протекающего в самой катушке. Это явление получило название *самоиндукции*.

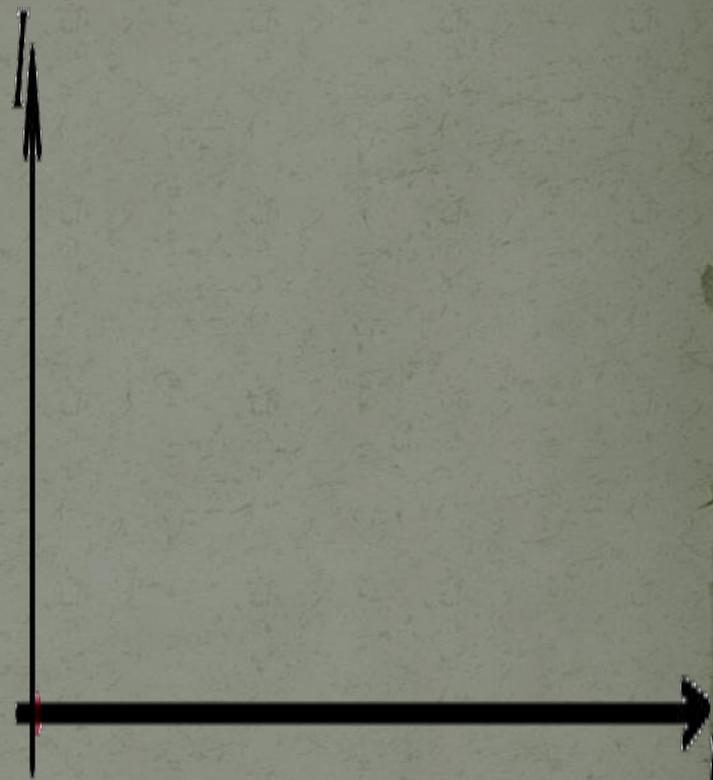
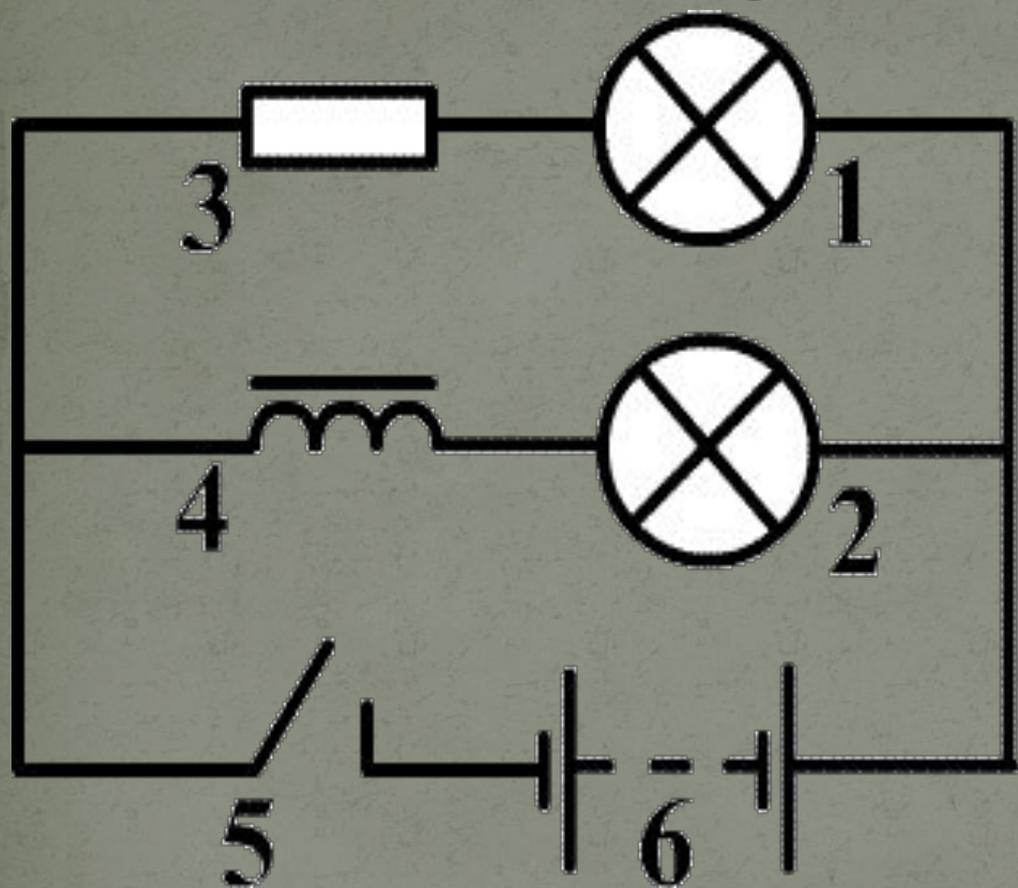
Самоиндукция -

явление возникновения ЭДС индукции в контуре при изменении силы тока в этом же контуре.

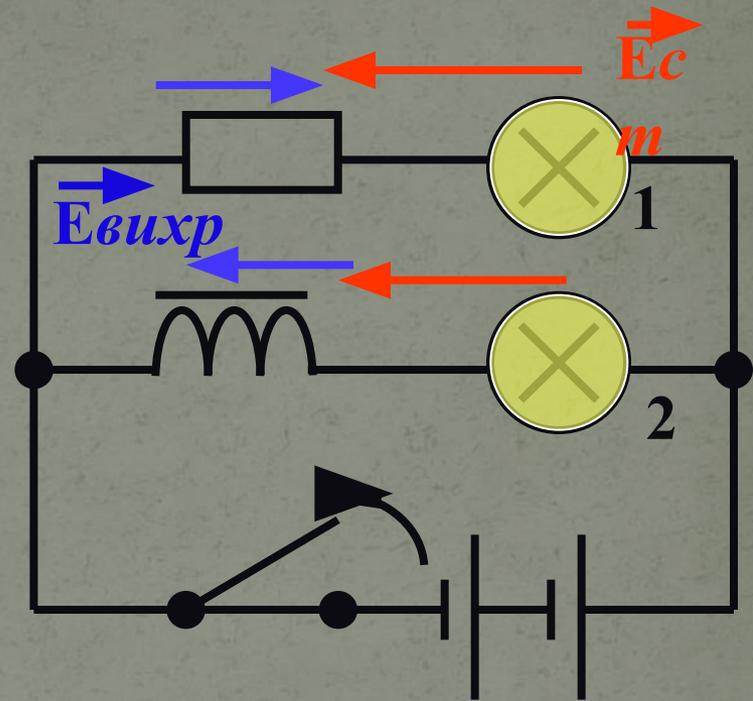
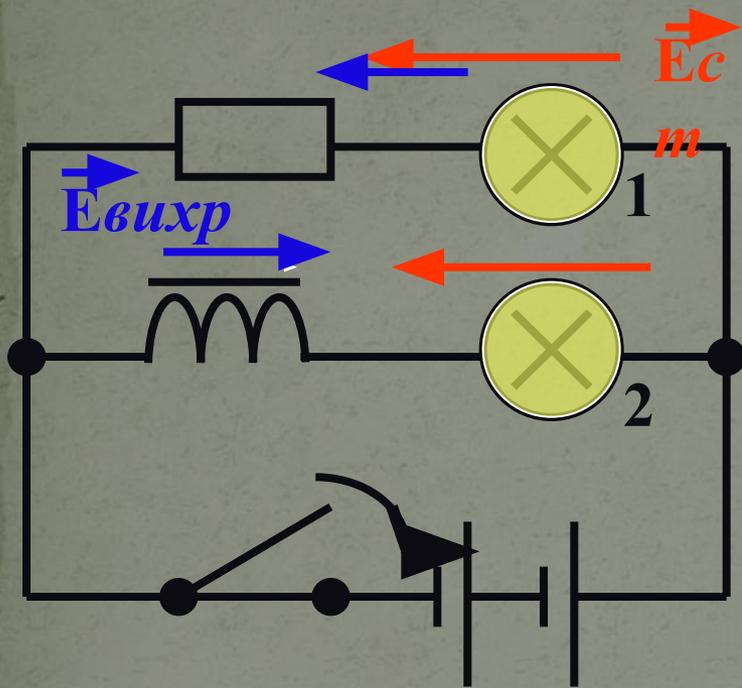
Джозеф Генри
1832 г.



Опыт

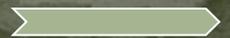


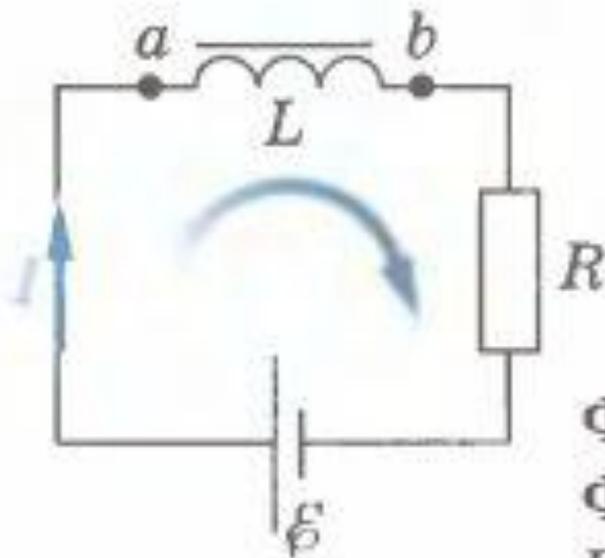
Самоиндукция



$$\vec{F} = q\vec{E}$$

$$\vec{E} = \vec{E}_{ст} + \vec{E}_{вихр}$$

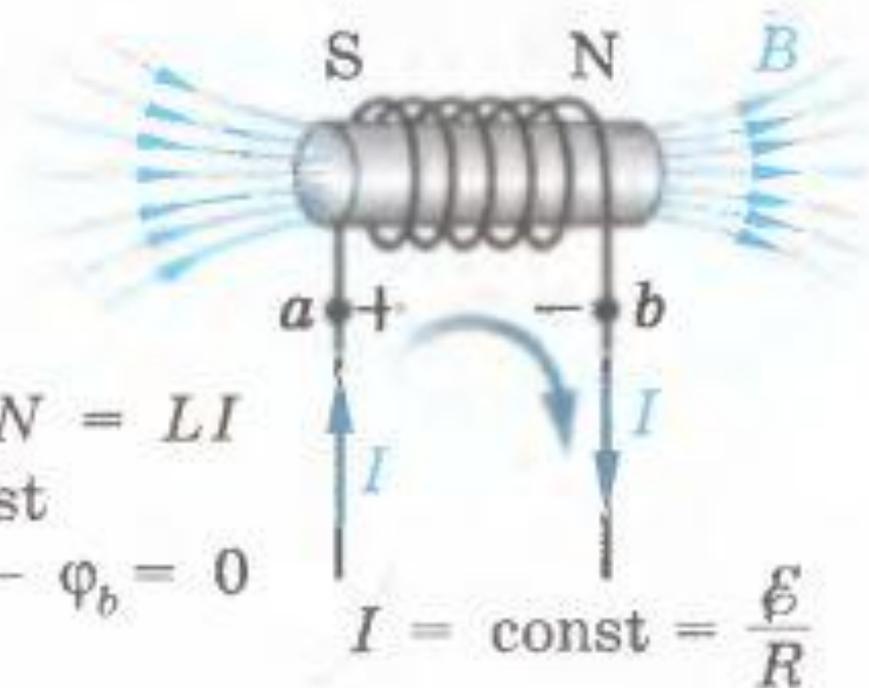




$$\Phi = BSN = LI$$

$$\Phi = \text{const}$$

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = 0$$

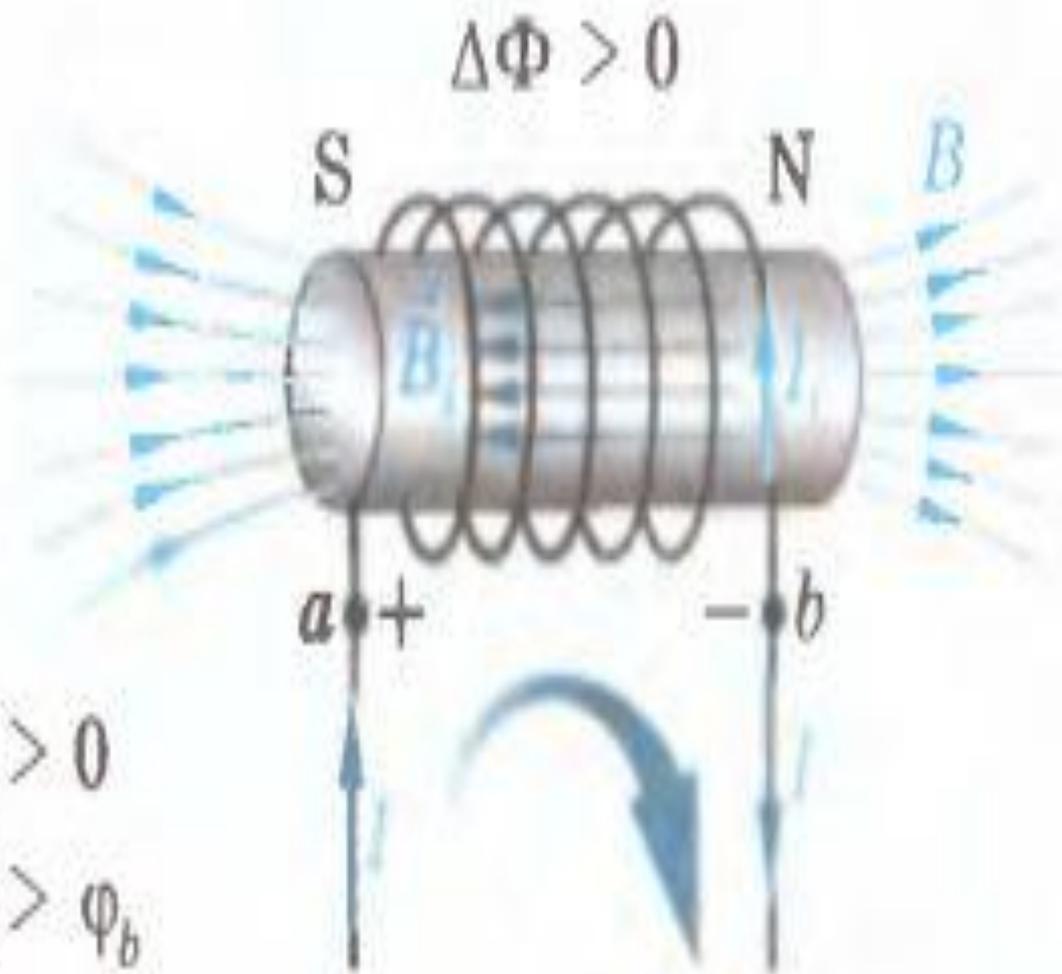
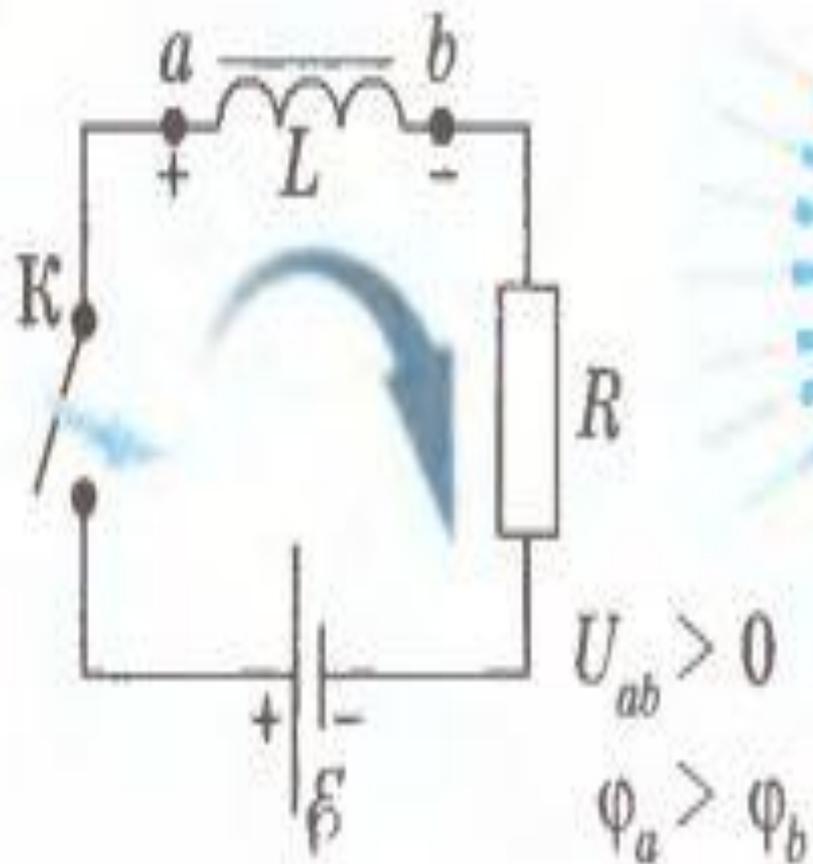


- Если через соленоид протекает постоянный ток ($I = \text{const}$), ЭДС самоиндукции отсутствует. Так как катушка наряду с индуктивностью обладает электрическим сопротивлением R , то сила тока через нее

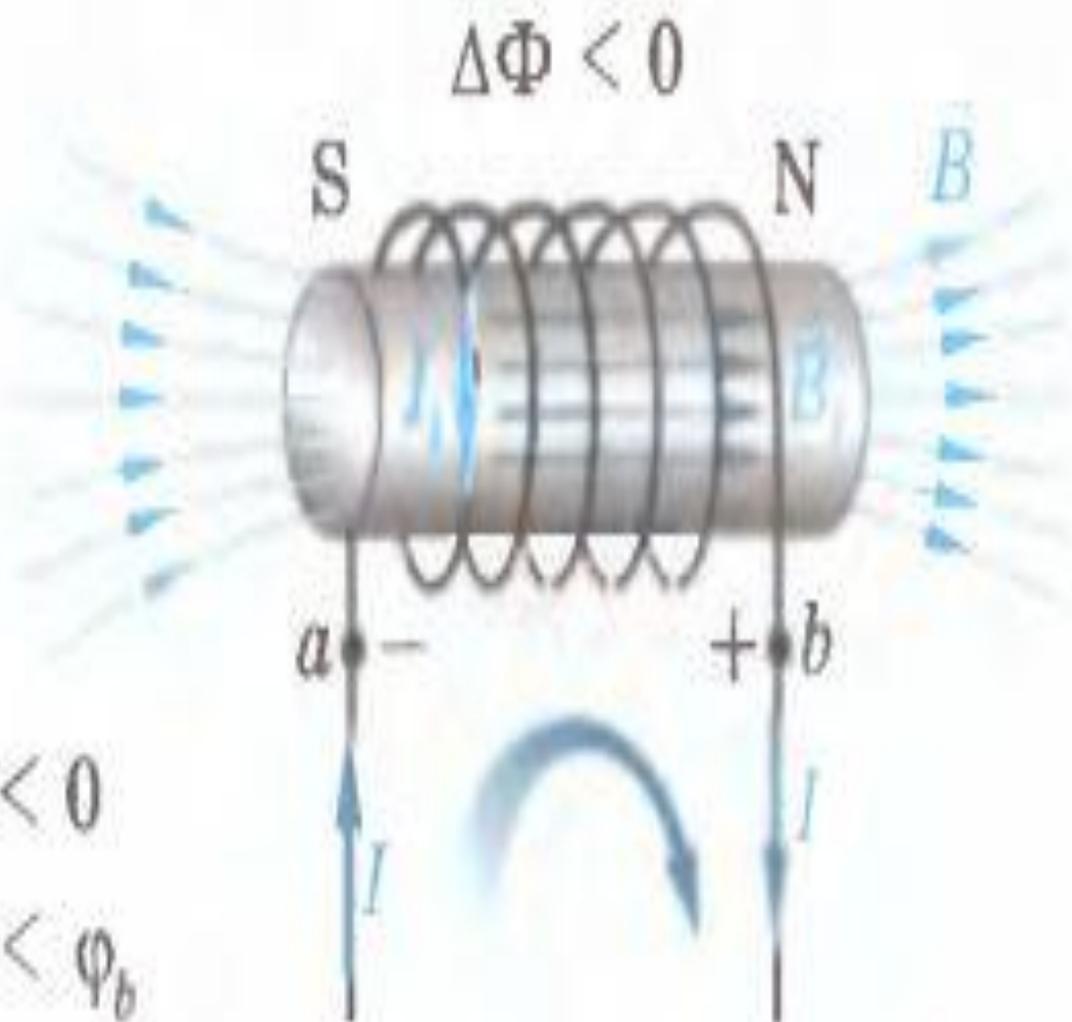
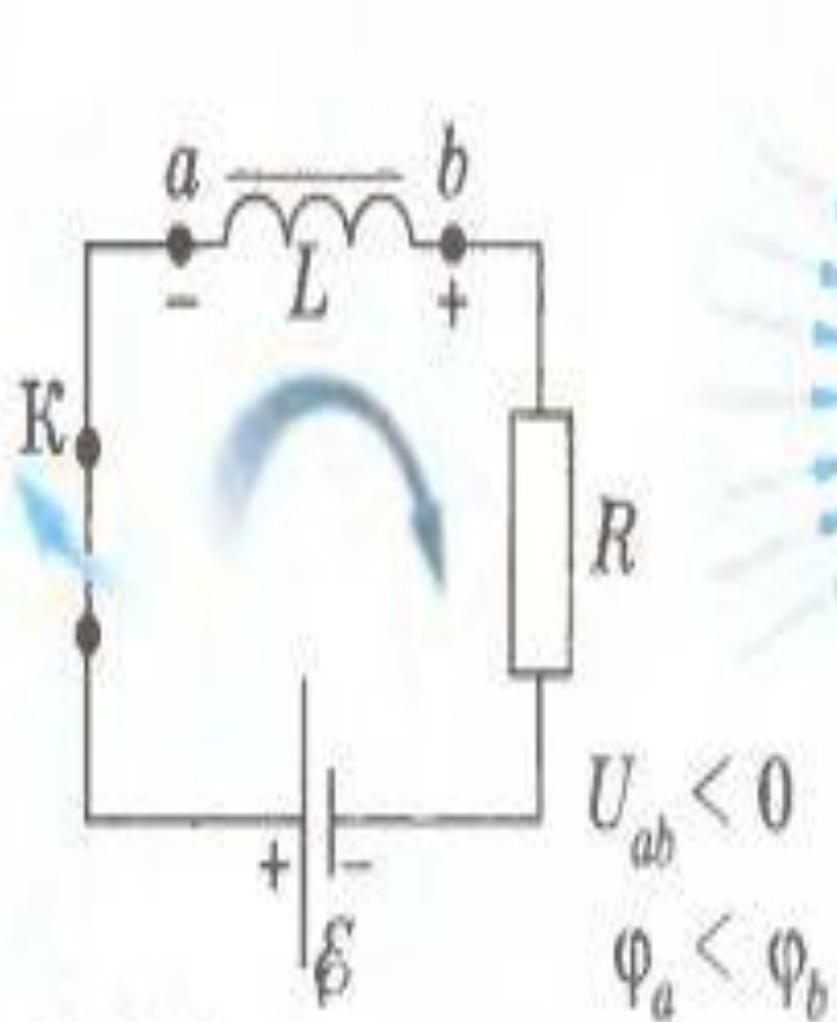
$$\mathcal{E}_{si} = 0$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

Токи замыкания и размыкания



Токи замыкания и размыкания



Вывод формулы ЭДС самоиндукции

Если магнитное поле создано током, то можно утверждать, что $\Phi \sim B \sim I$, т.е. $\Phi \sim I$ или

$\Phi = LI$, где L – индуктивность контура (или коэффициент самоиндукции). Тогда

$$\mathcal{E}_{si} = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = - \frac{L\Delta I}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Закон самоиндукции

$$\mathcal{E}_{is} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

**ЭДС самоиндукции
пропорциональна скорости
изменения силы тока в
электрической цепи**

**В таком виде справедлив при равномерном
изменении силы тока**

ИНДУКТИВНОСТЬ

$$L = \frac{|\mathcal{E}|}{\frac{|\Delta I|}{\Delta t}}$$

$$L = \frac{\Phi}{I}$$

Характеризует способность проводника препятствовать изменению силы тока.

Физический смысл индуктивности

Индуктивность контура численно равна ЭДС самоиндукции, возникающей при изменении силы тока на 1 А за 1 с.

$$[L] = 1 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{А}} = 1 \text{ Гн}$$

ИНДУКТИВНОСТЬ зависит:

1. от размеров проводника
2. от формы проводника
3. от магнитных свойств среды

ИНДУКТИВНОСТЬ НЕ ЗАВИСИТ :

ОТ С



Следствия самоиндукции

Вследствие явления

самоиндукции при размыкании цепей, содержащих катушки со стальными сердечниками (электромагниты, двигатели, трансформаторы) создается значительная ЭДС самоиндукции и может возникнуть искрение или даже дуговой разряд.

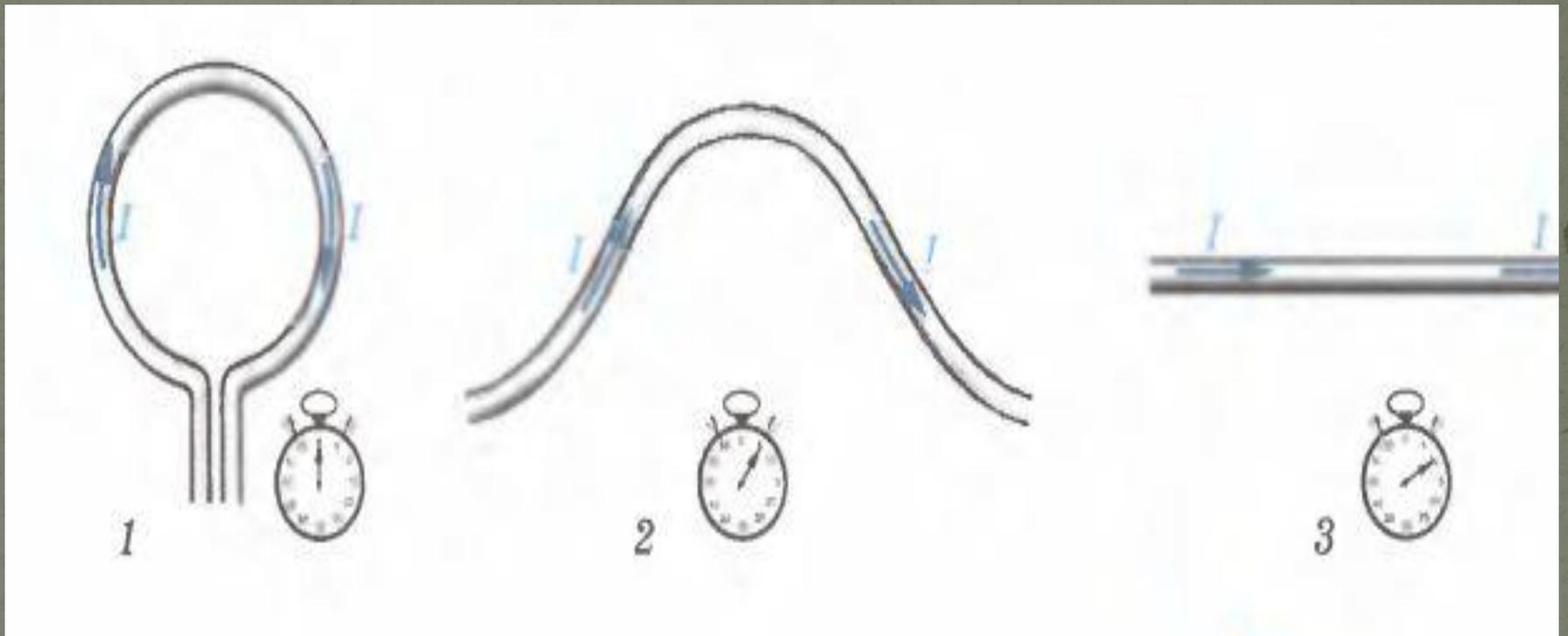


Учет явления самоиндукции

В цепях, содержащих большую индуктивность (трансформаторы, генераторы, электродвигатели), выключение тока проводят **медленно**, чтобы ЭДС самоиндукции не превысила ЭДС источника, и прибор не вышел из строя.

Энергия магнитного поля тока

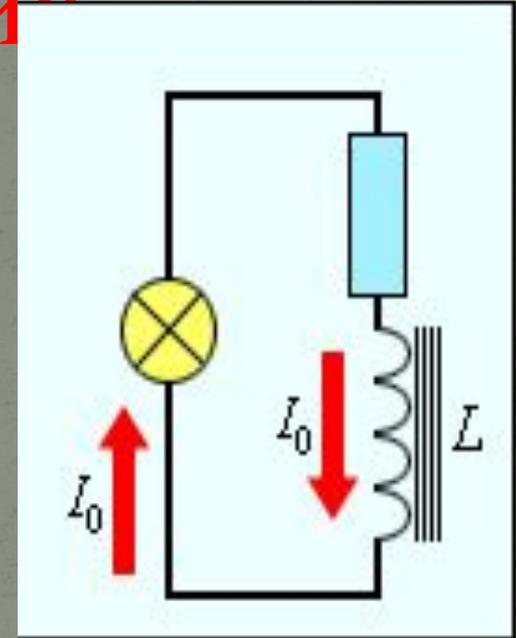
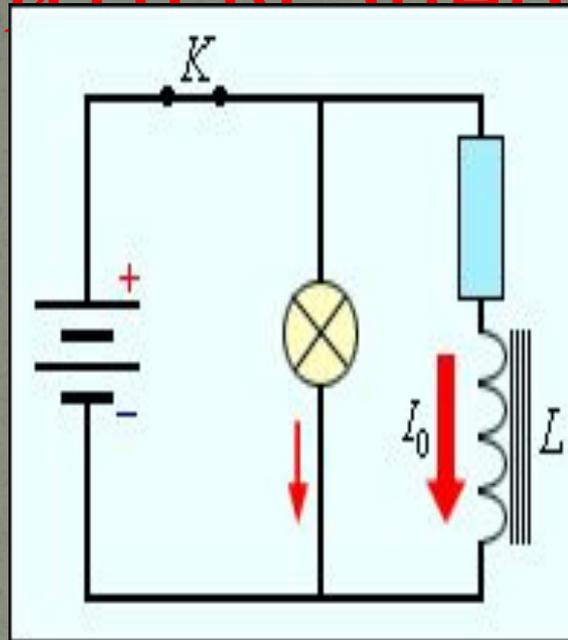
Работа силы Ампера при перемещении проводника с током в магнитном поле



- При пропускании тока через гибкий свободный проводник, согнутый в виде кругового витка, проводник распрямляется

Магнитная энергия

- При размыкании ключа лампа ярко вспыхивает.



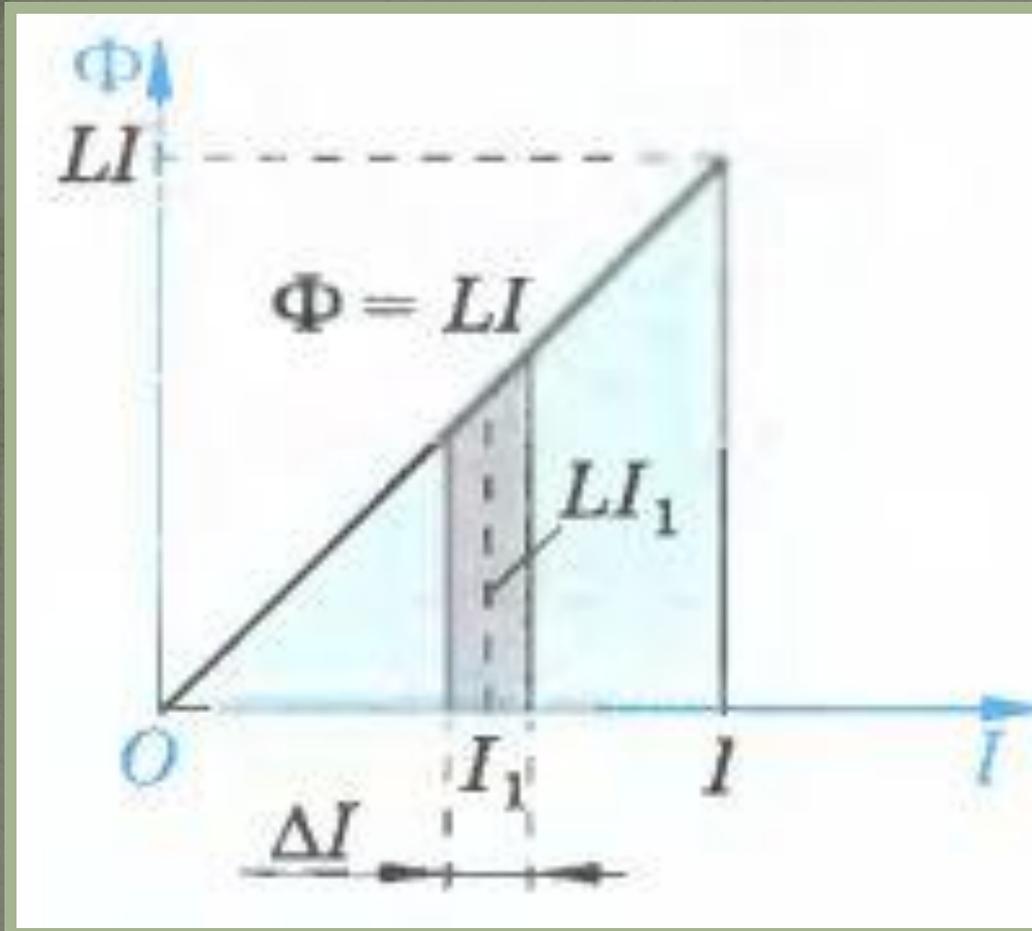
- Ток в цепи возникает под действием ЭДС самоиндукции.
- Источником энергии, выделяющейся при этом в электрической цепи, является магнитное поле катушки.

Магнитная энергия.

- Из закона сохранения энергии следует, что вся энергия, запасенная в катушке, выделится в виде джоулева тепла.
- Если обозначить через R полное сопротивление цепи, то за время Δt выделится количество теплоты

$$\Delta Q = I^2 R \Delta t$$

Энергия магнитного поля



● Геометрическая интерпретация энергии магнитного поля контура с током

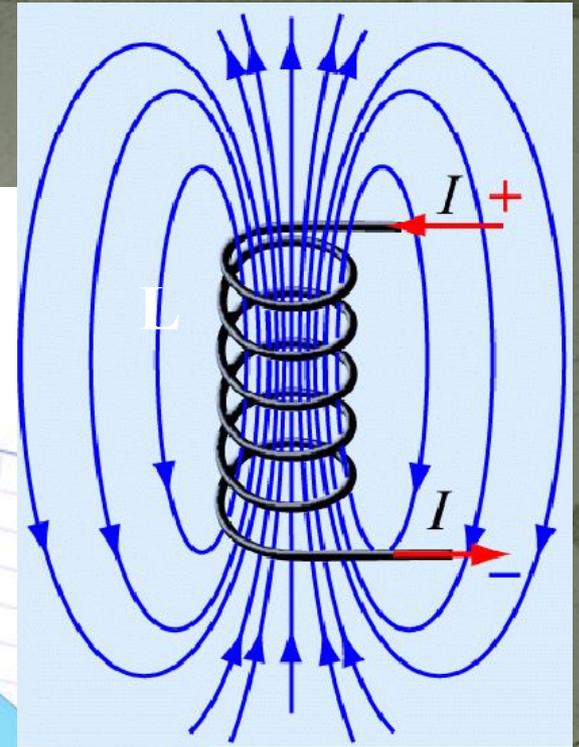
$$A = \frac{LI^2}{2}.$$

Полное количество выделившейся теплоты, равное первоначальному запасу энергии магнитного поля, определяется площадью треугольника.

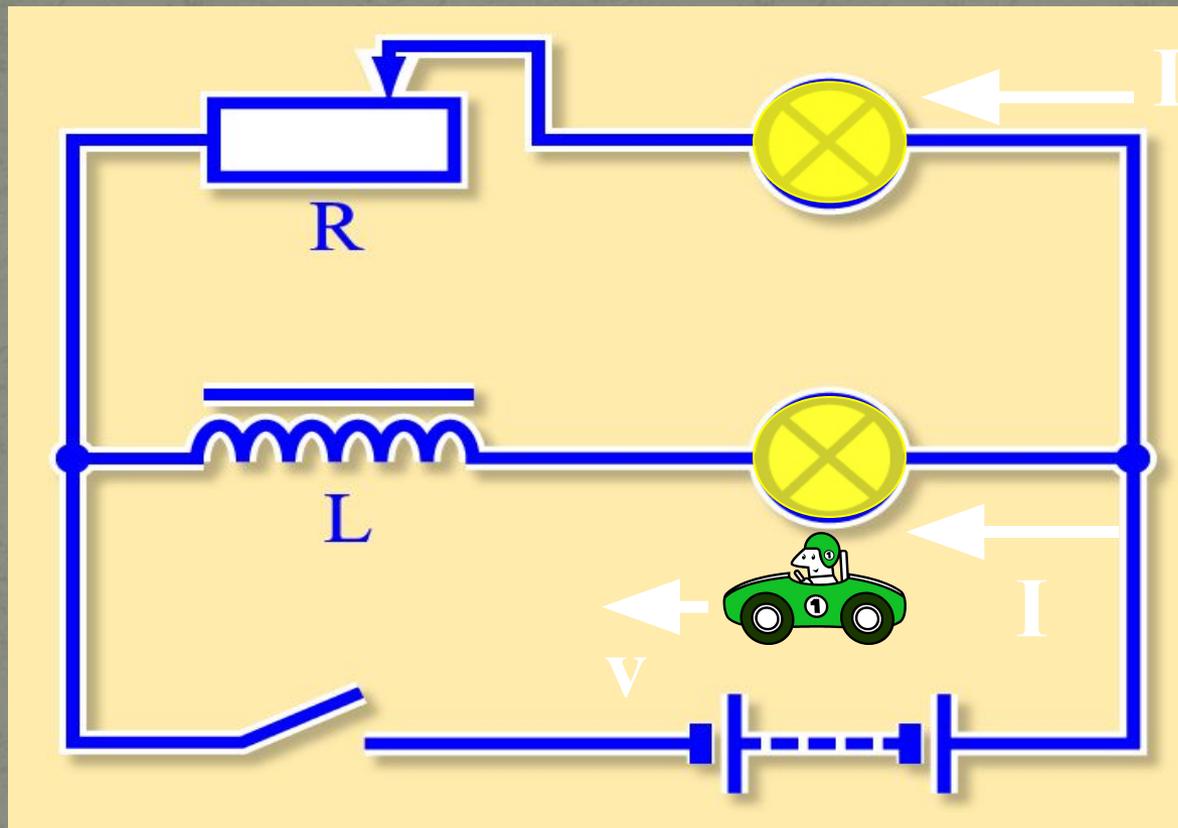
Магнитная энергия.

$$W_M = \frac{LI^2}{2}$$

W_M – энергия магнитного поля тока
 L – индуктивность
 I – сила тока в проводнике



Аналогия между установлением тока и приобретением скорости



Аналогия между установлением в цепи тока величиной I и процессом набора телом скорости V

1. Установление в цепи тока I происходит постепенно.
2. Для достижения силы тока I необходимо совершить работу.
3. Чем больше L , тем медленнее растет I .
- 4.

$$W_M = \frac{LI^2}{2}$$

1. Достижение телом скорости V происходит постепенно.
2. Для достижения скорости V необходимо совершить работу.
3. Чем больше m , тем медленнее растет V .
- 4.

$$E_k = \frac{mV^2}{2}$$

ИНДУКТИВНОСТЬ

L

СИЛА ТОКА

i

ЭНЕРГИЯ
МАГНИТНОГО ПОЛЯ

$$W_m = \frac{Li^2}{2}$$

САМОИНДУКЦИЯ

МАССА

m

СКОРОСТЬ

v

КИНЕТИЧЕСКАЯ
ЭНЕРГИЯ

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

ИНЕРЦИЯ

ЭДС самоиндукции

1. В катушке возникает магнитный поток $0,015$ Вб, когда по ее виткам проходит ток $5,0$ А. Сколько витков содержит катушка, если ее индуктивность 60 мГн?
2. Во сколько раз изменится индуктивность катушки без сердечника, если число витков в ней увеличить в два раза?
3. Какая э.д.с. самоиндукции возникнет в катушке с индуктивностью 68 мГн, если ток $3,8$ А исчезнет в ней за $0,012$ с?

4. Определить индуктивность катушки, если при ослаблении в ней тока на $2,8 \text{ A}$ за 62 мс в катушке появляется средняя э.д.с. самоиндукции 14 В .

5. За сколько времени в катушке с индуктивностью 240 мГн происходит нарастание тока от нуля до $11,4 \text{ A}$, если при этом возникает средняя э.д.с. самоиндукции 30 В ?

Энергия электромагнитного поля

1. По катушке с индуктивностью $0,6 \text{ Гн}$ течет ток силой 20 А . Какова энергия магнитного поля катушки? Как изменится эта энергия при возрастании силы тока в 2 раза? в 3 раза?
2. Какой силы ток нужно пропускать по обмотке дросселя с индуктивностью $0,5 \text{ Гн}$, чтобы энергия поля оказалась равной 100 Дж ?
3. Энергия магнитного поля какой катушки больше и во сколько раз, если первая имеет характеристики: $I_1=10\text{А}$, $L_1=20 \text{ Гн}$, вторая: $I_2=20\text{А}$, $L_2=10 \text{ Гн}$?

Энергия электромагнитного поля

4. Определить энергию магнитного поля катушки, в которой при токе $7,5 \text{ А}$ магнитный поток равен $2,3 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}$. Число витков в катушке 120 .
5. Определить индуктивность катушки, если при токе $6,2 \text{ А}$ ее магнитное поле обладает энергией $0,32 \text{ Дж}$.
6. Магнитное поле катушки с индуктивностью 95 мГн обладает энергией $0,19 \text{ Дж}$. Чему равна сила тока в катушке