

Явление самоиндукции. Энергия магнитного поля.



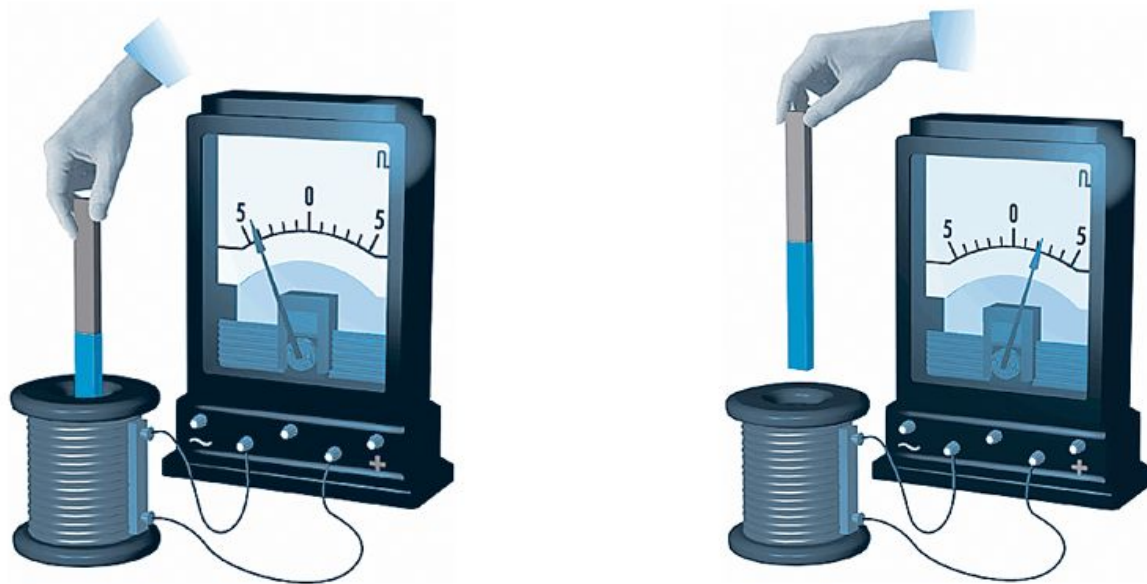
russian-kraeved.livejournal.com

Домашнее задание

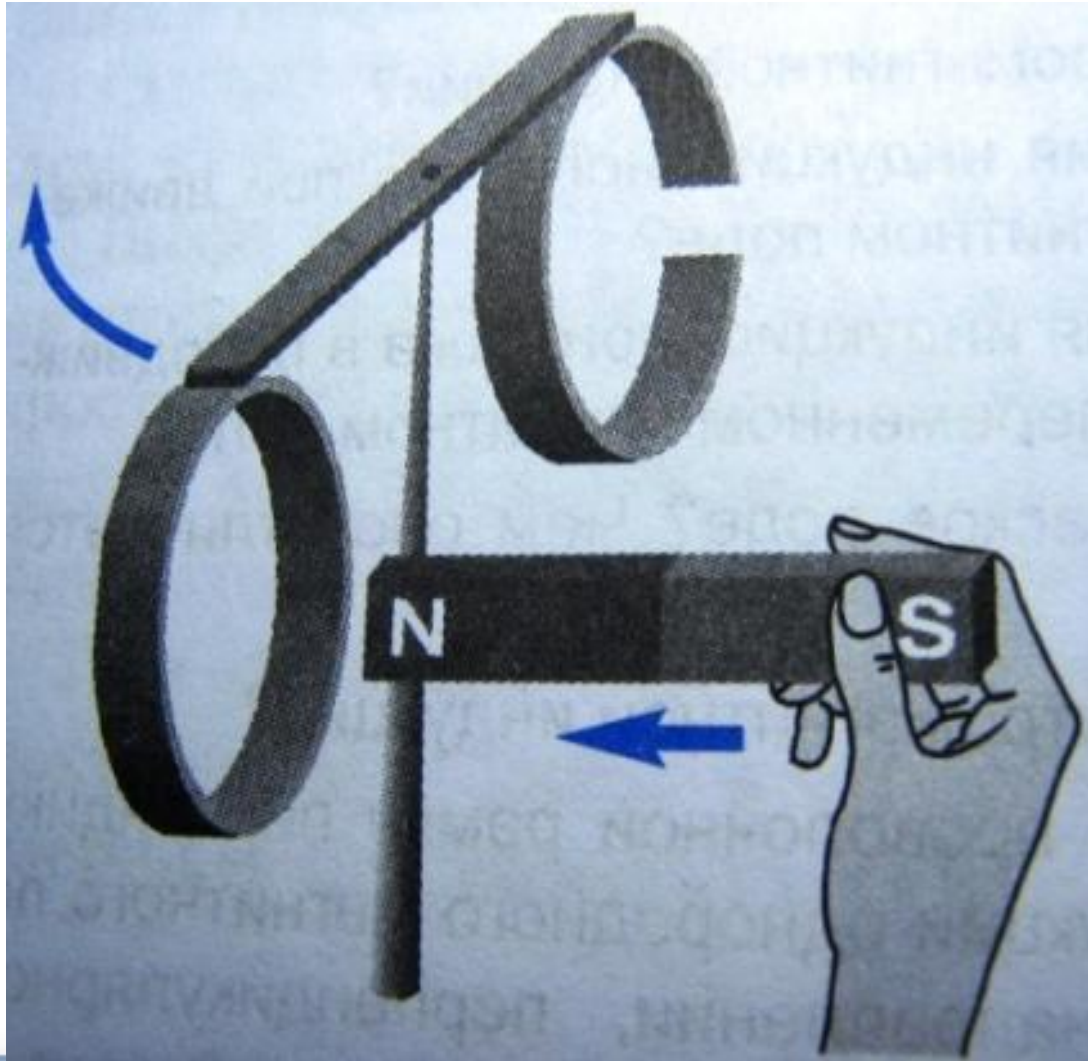
- Переписать содержание слайдов презентации в тетрадь.
- Решить задачи.

Направление индукционного тока

Вспомним опыт Фарадея: направление отклонения стрелки амперметра (а значит, и направление тока) может быть различным.




Объяснение опыта Ленца



Закон сохранения энергии

Если магнитный поток через контур возрастает, то направление индукционного тока в контуре таково, что вектор магнитной индукции созданного этим током поля направлен противоположно вектору магнитной индукции внешнего магнитного поля.

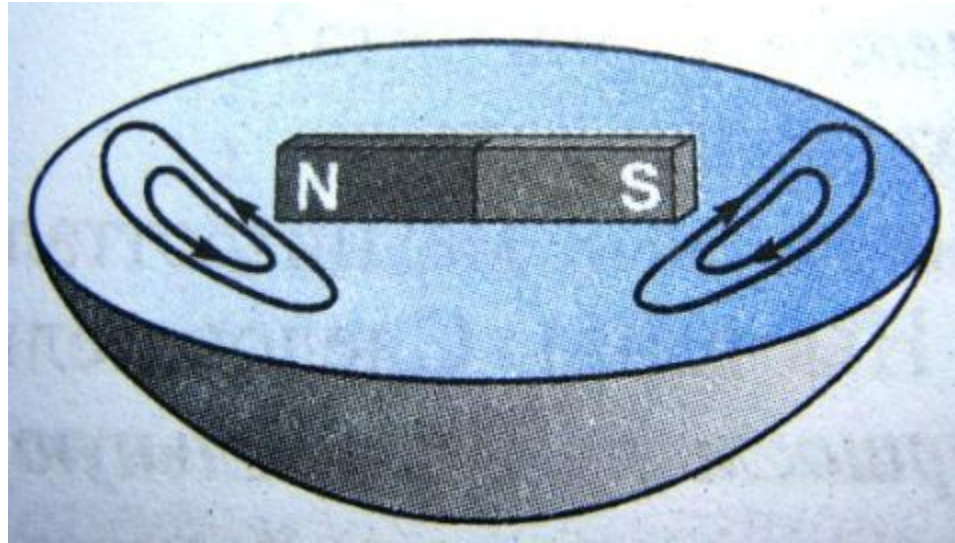
Если магнитный поток через контур уменьшается, то направление индукционного тока таково, что вектор магнитной индукции созданного этим током поля сонаправлен вектору магнитной индукции внешнего поля.



Правило Ленца: индукционный ток имеет такое направление, что созданный им магнитный поток всегда стремится скомпенсировать то изменение магнитного потока, которое вызвало данный ток.

Правило Ленца является следствием закона сохранения

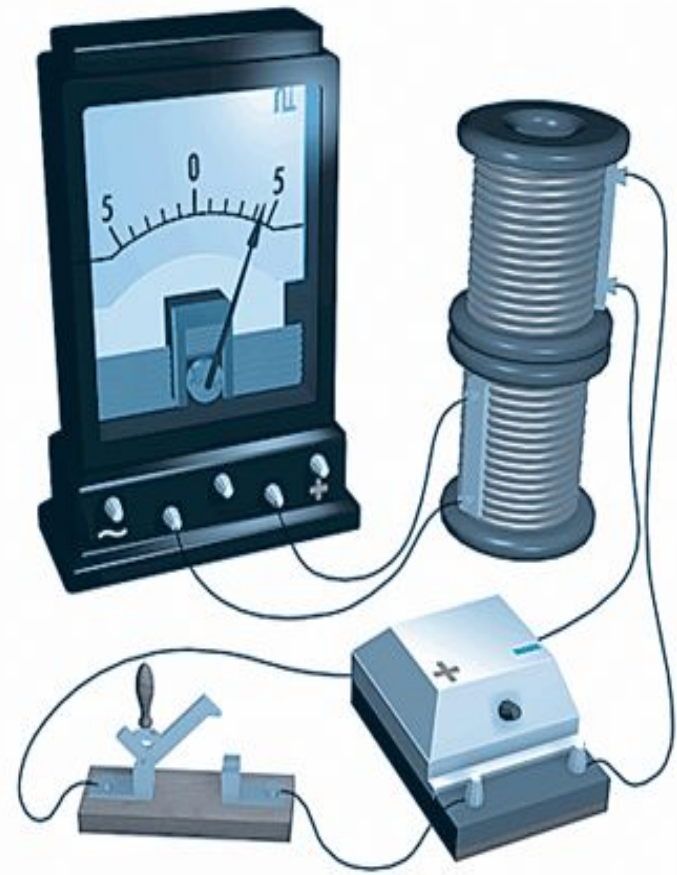
Парение магнита над сверхпроводящей чашей



Магнит падает; возникает переменное магнитное поле; возникает вихревое электрическое поле; в сверхпроводнике возникают незатухающие кольцевые токи; согласно правилу Ленца направление этих токов таково, что магнит отталкивается от сверхпроводника; магнит «парит» над чашей.

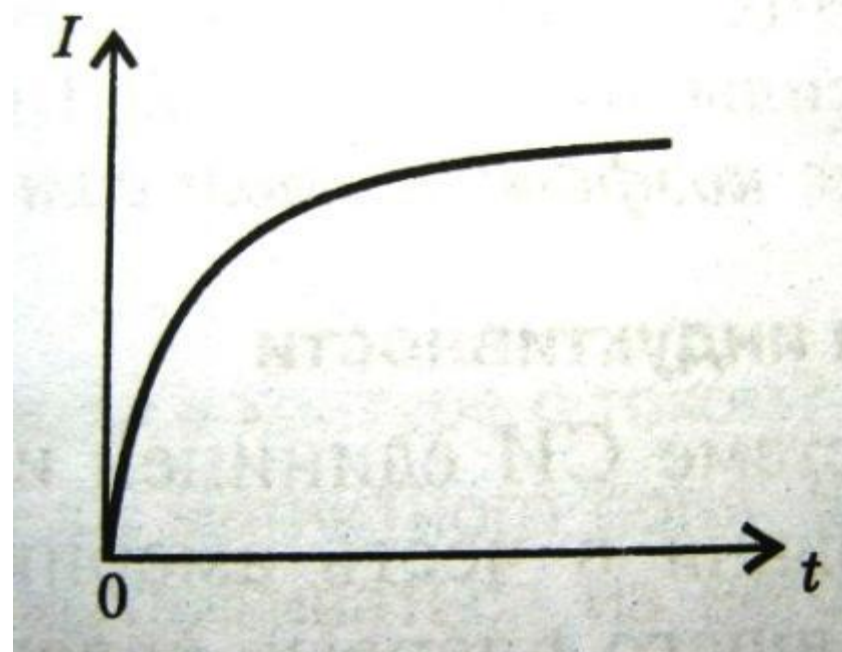
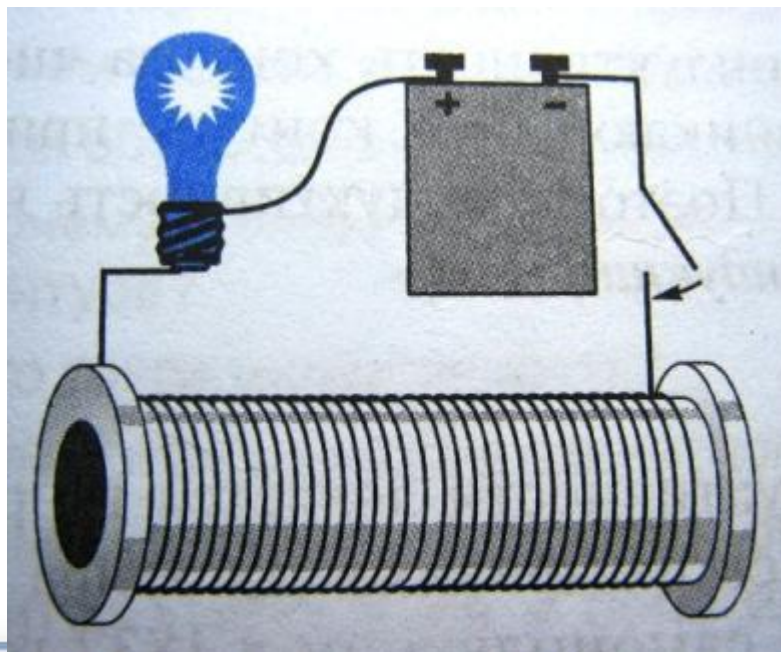
В чем заключается явление ЭМИ?

Если в цепи, содержащей замкнутый контур (катушку) менять силу тока, то в самом контуре возникнет ещё и индукционный ток. Этот ток также будет подчиняться правилу Ленца.



Явление самоиндукции

При замыкании цепи с катушкой определенное значение силы тока устанавливается лишь спустя некоторое время. Впервые это явление наблюдал в 1832 г. Джозеф Генри.



Джозеф Генри



(1797 – 1878)

- Американский физик
- Открыл самоиндукцию
- Независимо от Фарадея обнаружил взаимоиндукцию
- Работы по электромагнитным реле были основой для изобретения электрического телеграфа

САМОИНДУКЦИЯ –
возникновение вихревого
электрического поля в
проводящем контуре при
изменении силы тока в нем;
частный случай
электромагнитной индукции.

Вследствие самоиндукции замкнутый контур обладает «инертностью»: силу тока в контуре, содержащем катушку, нельзя изменить мгновенно.

Изменяющийся ток в проводнике /
создае

Переменное магнитное поле (B, Φ)

порождает

Вихревое электрическое поле (\mathcal{E}, E)

действует на

Свободные заряды в контуре (q_0, U)

приходят в движение, создавая

Индукционный ток (I_i)

создает

Свое магнитное поле (B_i)

Мешает
изменению

Мешает изменению

Индуктивность

Способность проводника в с током создавать магнитное поле

L – индуктивность; I – сила тока;

Φ – магнитный поток, созданный током.

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

Индуктивность проводника – это скалярная физическая величина численно равная отношению магнитного потока, созданного током в соленоиде к силе тока в нем

Индуктивность показывает, какой магнитный поток создается соленоидом при протекании по нему единичной силы тока.

$$L = \frac{\Phi}{I = 1}$$

Генри равен индуктивности такого соленоида, в котором при силе постоянного тока в 1 А создается магнитный поток в 1 Вб. $[L] = 1 \text{ Гн} = 1 \frac{\text{Вб}}{\text{А}}$

Индуктивность соленоида зависит от его размеров, формы и магнитных свойств среды внутри соленоида

$$L = \frac{\mu\mu_0 N^2 S}{l}$$

Способ измерения косвенный

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

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

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

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

Знак «-» показывает, что наличие индуктивности в проводнике приводит к замедлению изменения силы тока в нем.

Если сила тока в проводнике возрастает ($\Delta I/\Delta t$), то ЭДС самоиндукции меньше нуля, т.е. ЭДС самоиндукции противоположна по знаку ЭДС источника тока и препятствует нарастанию силы тока в проводнике, и наоборот.

Индуктивность

Способность проводника влиять на быстроту установления тока в цепи. Обнаруживает себя в цепях с изменяющимся током. Индуктивность препятствует изменению тока.

L – индуктивность; ΔI – изменение силы тока;
 Δt – изменение времени, \mathcal{E}_{is} – ЭДС самоиндукции

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

Индуктивность проводника – это скалярная физическая величина численно равная отношению ЭДС самоиндукции, возникающей в проводнике при изменении в нем силы тока, к быстроте изменения силы тока.

Индуктивность показывает, какая ЭДС самоиндукции возникает в соленоиде при единичном изменении в нем силы тока за единицу времени.

$$L = \frac{\mathcal{E}_{is}}{\frac{\Delta I}{\Delta t}} = 1$$

Генри равен индуктивности такого проводника, в котором при изменении силы тока на 1 А за 1 с возникает ЭДС самоиндукции в 1 В.

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

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

Масса

Характеризует инертность тела, способность тела влиять на быстроту установления скорости тела. Обнаруживает себя при попытке изменить скорость тела

$$m = \frac{F\Delta t}{\Delta v}; m = \frac{p}{v}$$

Масса – одна из основных характеристик любого материального объекта, являющаяся мерой его инертности и гравитации

Масса препятствует изменению скорости тела

$$\downarrow \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{F}{m} \uparrow$$

Масса зависит от рода вещества, размеров и формы тела

$$m = \rho V = \rho S l$$

Индуктивность

Характеризует способность проводника влиять на быстроту установления тока в цепи. Обнаруживает себя в цепях с изменяющимся током

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

Индуктивность проводника – это скалярная физическая величина численно равная отношению магнитного потока, созданного током в соленоиде к силе тока в нем

Индуктивность препятствует изменению тока в проводнике

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

Индуктивность соленоида зависит от его размеров, формы и магнитных свойств среды внутри соленоида

$$L = \frac{\mu\mu_0 N^2 S}{l}$$



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.

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.



Вывод:

1. В цепи установление силы тока происходит постепенно.
2. Для достижения силы тока необходимо совершить работу.
3. Чем больше индуктивность, тем медленнее растет сила тока.

4. $W_M = \frac{LI^2}{2}$ - энергия магнитного поля

Закрепление

Задача 1.

Какова индуктивность контура, если при силе тока 5 А в нем возникает магнитный поток 0,5 мВб?

Задача 2.

Какой магнитный поток возникает в контуре индуктивностью 0,2 мГн при силе тока 10 А?

Закрепление

Задача 3.

Найти индуктивность проводника, в котором равномерное изменение силы тока на 2 А в течение 0,25 с возбуждает ЭДС самоиндукции 20 мВ.

Закрепление

Задача 4.

Какая ЭДС самоиндукции возбуждается в обмотке электромагнита индуктивностью $0,4 \text{ Гн}$ при равномерном изменении силы тока в ней на 5 А за $0,02 \text{ с}$?

Источники информации

- Диск «Физика 7-11 классы. Библиотека наглядных пособий» из серии 1С: Образование, 2003-2006
- Учебник «Физика - 11», Л.Э. Генденштейн, Ю.И. Дик, М.: Илекса, 2007 г.
- <http://dmcc.com.ua/history/Faradey/magfin.gif>
- http://kraeved.irq3.com/Washington-DC_Smithsonian_2011-spring_P1010234_lj.jpg
- <http://classfizika.ru/phys/13.jpg>