

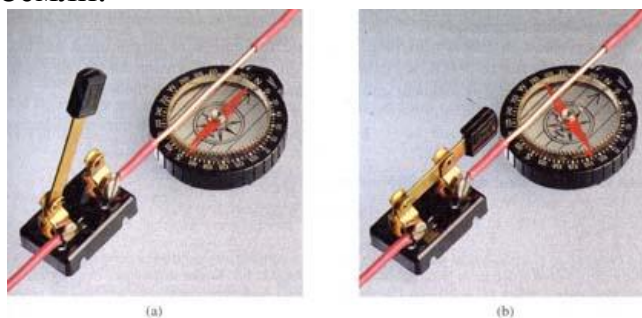
### 1. Теоретическая часть

#### Электромагнитное поле - история открытия и физические свойства

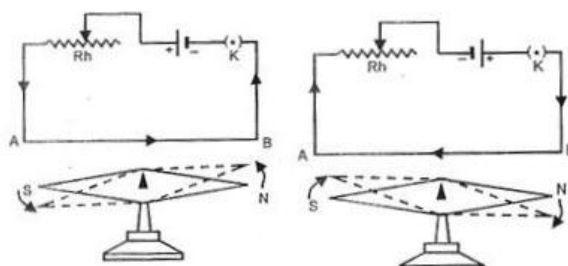
Электрические и магнитные явления известны человечеству с античных времен, ведь все же видели молнию, и многие древние знали о магнитах, притягивающих некоторые металлы. Багдадская батарейка, изобретенная 4000 лет назад — одно из свидетельств того, что задолго до наших дней человечество электричеством пользовалось, и судя по всему знало как оно работает. Тем не менее, считается, что до начала 19 века электричество и магнетизм рассматривались всегда отдельно друг от друга, принимались как несвязанные между собой явления, и относились к различным разделам физики.



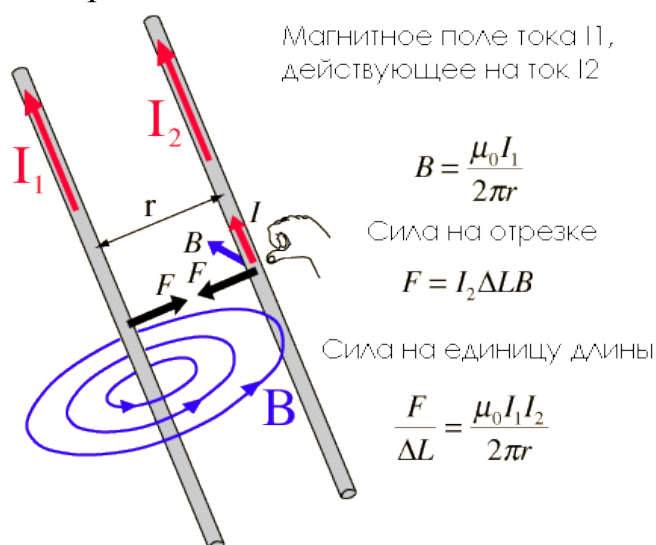
Изучение магнитного поля началось в 1269 году, когда французский учёный Пётр Перегрин (рыцарь Пьер из Мерикура) отметил магнитное поле на поверхности сферического магнита, применяя стальные иглы, и определил, что получающиеся линии магнитного поля пересекались в двух точках, которые он назвал «полюсами» по аналогии с полюсами Земли.



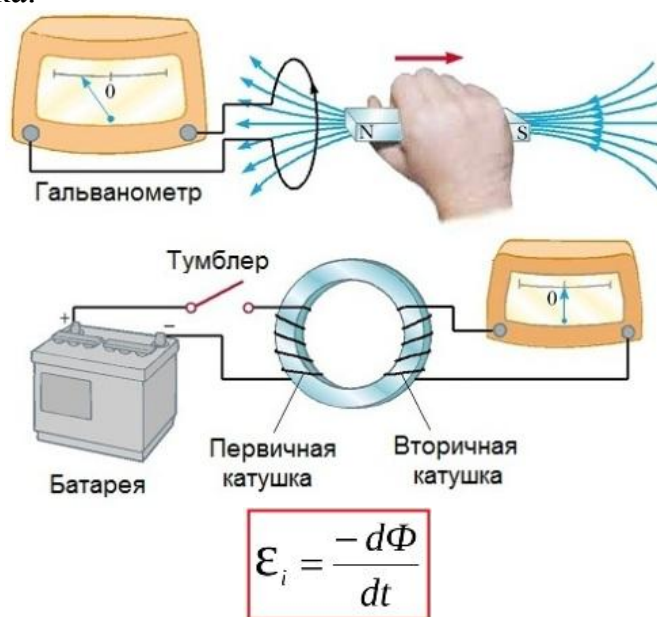
Эрстед в своих экспериментах только в 1819 году обнаружил отклонение стрелки компаса, расположенного вблизи проводника с током, и тогда ученым был сделан вывод о том, что существует некая взаимосвязь между электрическими и магнитными явлениями.



Спустя 5 лет, в 1824 году, Ампер сумел математически описать взаимодействие токонесущего проводника с магнитом, а также взаимодействие проводников между собой, так появился [Закон Ампера](#): «сила, действующая на проводник с током, помещенный в однородное магнитное поле, пропорциональна длине проводника, [вектору магнитной индукции](#), силе тока и синусу угла между вектором магнитной индукции и проводником».



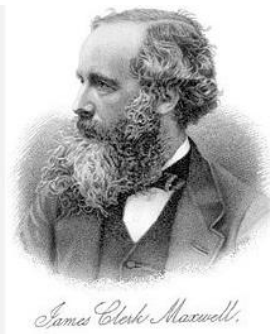
Относительно действия магнита на ток, Ампер предположил, что внутри постоянного магнита присутствуют микроскопические замкнутые токи, которые и создают магнитное поле магнита, взаимодействующее с магнитным полем токонесущего проводника.



Еще через 7 лет, в 1831 году, Фарадей опытным путем обнаружил явление электромагнитной индукции, то есть ему удалось установить факт появления в проводнике электродвижущей силы в момент, когда на этот проводник действует изменяющееся магнитное поле. Смотрите - [практическое применение явления электромагнитной индукции](#).

Например двигая постоянный магнит возле проводника, можно получить в нем пульсирующий ток, а подавая пульсирующий ток в одну из катушек, на общем железном сердечнике с которой находится вторая катушка, во второй катушке также появится пульсирующий ток.

$$\begin{aligned}\operatorname{rot} \vec{H} &= \frac{4\pi}{c} \vec{j} + \frac{1}{c} \frac{d\vec{D}}{dt} \\ \operatorname{rot} \vec{E} &= -\frac{1}{c} \frac{d\vec{B}}{dt} \\ \operatorname{div} \vec{B} &= 0 \\ \operatorname{div} \vec{D} &= 4\pi\rho\end{aligned}$$

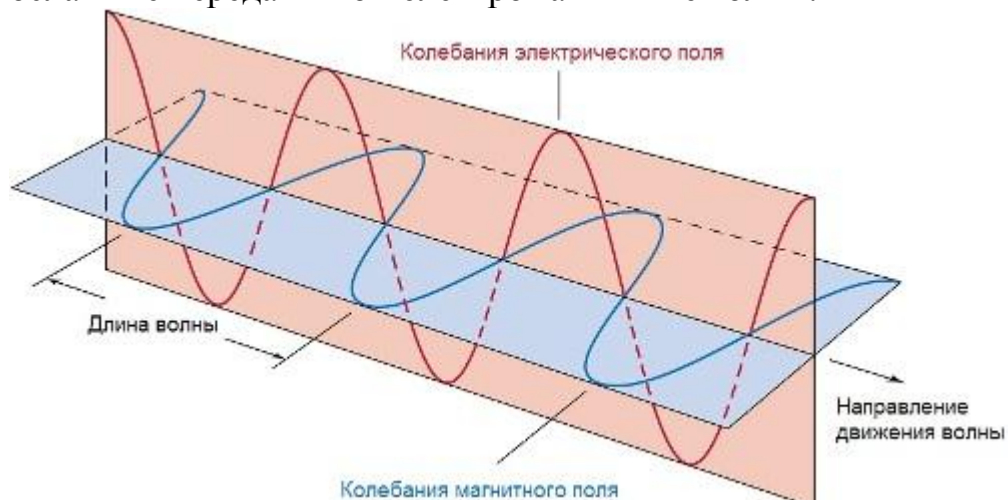


Через 33 года, в 1864 году, Максвелл сумел обобщить математически уже известные электрические и магнитные явления, - он создал **теорию электромагнитного поля**, согласно которой электромагнитное поле включает в себя взаимосвязанные электрическое и магнитное поля. Так, благодаря Максвеллу, стало возможным научное математическое объединение результатов предшествующих экспериментов в электродинамике.

Следствием этих важных выводов Максвелла явилось его предсказание о том, что в принципе любое изменение в электромагнитном поле должно порождать электромагнитные волны, которые распространяются в пространстве и в диэлектрических средах с некоторой конечной скоростью, которая зависит от магнитной и диэлектрической проницаемостей среды распространения волн.

Для вакуума эта скорость оказалась равна скорости света, в связи с чем Максвелл предположил, что свет — это тоже электромагнитная волна, и данное предположение позже подтвердилось (хотя еще за долго до экспериментов Эрстеда на волновую природу света указывал Юнг).

Максвелл же создал математическую основу электромагнетизма, и в 1884 году появились знаменитые уравнения Максвелла в современной форме. В 1887 году Герц подтвердит теорию Максвелла относительно электромагнитных волн: приемник зафиксировал посланные передатчиком электромагнитные волны.



Изучением электромагнитных полей занимается классическая электродинамика. В рамках же квантовой электродинамики электромагнитное излучение рассматривается как поток фотонов, в котором электромагнитное взаимодействие переносится частицами-переносчиками — фотонами — безмассовыми векторными бозонами, которые можно представить как элементарные квантовые возбуждения электромагнитного поля. Таким образом, **фотон** — это квант электромагнитного поля с точки зрения квантовой электродинамики.

Электромагнитное взаимодействие представляется сегодня одним из фундаментальных взаимодействий в физике, а электромагнитное поле — одно из фундаментальных физических полей наряду с гравитационным и фермионным.

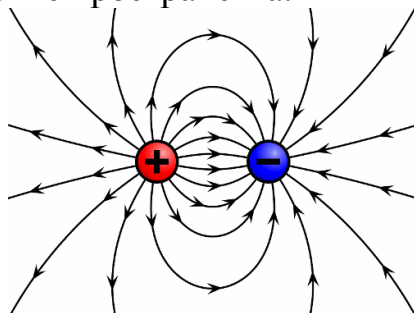
### Физические свойства электромагнитного поля

О наличии электрического, или магнитного, или и того и другого поля в пространстве можно судить по силовому действию со стороны электромагнитного поля на заряженную частицу или на ток.

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

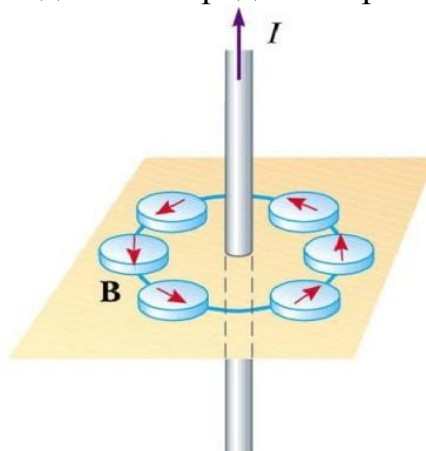
Электрическое поле действует на электрические заряды, как на подвижные, так и на неподвижные, с определенной силой, зависящей от напряженности электрического поля в данной точке пространства в данный момент времени, и от величины пробного заряда  $q$ .

Зная силу (величину и направление), с которой электрическое поле действует на пробный заряд, и зная величину заряда, можно найти напряженность  $E$  электрического поля в данной точке пространства.



Электрическое поле создается электрическими зарядами, его силовые линии начинаются на положительных зарядах (условно истекают от них), и заканчиваются на отрицательных зарядах (условно втекают в них). Таким образом, электрические заряды — это источники электрического поля. Еще одним источником электрического поля является изменяющееся магнитное поле, о чем математически свидетельствуют **уравнения Максвелла**.

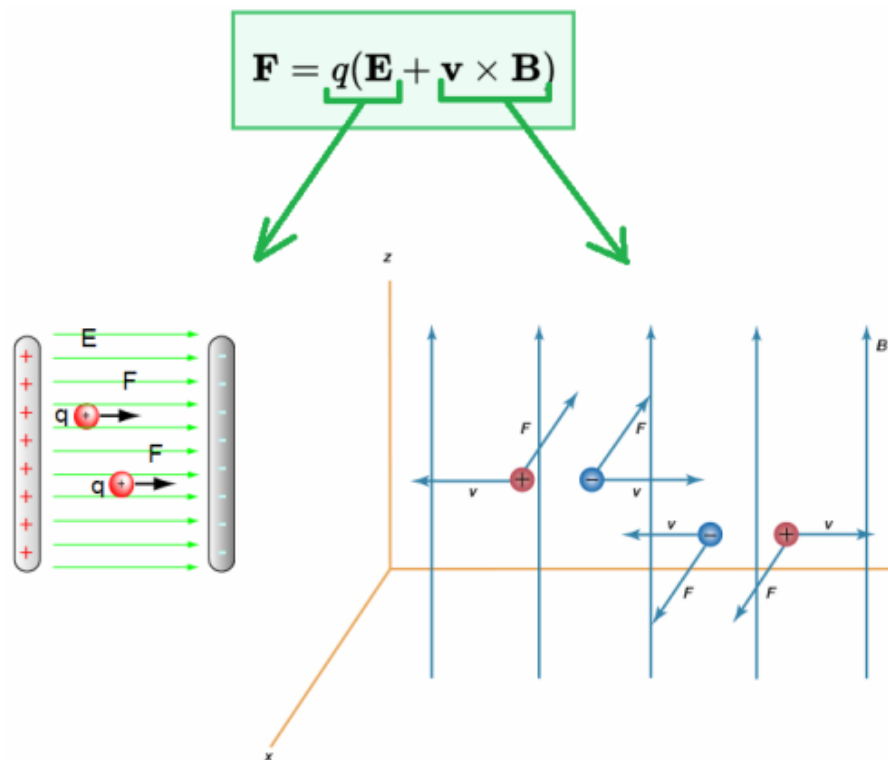
Сила, действующая на электрический заряд со стороны электрического поля — это часть силы, действующей на данный заряд со стороны электромагнитного поля.



Магнитное поле создается движущимися электрическими зарядами (токами), либо изменяющимися во времени электрическими полями (об этом свидетельствуют уравнения Максвелла), и действует только на движущиеся электрические заряды.

Сила действия магнитного поля на движущийся заряд пропорциональна индукции магнитного поля, величине движущегося заряда, скорости его движения и

синусу угла между вектором индукции магнитного поля  $\mathbf{B}$  и направлением скорости движения заряда. Данная сила часто называется **силой Лоренца**, однако является лишь «магнитной» ее частью.



На самом деле сила Лоренца включает в себя электрическую и магнитную составляющие. Магнитное поле создается движущимися электрическими зарядами (токами), его силовые линии всегда замкнуты и охватывают ток.

#### ***Воздействие ЭМП бытового оборудования на человека***

Развитие технологий как бытового, так и промышленного оборудования, приносит не только удобство использования данного оборудования, но и огромные дозы электромагнитного излучения. За все эти удобства мы вынуждены расплачиваться собственным здоровьем. Поэтому стоит задуматься: действительно ли необходимы такие нововведения, или разумнее будет использовать более безопасное – традиционное оборудование.

Таблица 1

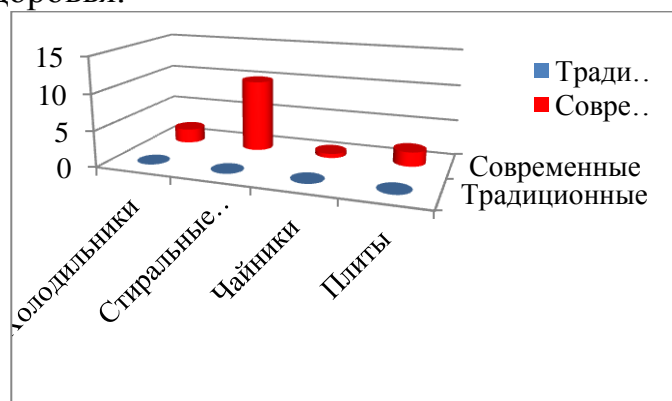
Степень воздействия электромагнитного поля различных бытовых приборов

Вид оборудования	Тип оборудования	Степень воздействия ЭМ поля
Холодильники	С функцией No Frost	2 мкТл (высокая)
	Традиционные	Отсутствует
Стиральные машины	Со встроенным процессором	10 мкТл (высокая)
	Автоматические (традиционные)	Отсутствует
Чайники	Электрочайник	1 мкТл (высокая)
	Газовый (традиционный)	Отсутствует
Плиты	Электроплита	2 мкТл (высокая)
	Газовая (традиционная)	Отсутствует

**Вывод:** превышение излучаемого электромагнитного поля не является критичным (за исключением стиральных машин), но нахождение с ними на небольшом расстоянии долгое время усугубляет влияние электромагнитного поля,



поэтому следует соблюдать вышеописанные рекомендации по безопасному использованию электромагнитных приборов и бытовой техники во избежании ухудшения состояния здоровья.



Степень воздействия ЭМП бытовых электроприборов

### ***Воздействие ЭМП промышленного оборудования***

Основным параметром, характеризующим биологическое действие ЭМП промышленной частоты, является электрическая напряженность.

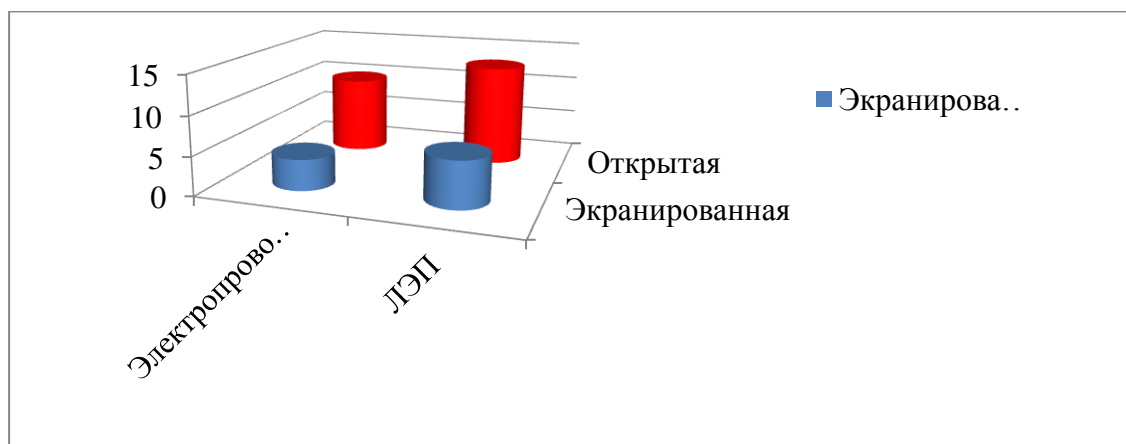
В соответствии с указанными нормативами предельно допустимый уровень (ПДУ) ЭП промышленной частоты для полного рабочего дня составляет 5 кВ/м, а максимальный ПДУ при воздействии не более 10 мин - 25 кВ/м, т.е. нормируется время пребывания в зоне действия ЭМП.

Мощными источниками ЭМП является электропроводка, идущая от распределительных пунктов к оборудованию, и провода линий электропередач. Сила их воздействия превышает норму в разы, поэтому для снижения такого воздействия применяется экранирование.

Таблица 2

Степень воздействия электромагнитного поля электропроводок и ЛЭП с использованием экранирования и без (за смену)

Источник излучения	Вид источника	Степень воздействия ЭМ поля
Электропроводка	Открытая	10 кВ/м (высокая)
	Экранированная	4 кВ/м (средняя)
ЛЭП	Открытая	13 (высокая)
	Экранированная	6 (средняя)



Степень воздействия ЭМП электропроводок и ЛЭП ПЧ

Вывод: безусловно, применение экранирования на производстве способствует резкому снижению воздействия ЭМП, но для того чтобы снизить это воздействие до минимума, необходимо либо увеличивать расстояние между работником и источником, либо уменьшать время его пребывания вблизи данного источника.

### ***Защитные мероприятия***

#### ***при работе с источниками электромагнитного поля***

К организационным мероприятиям по защите относятся следующие:

- выбор режимов работы излучающего оборудования, обеспечивающего уровень излучения, не превышающий предельно допустимый;
- ограничение места и времени нахождения в зоне действия ЭМП;
- обозначение и ограждение зон с повышенным уровнем ЭМП.

Рекомендации по защите:

- необходимо исключить продолжительное пребывание в местах повышенного уровня магнитного поля промышленной частоты;
- кровать для ночного отдыха следует максимально удалять от источников продолжительного облучения, расстояние от кровати до распределительных шкафов, силовых кабелей должно быть не менее 2,5 – 3 метра;
- при установке в жилой комнате полов с электроподогревом следует выбирать системы с пониженным уровнем магнитного поля.
- необходимо использовать технику с меньшей потребляемой мощностью
- не пользуйтесь сотовым телефоном без необходимости
- при разговоре по мобильному телефону следует снимать очки с металлической оправой, т. к. наличие подобной оправы, может привести к увеличению интенсивности ЭМП.

## **2. Практическая часть**

### **2.1. Как создать электромагнитное поле**



Электромагнитное поле не возникает само по себе, оно излучается каким-либо прибором или предметом. Прежде, чем собрать такой прибор, необходимо понять сам принцип появления поля. Из названия несложно понять, что это совокупность магнитного и электронного полей, которые способны порождать друг друга при определенных условиях. Понятие ЭМП ассоциируется с именем ученого Максвелла.

Вам понадобится

- Стекланный стакан, медная проволока, провод, изолянта, скрепки, две квадратные батарейки.

#### ***Инструкция***

1. [Электромагнитами](#) являются [металлы](#), способные к намагничиванию, такие как [никель](#), [железо](#) и так далее, при движении тока вокруг них. Для начала создайте источник [питания](#).

2. Возьмите две батарейки и соедините их изолянтай. Соедините батарейки так, чтобы [полюса](#) на их концах были разные, то есть плюс напротив минуса и наоборот. С помощью скрепок к концу каждой батарейки прикрепите провод. Далее разместите одну из скрепок на вершине батареек. Если скрепка не доходит до центра каждой батареи, возможно, придется разогнуть до нужной длины. Закрепите

конструкцию лентой. Убедитесь, что концы проводов свободны и края скрепки доходят до центра каждой батарейки. Подключите батареи сверху, то же самое сделайте с другой стороны.

3. Возьмите медную проволоку. Около 15 сантиметров проволоки оставьте прямыми, а затем начните оборачивать ее вокруг стеклянного стакана. Сделайте примерно 10 оборотов. Оставьте прямыми еще 15 сантиметров. Подключите один из проводов от источника питания к одному из свободных концов получившейся медной катушки. Убедитесь, что провода хорошо соединены друг с другом. При подключении цепь дает магнитное поле. Соедините другой провод источника питания с медной проволокой.

4. В то время, когда через катушку идет электрический ток, помещенный внутрь металл будет намагничиваться. Скрепки будут держаться вместе, так же металлические части ложки или вилки, отвертки будут намагничиваться и притягивать другие металлические предметы, в то время пока на катушку воздействует ток.

**Обратите внимание!**

**Катушка может быть горячей. Убедитесь, что рядом нет горючих веществ и будьте осторожны, чтобы не обжечь кожу.**

*Полезный совет*

*Наиболее легко намагничиваемый металл - это железо. При проверке поля не выбирайте алюминий или медь.*

## 2.2. Как сделать мощный электромагнит



Для того чтобы сделать мощный электромагнит, возьмите хороший магнитопровод, обмотайте его изолированным проводником и подключите к источнику тока. Мощность такого электромагнита можно регулировать различными способами.

Вам понадобится

- кусок низкоуглеродистой электротехнической стали цилиндрической формы, изолированный медный провод, источник постоянного тока.

### Инструкция

1. Возьмите заготовку из электротехнической [стали](#) и аккуратно, виток к витку обмотайте ее изолированным медным проводом. Провод возьмите среднего сечения, для того, чтобы вместились как можно больше витков, но в то же время не слишком [тонкий](#), чтобы он не перегорел от больших токов.

2. После этого подсоедините провод к источнику постоянного тока через реостат, если в самом источнике нет возможности регулировать напряжение. Для такого [магнита](#) вполне достаточно источника, который выдает до 24 В. После этого переведите ползунок реостата на максимальное сопротивление или регулятор источника на минимальное напряжение.

3. Медленно и осторожно увеличивайте напряжение. При этом появится характерная вибрация, сопровождаемая звуком, который можно слышать при работе трансформатора – это [нормально](#). Обязательно контролируйте температуру обмотки, поскольку от этого зависит длительность работы [электромагнита](#). Доведите напряжение до того значения, при котором медный провод начнет явно нагреваться. После этого отключите ток и дайте обмотке остынуть. Снова включите ток и с



помощью таких манипуляций найдите максимальное напряжение, при котором проводник не будет нагреваться. Это и будет номинальный режим работы сделанного электромагнита.

4. Поднесите к одному из полюсов работающего магнита тело из вещества, которое содержит железо. Оно должно крепко притянуться к пятаку магнита (пятком считаем основание стального сердечника). Если сила притяжения недостаточна, возьмите провод с большей длиной и наложите витки несколькими слоями, пропорционально увеличивая магнитное поле. При этом сопротивление проводника увеличится, и его регулировку нужно будет проводить снова.

5. Чтобы магнит лучше притягивал, возьмите сердечник подковообразной формы и обмотайте проводом его прямые участки - тогда поверхность притяжения и его сила увеличится. Чтобы увеличить силу притяжения, сделайте сердечник из сплава железа и кобальта, проводимость магнитного поля которого несколько выше.

### **Подборка материалов по теме:**

[Электромагнитные волны, электромагнитное излучение, распространение электромагнитных волн](#)

[Что такое магнитная индукция](#)

[Магнитное поле и его параметры, магнитные цепи](#)

[Явление электромагнитной индукции в картинках](#)

[Магнитное действие тока в картинках из старого диафильма](#)

[Напряженность магнитного поля. Намагничивающая сила](#)

[Фарадей и электромагнетизм](#)

<https://www.sites.google.com/site/uravneniaelektromagnitnogopola/home/istoria>

### **Домашнее задание:**

1. Ознакомьтесь с содержанием занятия.
2. Постарайтесь провести опыты (либо один на выбор) в домашних условиях.
3. Результаты работы зафиксируйте (сфотографируйте или кратко опишите).
4. Можно выполнить работу коллективно, используя средства Интернет (чаты и т.п.)
5. Результаты работы оправить по электронному адресу:  
[seliwerstov66@gmail.com](mailto:seliwerstov66@gmail.com)

Перейдя по данной ссылке можно просмотреть наглядные пособия по теме  
[https://drive.google.com/drive/folders/1Hc0FrOp59pSFD0MtSJwf\\_zU5NdXQUVY?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1Hc0FrOp59pSFD0MtSJwf_zU5NdXQUVY?usp=sharing)