

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
средняя общеобразовательная школа с. Бессоновка

**Исследовательская работа по физике на тему  
«Трансформатор Теслы»**

Выполнила: ученица 10Б класса  
Терёхина Софья  
Руководитель проекта: Парфёнова Н.А.

с. Бессоновка  
2020 г.

## Содержание

1. Введение.....	3
2. Теоретическая часть.....	4
2.1.История открытия электромагнитного поля.....	4
2.2.Электромагнитное поле.....	4
2.3.Трансформатор Теслы.....	5
3. Экспериментальная часть.....	7
3.1.Описание устройства.....	7
3.2.Техника безопасности.....	7
3.3.Ход опыта.....	8
4. Примеры практического использования трансформатора Теслы.....	9
5. Вывод.....	10
6. Список использованной литературы.....	11
7. Приложение.....	12

## Введение

В апреле на фестивале «Витамин науки» мы с младшим братом увидели большой трансформатор Теслы. Он метал молнии как в фильмах и очень громко гудел. Брат решил, что нам обязательно нужен точно такой же волшебный аппарат дома.

Как раз в это время мы проходили в школе на уроках физики электромагнитные явления, электромагнитную индукцию. Это очень интересная тема, но моим одноклассникам и мне было сложно её понять и представить все процессы, которые мы изучали.

Я решила, что мне стоит разобраться в этом получше самой и чем-то помочь с этой темой одноклассникам, ведь скоро нам опять предстоит изучение электромагнитных явлений. Кроме того, я смогу порадовать брата маленьким физическим чудом.

Вообще, в физике не существует разделов и областей, изученных полностью и окончательно.

Итак, цель проекта – изучить явление электромагнитной индукции и продемонстрировать его.

Задачи:

1. Изучить историю открытия электромагнитного поля и электромагнитной индукции;
2. Изучить трансформатор Теслы;
3. Собрать трансформатор;
4. Убедиться в существовании электромагнитного поля и электромагнитной индукции.
5. Рассмотреть возможные способы применения трансформатора Теслы.

## Теоретическая часть

### История открытия электромагнитного поля

О существовании электричества и магнетизма людям было известно ещё в эпоху античности, но объяснить эти явления никто не мог. Учёные разделяли электрические явления и магнитные на разные области науки.

Изучение магнитного поля началось в 13 веке, когда французский учёный Пётр Перегрин вокруг сферического магнита с помощью стальных игл отметил линии магнитного поля и две точки их пересечения – «полюса».

Зимой 1819 года датский физик Эрстед открыл факт, о существовании которого никто не догадывался. Одним из действий, открытых Эрстедом, было притяжение и отталкивание магнитной стрелки проводом с током согласно некоторым простым законам. Также он указал, что магнитное действие провода проходит через все вещества и зависит от силы тока в нём.

Несколько позже Ампер сообщил об открытии взаимного притяжения и отталкивания двух замыкающих проводов батарей и показал, что магнитную стрелку, показывающую магнитные притяжения и отталкивания, можно заменить проводом. Это открытие показало, что единственной причиной возникновения магнитных явлений является электричество.

Ампер предположил, что внутри постоянного магнита присутствуют микроскопические замкнутые токи, которые и создают магнитное поле.

В 1831 году Майкл Фарадей обнаружил явление электромагнитной индукции, то есть тот факт, что в проводнике под действием переменного магнитного поля появляется электрический ток.

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.

В 1887 году немецкий физик Герц экспериментально подтвердил выводы Джеймса Максвелла.

Сейчас электромагнитное взаимодействие представляется одним из фундаментальных взаимодействий в физике, а электромагнитное поле — одно из фундаментальных физических полей наряду с гравитационным и полем ядерных сил.

### Электромагнитное поле.

Говоря о теории электромагнитного поля, важно понимать, что не существует отдельно электрического и отдельно магнитного поля. По отдельности их изучают для того, чтобы ввести характеризующие их величины.

Вокруг неподвижного заряда создаётся статичное(постоянное) электрическое поле.

При движении заряда создаётся переменное электрическое поле и магнитное поле, это явление было открыто Эрстедом.

Если переменное электрическое поле порождает магнитное поле, то может ли переменное магнитное поле создавать электрическое? Да, может. Именно явление возникновения электрического поля при изменении магнитного и называется электромагнитной индукцией. Благодаря этому явлению в проводнике под действием магнитного поля может возникать электрический ток.

Таким образом, электромагнитное поле – совокупность электрического и магнитного полей, которые являются одним целым; особая форма материи, которая осуществляет электромагнитное взаимодействие между телами.

Необходимо упомянуть понятие «Стоячая волна» («Резонансная») – явление интерференции волн, распространяющихся в противоположных направлениях, при котором перенос энергии ослаблен или отсутствует. Такое явление можно наблюдать на струне у гитары: при определенных условиях колебания струны, некоторые участки струны, находящиеся на равном расстоянии, не совершают колебаний.

Тесла использовал то же явление: резонансные стоячие электромагнитные волны, которые можно получить тоже при определенных условиях. Если продолжить аналогию со струной, то для струны параметрами, формирующими условия возникновения резонанса станут длина струны, вещество, натяжение струны, внешнее воздействие (рука) и т.д. Для катушки Теслы это толщина проводников, количество витков, физические размеры первичной и вторичной обмоток. «Внешнее воздействие» обеспечивает генератор колебаний.

Тема электромагнитных явлений является достаточно сложной для понимания в школьном курсе физики и часто выходит далеко за его пределы. Я думаю, что наиболее наглядный способ объяснить суть этих явлений – создание и испытание трансформатора Теслы.

### **Трансформатор Теслы.**

Никола Тесла изучал радиосвязь, теорию полей и переменный ток. Он верил в существование «эфира», особой формы материи, осуществлявшей электромагнитные взаимодействия.

Трансформатор Теслы (изобретён в 1891 году) является мощным источником электромагнитного излучения с частотой от сотни килогерц до нескольких мегагерц: этот диапазон частот относится к радиоволнам. На основе мощных трансформаторов Теслы планировалось создание системы радиовещания, беспроводного телеграфа и беспроводной телефонии. Но Тесла занимался излучением вообще, не только радиоволнами.

Наиболее грандиозный проект Теслы, связанный с использованием его трансформатора, — создание глобальной системы беспроводного энергоснабжения. Как он считал, достаточно мощный трансформатор или система трансформаторов сможет в глобальном масштабе менять заряд Земли и верхних слоев атмосферы.

Простейший трансформатор Теслы (см. приложение 1) включает в себя входной трансформатор, катушку индуктивности, состоящую из двух обмоток — первичной и вторичной, разрядник, конденсатор и терминал (на схеме показан как «выход»).

Первичная обмотка обычно содержит всего несколько витков медной трубки или провода большого диаметра, а вторичная около 1000 витков провода меньшей площади

сечения. Первичная катушка вместе с конденсатором образует колебательный контур, в который включён нелинейный элемент — разрядник.

Разрядник, в простейшем случае, обыкновенный газовый, представляет собой два массивных электрода с регулируемым зазором.

Вторичная катушка также образует колебательный контур, где роль конденсатора выполняет межвитковая ёмкость самой катушки. Вторичную обмотку часто покрывают слоем эпоксидной смолы или лака для предотвращения электрического пробоя.

Терминал может быть выполнен в виде диска, заточенного штыря или сферы и предназначен для получения предсказуемых искровых разрядов большой длины.

Таким образом, трансформатор Теслы представляет собой два связанных колебательных контура, что и определяет его свойства. Для полноценной работы трансформатора эти два колебательных контура должны быть настроены на одну резонансную частоту, чтобы создать условия для формирования стоячей волны.

Обычно в процессе настройки подстраивают первичный контур под частоту вторичного путём изменения ёмкости конденсатора и числа витков первичной обмотки до получения максимального напряжения на выходе трансформатора.

Вообще существуют несколько типов генераторов:

1. SGTC (Spark Gap Tesla Coil) — классическая катушка Теслы — генератор колебаний выполнен на искровом промежутке (разряднике).
2. VTTC (Vacuum Tube Tesla Coil) (рус. ЛКТ) — ламповая катушка Теслы.
3. SSTC (Solid State Tesla Coil) — генератор выполнен на полупроводниках и множество его модификаций с различными режимами накачки и др. параметров.

Мы используем самый простой и примитивный из них.

Во время работы катушка Тесла создаёт красивые эффекты, связанные с образованием различных видов газовых разрядов. Многие люди собирают трансформаторы Тесла ради того, чтобы посмотреть на эти впечатляющие, красивые явления:

**Стримеры** — тускло светящиеся тонкие разветвлённые каналы, которые содержат ионизированные атомы газа и отщеплённые от них свободные электроны. Протекает от терминала катушки прямо в воздух, не уходя в землю, так как заряд равномерно стекает с поверхности разряда через воздух в землю. Стример — видимая ионизация воздуха (свечение ионов), создаваемая высоковольтным-полем трансформатора.

**Коронный разряд** — это самостоятельный газовый разряд, возникающий у электродов. Когда напряжённость поля достигает предельного значения (для воздуха около 30 кВ/см), вокруг электрода возникает свечение, имеющее вид короны.

Кроме того, при работе прибора ощущается запах озона.

## **Экспериментальная часть**

### **Описание устройства**

Я готова продемонстрировать передачу энергии на расстоянии!

В качестве примера для демонстрации мной был выбран и приобретен самый простой и дешевый конструктор генератора Теслы на полупроводниковом транзисторе (PLL TC).

На рисунке 2(приложение 1) приведена схема этого устройства.

На элементах R1, R3, C1, Q1 – реализован модулятор звука, т.е. к нему можно подключить, например, аудиоплеер, и генератор Теслы сможет проиграть мелодию. Но поскольку, мощность нашего слишком мала, это оказалось недостаточно эффективным для демонстрации.

Катушки L1 и L2 – трансформатор Теслы, «струна», в которой формируется стоячая волна, где L2 – выходная катушка трансформатора Теслы с разрядником;

C2, R4, L1, Q2 – высокочастотный генератор, настроенный на резонансную частоту трансформатора, «рука»;

Светодиоды LED1, LED2 – отображают режим работы: питание и выход на режим генерации.

Процесс сборки устройства приведен на рисунках в приложении 2.

Для проверки работоспособности использовалась батарея элементов питания на 12 вольт.

После того как мы убедились в работоспособности, подключили блок питания от ноутбука на 19 вольт.

### **Техника безопасности**

Являясь источником высокого напряжения, трансформатор Теслы может быть смертельно опасен. Особенно это касается сверхмощных Трансформаторов Теслы с управлением на лампах или полевых транзисторах. В любом случае, даже для маломощных трансформаторов Тесла характерен выброс высоковольтной высокочастотной энергии, способной вызвать локальные повреждения кожного покрова в виде плохо заживающих ожогов. Для трансформаторов Тесла средней мощности (50-150 Ватт), такие ожоги могут привести к повреждению нервных окончаний и значительное повреждение подкожных слоев включая повреждение мышц и связок. Трансформаторы Теслы с искровым возбуждением менее опасны с точки зрения ожогов, однако высоковольтные разряды, следующие с паузами, наносят больший вред нервной системе и способны вызвать остановку сердца у людей с проблемами сердца.

Тесла в ходе своих исследований доказал, что переменный ток частотой более 700Гц не проникает глубоко в ткани человека, а распространяется по поверхности кожи (скин-эффект). Представленное устройство, хоть и оперирует высоковольтным, высокочастотным напряжением, но не представляет серьезной угрозы для жизни человека, поскольку его мощность не превышает 4Вт. Поэтому для проведения опытов достаточно выполнять общие правила работы с бытовыми электроприборами, поскольку питается наш генератор от бытовой сети переменного тока 50Гц.

Можно выделить 8 принципов безопасного использования электроприборов в быту:

1. Не включать в одну розетку одновременно несколько электроприборов.
2. Не пользоваться неисправными электроприборами.
3. Не пользоваться самодельными электроприборами (мы используем сертифицированный блок питания от ноутбука).
4. Не оставлять без присмотра электроприборы, подключенные к сети. Даже если они в режиме «выкл»!
5. Нагревательные приборы до их включения устанавливать на подставки из негорючих материалов.
6. Не накрывать электролампы и светильники бумагой, тканью и другими горючими материалами.
7. При эксплуатации электроприборов соблюдать «Инструкцию по применению». Не использовать электроприборы не по назначению!
8. Не допускать использования электроприборов детьми без присмотра взрослых.

### **Ход опыта**

Список оборудования, использованного во время опыта: плата трансформатора Теслы, неоновая лампа, неисправная люминесцентная лампа, блок питания (приложение 3).

Мы включили свой трансформатор. Оба светодиода загорелись, трансформатор начал негромко гудеть, на конце разрядника появился коронный заряд, наблюдаются стримеры и терминал начинает самопроизвольно раскачиваться под влиянием изменяющегося магнитного поля катушек трансформатора.

Мы знаем, что по каждому витку катушки проходит электрический ток, создающий магнитное поле. Множество витков нашего трансформатора многократно увеличивают мощность электромагнитного поля каждого витка, и создаётся общее электромагнитное поле катушки.

В качестве индикатора поля используем две разные лампы:

1. Неоновая лампа (Наполнена газом, который начинает светиться, когда через него проходит ток. Такие лампы очень чувствительны, могут загораться без непосредственного электрического питания — от воздействия электромагнитного поля).
2. Неисправная люминесцентная лампа (Электрический разряд в парах ртути создаёт УФ излучение, которое становится видимым благодаря люминофору).

Сначала подносим к катушке неоновую лампу. Она загорается, причём чем ближе мы подносим её к Тесле, тем ярче она горит. Это показывает то, что вокруг катушки создаётся электромагнитное поле, которое становится сильнее ближе к катушке.

Затем поднесём к катушке люминесцентную лампу. В этом случае мы наблюдаем то же самое. Это говорит о том, что внутри лампы появляется электрический разряд, из-за которого начинают светиться пары ртути.

Таким образом, созданный нами простейший макет трансформатора Теслы сразу после включения позволил наблюдать коронный разряд и стримеры, что говорит о наличии высокочастотного электромагнитного излучения высокой интенсивности.



## **Примеры практического использования трансформатора Теслы.**

Музыканты используют катушку Тесла для создания звуков, имитирующих разряды молний.

Трансформатор Тесла может применяться для создания спецэффектов в различных шоу.

Я столкнулась с работающим трансформатором Тесла на фестивале «Витамин науки», проходившем в г. Пенза весной 2019 года. Там был реализован VTTC (на лампах) генератор трансформатора Теслы и применялся модулятор звуковой частоты, благодаря которому треск разрядов формировал мелодию, и трансформатор был намного больше собранного мной.

Хотя в настоящее время и ведутся споры об эффективности электротерапии, но с начала 20 века широко применяется дарсонвализация при нарушениях в поверхностных тканях и слизистых оболочках, волосяном покрове. А также — для проведения косметических процедур.

Дарсонвализация — воздействие на отдельные участки тела импульсным током высокой частоты (100—500 кГц).

Принцип работы этого прибора аналогичен нашему трансформатору. Главное отличие в использовании газонаполненного электрода для обеспечения большей безопасности. Металлизация дна стеклянной колбы и металлическая чаша держателя электрода формируют выходной конденсатор. После включения прибора из-за ионизации газ в электроде светится, и можно безопасно наблюдать за формированием стримеров при приближении электрода к телу человека

Кроме того, Трансформатор Теслы применяется в военной технике для уничтожения электронных устройств в здании, танке, на корабле. Создаётся мощный электромагнитный импульс, из-за которого в радиусе нескольких десятков метров сгорают микросхемы устройств.

Иногда с помощью трансформатора разжигают газоразрядные лампы, находят течи в вакуумных системах.

## **Вывод.**

В ходе выполнения работы мы рассмотрели принципы работы классического трансформатора Теслы.

С помощью простых и доступных средств нам удалось создать источник высокочастотного электромагнитного излучения высокой интенсивности и продемонстрировать явление электромагнитной индукции, которое так восхищало величайшего физика Николу Теслу и легло в основу большинства его работ.

Кроме того, мы познакомились с эффектами, наблюдаемыми во время работы трансформатора, и с его применением в современном мире.

После выполнения опытов у меня возникло ощущение, что физика и явления в ней рассматриваемые сродни волшебству. И цель моего проекта - изучение явления электромагнитной индукции - не была достигнута, поскольку вопросов после изучения материалов и проведения опытов стало больше. В будущем я рассчитываю ответить хотя бы на часть из них.

### Список использованной литературы

- Физика. 10 класс: учебник для общеобразовательных организаций, Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н.Н. Сотский, 2018.
- Физика. 11 класс: учебник для общеобразовательных организаций, Г.Я Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин, 2018.
- История свечи: Избранные работы по физике и химии, Майкл Фарадей, 2015
- Электроника шаг за шагом: Практическая энциклопедия юного радиолюбителя, Сворень Р.А., 1986
- [www.wikipedia.ru](http://www.wikipedia.ru)

Приложение 1.

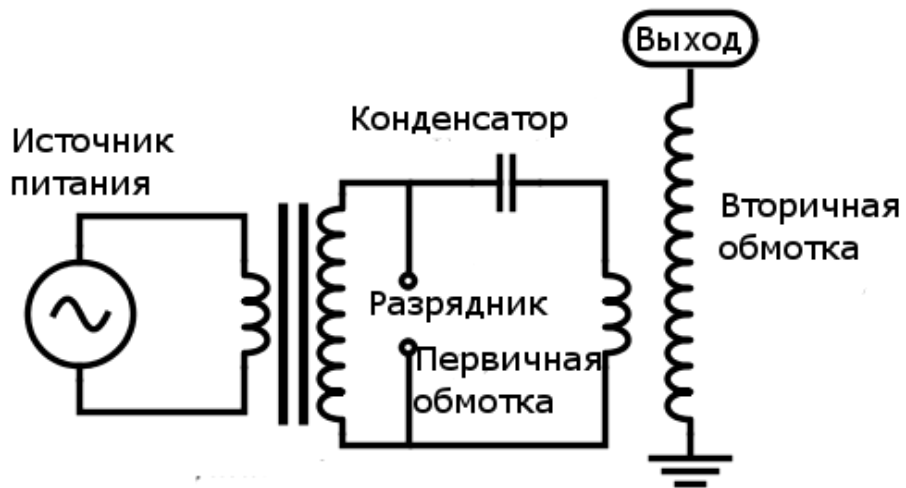


Рисунок 1. Простейший трансформатор Теслы.

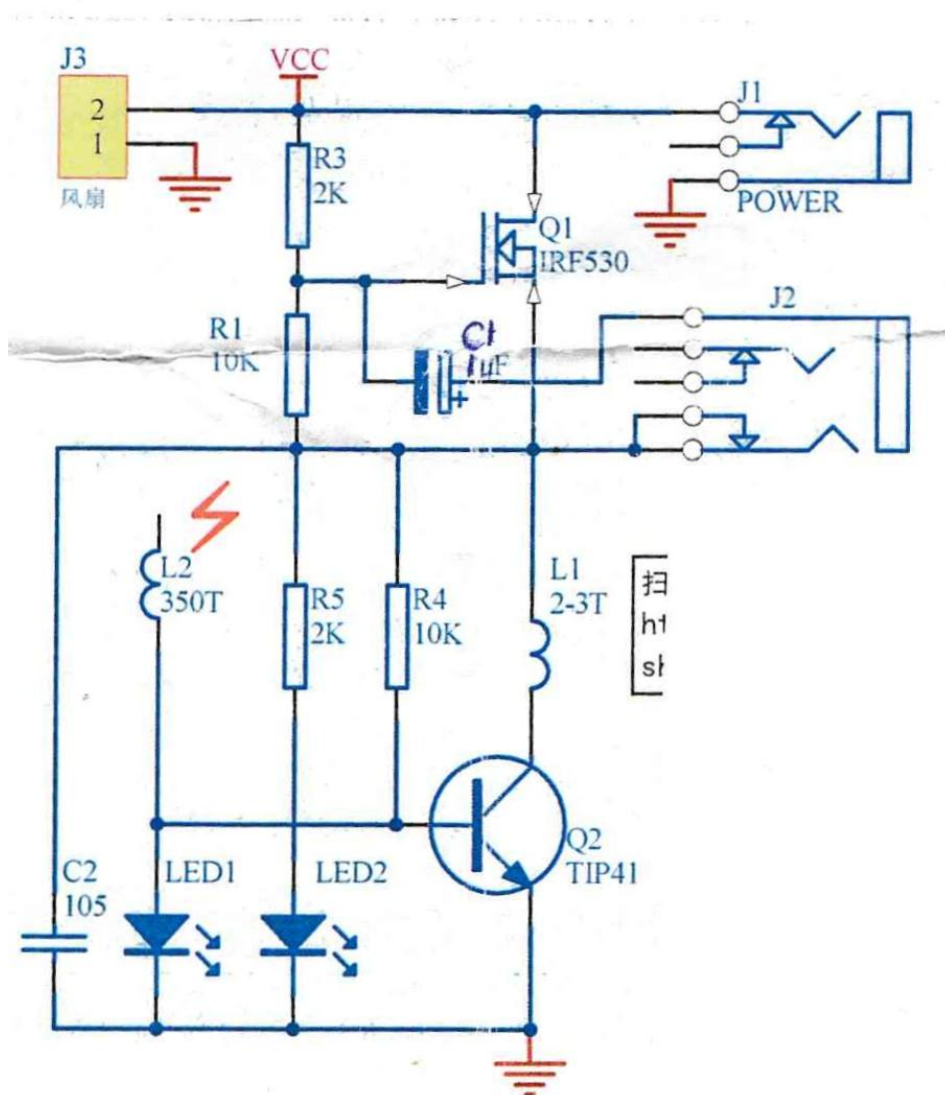
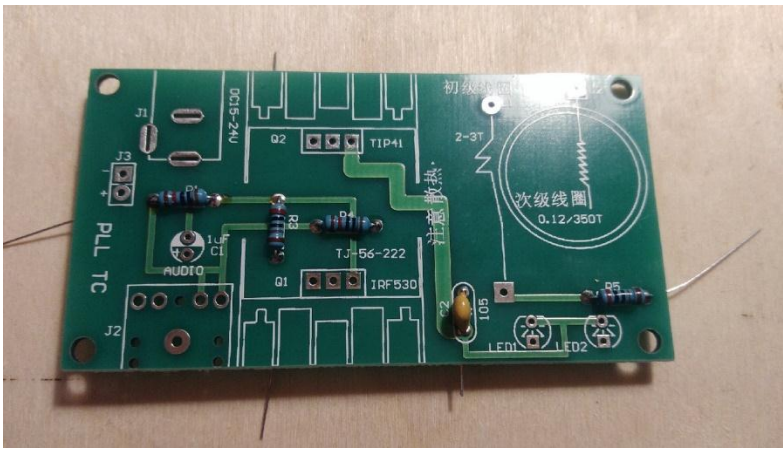
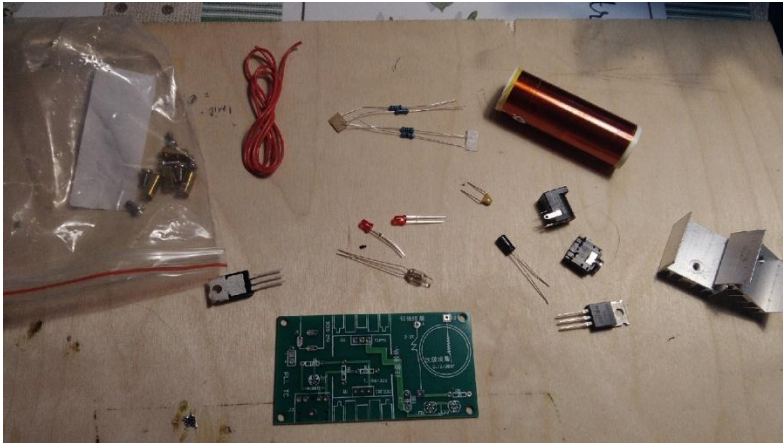


Рисунок 2. Реализованный трансформатор Теслы.

Приложение 2. Процесс сборки трансформатора Теслы.



Приложение 3. Комплект оборудования для эксперимента.

