

**ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ПРИБОР  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ.  
МЕТАЛЛОИСКАТЕЛЬ**

**Зубрицкий И., Сыркин Ф., Сыркин П., Сыркин В.**

*Руководители: Чистякова И.В., учитель физики МБОУ Одинцовский лицей №10;  
Сыркин М.М.*

**Паспорт проекта**

1. **Учебный предмет:** физика
2. **Учебные дисциплины, близкие к теме проекта:** технология, черчение, моделирование, ОБЖ.
3. **Состав проектной группы:**  
Учитель физики: Чистякова Ирина Викторовна  
Обучающиеся 9г и 6г классов: Сыркин Петр, Зубрицкий Иван, Сыркин Феодор, Сыркин Владимир.  
Научные руководители: Сыркин Михаил Михайлович.
4. **Заказчик проекта:** Центр технической компетенции «Инностарт».
5. **Проблема проекта:** недостаток экспериментального оборудования при изучении раздела физики – «Электромагнитные явления», которое бы в продемонстрировало возможности применения научных знаний на практике.

6. **Цель проекта:** создать прибор – металлоискатель – демонстрирующий опыты по обнаружению металлических предметов.
7. **Задачи проекта:**
  - изучить теоретические материалы по теме «Электромагнитные явления»;
  - обосновать актуальность проекта;
  - проанализировать теоретические материалы и провести отбор и систематизацию технического оборудования, необходимого для создания металлоискателя;
  - создать схему металлоискателя и изучить на практике технологию его сборки;
  - собрать действующий металлоискатель;
  - провести испытание прибора;
  - разработать ряд демонстрационных опытов с использованием металлоискателя.
8. **Продукт проекта:** металлоискатель.
9. **Этапы реализации проекта** (см. табл.)
10. **Бюджет проекта:**  
Полная стоимость проекта: 1257 рублей

Этап	Результат	Сроки
1 этап подготовительный. Изучение теоретического материала. Проведение подготовительных работ. Создание схемы сборки металлоискателя. Подготовка необходимых материалов для ее создания.	Разработка концепции проекта. Определение основных ресурсов для создания металлоискателя. Создание схемы.	Сентябрь-Октябрь 2016
2 этап основной. Закупка необходимого оборудования. Сборка металлоискателя. Изучение его работы. Проведение физических экспериментов с его использованием. Создание перечня демонстрационных работ с использованием металлоискателя.	Металлоискатель для проведения демонстрационного эксперимента.	Ноябрь 2016 - Январь 2017
3 этап внедренческий. Апробация демонстрационных опытов с использованием металлоискателя на уроках физики. Ввод в режим функционирования прибора как лабораторного оборудования.	Презентация проектной работы. Начало функционирования прибора.	Февраль 2017

**Введение**

Сейчас в нашей стране особое внимание уделяется развитию физико-математического образования, а экспериментальная физика имеет огромное значение в развитии науки. Физики электромагнитных явлений не самая яркая и всегда сложна для восприятия обучающимся. На уроках физики очень сложно продемонстрировать электромагнитные явления, а показать приборы,

которые работают на принципах электромагнетизма возможно только с помощью информационных технологий.

Основываясь на проблеме недостатка экспериментального оборудования, мы решили своими руками сконструировать прибор – металлоискатель – демонстрирующий опыты по обнаружению металлических предметов, для поддержки и развития научно-технического творчества обучающихся.

Для воплощения нашего проекта в жизнь мы поставили перед собой следующие задачи:

- изучить теоретические материалы по теме «Электромагнитные явления»;
- обосновать актуальность проекта;
- проанализировать теоретические материалы и провести отбор и систематизацию технического оборудования, необходимого для создания металлоискателя;
- создать схему металлоискателя и изучить на практике технологию его сборки;
- собрать действующий металлоискатель;
- провести испытание прибора;
- разработать ряд демонстрационных опытов с использованием металлоискателя.

Для реализации поставленных задач нами были изучены различные литературные источники, на которые мы опирались как при написании теоретической части, так и при конструировании и сборки прибора: Адаменко М.В. «Металлоискатели», Гарретт, Чарльз «Металлоискатели. Как найти клад...», Сворень Р. А. «Электроника шаг за шагом», Старинов И. «Мины замедленного действия».

Так же для подбора необходимых схем и материалов для создания металлоискателя мы использовали различные интернет-сайты: Википедия, Livejournal, Фоксфорд и другие. Все комплектующие для создания прибора мы подбирали в электронном каталоге онлайн магазина «Чип и Дип».

Кроме того, что данный прибор можно использовать при изучении физики как науки, так же его можно применять в обычной жизни. Для чего же? Основное назначение этого прибора – поиск металлов. При этом найти можно все, что угодно: от консервной банки до золотого слитка. И многие из тех, кто приобретают металлоискатель, как раз стремятся ко второй цели, их задачи сводятся к поиску кладов. Как мы знаем, металлоискатель начинает подавать сигнал, когда «нащупывает» металлический предмет. А кто знает, может быть и нам когда-то удастся воспользоваться нашим изобретением и найти бесценный клад. Таким образом, созданный нами прибор можно использовать не только на уроках физики, но и на выездных занятиях по истории и краеведению, при проведении классных часов об истории края, рассматривая прибор как помощника для определения мест захоронения или нахождения военной атрибутики в местах проведения военных действий.

## 1.1 Металлоискатель и история его изобретения

Металлоискатель — это электронный прибор, позволяющий обнаруживать металлические предметы (металл) в нейтральной или слабо проводящей среде за счет их проводимости. Металлоискатель (другое его название — металлодетектор) обнаруживает металл в различных средах: грунте, воде, стенах, в древесине, под одеждой и в багаже, в пищевых продуктах, в организме человека и животных и т. д.

В начале XX века в США был изобретен первый металлоискатель. Первоначально он разрабатывался для предотвращения воровства металлических деталей с заводов и фабрик. Но очень быстро обратили внимание и на возможности его применения в промышленных и военных отраслях. Во время 2 мировой войны металлоискатели широко использовались всеми воюющими сторонами для поиска мин.

Первые металлоискатели были громоздкими и неудобными для массового использования, и только в начале 60-х годов были разработаны более компактные модели. На Олимпийских играх 1984 года впервые были применены компактные досмотровые аэропортные и ручные металлодетекторы. С тех пор детекторами для безопасности оснащают аэропорты. В конце 60-х по заказу Министерства авиации на заводе (В настоящее время ОАО «ТЗИА») была проведена разработка и начато производство металлодетекторов для досмотра авиапассажиров. С 1972 по 1990 год было выпущено 12000 стационарных металлодетекторов (МИС, МИС-2, МИС-3, МИС-4).

Бурное развитие микроэлектроники сделало металлоискатель компактным, надежным и весьма «интеллектуальным» прибором.

## 1.2 Теоретические основы работы металлоискателя.

Действие металлоискателя основано на явлении электромагнитной индукции. Явление электромагнитной индукции была открыта Майклом Фарадеем 29 августа 1831 года. Электромагнитная индукция – это явление возникновения электродвижущей силы в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, проходящего через этот контур. Частным случаем электромагнитной индукции является самоиндукция, при которой магнитный поток создается тем же контуром, в котором наводится ЭДС. Характеристикой самоиндукции является коэффициент самоиндукции или индуктивность. Индуктивность зависит от нахождения в контуре металлических предметов,

что уже может использоваться для построения металлоискателя.

По закону электромагнитной индукции при изменении магнитного потока, пронизывающего контур, в нем возникает ЭДС индукции. Магнитный поток при этом меняется:

- при изменении величины магнитной индукции, пронизывающей контур;
- при изменении площади контура;
- при изменении угла наклона контура.

### 1.3 Принцип действия металлоискателя.

Рассмотрим принцип действия металлоискателя «на биениях». Рассмотрим автогенератор, работающий на основе контура, в который можно вносить металлические предметы, и отследить изменения индуктивности контура. Автогенератор – устройство позволяющее получать незатухающие колебания в колебательном контуре за счет положительной обратной связи. Частоту незатухающих колебаний можно определить по формуле:

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

где  $\nu$  – частота,  $L$  – индуктивность катушки,  $C$  – емкость конденсатора.

Из формулы видно, что частота колебаний зависит от индуктивности катушки. При внесении в катушку ферромагнитных предметов индуктивность катушки увеличивается, а частота колебаний соответственно будет уменьшаться.

Возьмем два автогенератора: образцовый (ОГ) и исследовательский (ИГ). Частота образцового генератора не зависит от внешних факторов, а колебательный контур исследовательского генератора сделан на основе исследовательской катушки (ИК) индуктивности большого размера. (Приложение 2)

Вначале генераторы настраиваются на одну частоту: например 100 кГц. Сигналы от обоих генераторов подаются на смеситель (СМ), который выполняет функцию перемножения (Приложение 2).

На выходе смесителя получаются два сигнала: суммарный и разностной частоты, то есть 0 и 200 кГц. Обе частоты не слышны человеческим ухом.

Если в контур исследовательского генератора внести ферромагнитных материал, то частота генератора снизится, а частота образцового генератора останется неизменной. На выходе смесителя в данном случае появятся 2 сигнала, один из которых будет хорошо слышен человеческому уху. Его можно усилить с помощью усилителя (УС) и подать на громкоговоритель (ГР) Таким

образом, мы добиваемся необходимого нам эффекта, при приближении к катушке индуктивности металлических предметов мы можем услышать звуковой сигнал.

### 1.4 Практическое применение.

Металлоискатель применяют в различных областях. Прибор очень широко используется в военном деле для разминирования, в охранных структурах и криминалистике. Любой человек сталкивался с подобными приборами при входе в банк, аэропорт или в пункт проведения экзамена при прохождении государственной итоговой аттестации. Для нас это своеобразные «ворота», при проходе через которые можно обнаружить даже незначительные металлические предметы. Бывает, в человеке после хирургической операции остается металлический объект, тогда на помощь охране приходит небольшой металлоискатель для личного досмотра. Им без труда и с высокой точностью можно выявить место нахождения подозрительных предметов. Подобными приборами обязательно оснащены подразделения внутренних войск, охраняющие места лишения свободы. Так же металлоискатели применяются на предприятиях по производству пищевых продуктов. Сейчас в нашей стране обнаружение в пищевых продуктах посторонних предметов грозит предприятию судебным разбирательством. Так же металлоискатели незаменимы в строительстве и при проведении ремонтных работ, например при реконструкции старого здания, для обнаружения металлических балок и других несущих конструкций, а так же, если необходимо проследить, как проходит в земле трубопровод или электрический кабель. Металлоискатель используется при обработке древесины, для обнаружения в стволах металлических предметов. При сортировке мусора на мусороперерабатывающих предприятиях, при добыче полезных ископаемых. Археологу металлоискатель поможет определить наиболее перспективное место для детальных раскопок, даст возможность извлечь интересные находки там, где сплошные раскопки просто невозможны по разным причинам. Бок о бок с археологами работают искатели кладов и сокровищ.

### 2.1 Схемы для сборки металлоискателя

Для создания металлоискателя мы обратились к возможным схемам прибора. Структурную схему, которую мы использовали, мы начертили самостоятельно (Приложение 2) На этой схеме изображены следующие компоненты:

1) ИГ – исследовательский генератор, частота которого зависит от внешних предметов;

2) ОГ – образцовый генератор, который не зависит от внешних предметов;

3) СМ – смеситель: устройство для получения разностной и суммарной частот генераторов;

4) УС – усилитель;

5) ГР – громкоговоритель.

Для упрощения схемы металлоискателя применены цифровые интегральные микросхемы серии K561. Логические элементы этих микросхем могут работать как в усилительном режиме (при введении отрицательной обратной связи) так и в цифровом. Мы выбрали микросхему K561LE5. В одном корпусе этой микросхемы расположены 4 логических элемента ИЛИ – НЕ. Один логический элемент мы используем для построения на нем исследовательского генератора, 2 элемента для построения образцового генератора и 1 элемент для построения смесителя. На одном транзисторе мы соберем усилитель для наушников. (Приложение 3).

## 2.2 Практическое выполнение металлоискателя

При сборке металлоискателей в промышленности обычно все схемы выполняются на печатных платах. Это имеет смысл, когда выпускается серия приборов. Так как наш прибор экспериментальный и существует в единственном экземпляре разрабатывать и изготавливать для него печатную плату невыгодно. Мы применим для него стандартную макетную плату. Все компоненты для сборки нашего прибора мы подобрали и заказали в каталоге магазина «Чип и Дип». Используя все необходимое оборудование, мы собрали экспериментальный металлоискатель в соответствии со схемами прибора. После сборки, мы провели его испытания. После включения питания, поднимаем металлоискатель над землей. Выставляем переменный резистор в такое положение, что звука в наушниках не будет. Опускаем датчик металлоискателя к земле. Перемещать датчик нужно медленно и плавно, стараясь держать расстояние от земли до датчика одинаковым. При обнаружении металлических предметов на пути датчика, в наушниках появляется звук.

## 2.3 Демонстрационные опыты с использованием прибора

С использованием демонстрационного металлоискателя, собранного нами в домашних условиях можно провести следующие опыты (Приложение 4):

### *Опыт 1. Исследование сухих диэлектрических предметов.*

Включаем питание, поднимаем металлоискатель над землей. Выставляем переменный резистор в такое положение, когда сигнал в наушниках отсутствует (примерно среднее положение резистора). Затем медленно вращаем ручку переменного резистора по часовой стрелке до появления сигнала.

Добиваемся меньшей частоты сигнала. Опускаем датчик металлоискателя к сухому диэлектрическому предмету. Металлоискатель никак не реагирует.

### *Опыт 2. Исследование влажных диэлектрических предметов.*

Включаем питание, поднимаем металлоискатель над землей. Выставляем переменный резистор в такое положение, когда сигнал в наушниках отсутствует (примерно среднее положение резистора). Затем медленно вращаем ручку переменного резистора по часовой стрелке до появления сигнала.

Добиваемся меньшей частоты сигнала. Опускаем датчик металлоискателя к влажному диэлектрическому предмету (песку). Частота сигнала немного повышается.

В зависимости от минерализации грунта и его загрязненности, частота сигнала может повыситься, тогда с помощью переменного резистора корректируем ее до минимальной.

Перемещать датчик металлоискателя над землей нужно плавно, со скоростью примерно 0,5 м/с, стараясь держать расстояние от датчика до грунта одинаковым.

При описанной выше настройке, металлоискатель будет реагировать на грунт, небольшие железные предметы, кирпичи, угольки – повышением частоты сигнала. На предметы из цветного металла и железные предметы с относительно большой площадью поверхности металлоискатель отреагирует понижением частоты сигнала вплоть до полного его пропадания.

### *Опыт 3. Исследование цветных металлов.*

Включаем питание, поднимаем металлоискатель над землей. Выставляем переменный резистор в такое положение, когда сигнал в наушниках отсутствует (примерно среднее положение резистора). Затем медленно вращаем ручку переменного резистора по часовой стрелке до появления сигнала.

Добиваемся меньшей частоты сигнала. Опускаем датчик металлоискателя к предмету из цветного металла (алюминиевая посуда). Частота сигнала заметно повышается.

*Опыт 4. Исследование ферромагнитных материалов.*

Включаем питание, поднимаем металлоискатель над землей. Выставляем переменный резистор в такое положение, когда сигнал в наушниках отсутствует (примерно среднее положение резистора). Затем медленно вращаем ручку переменного резистора по часовой стрелке до появления сигнала.

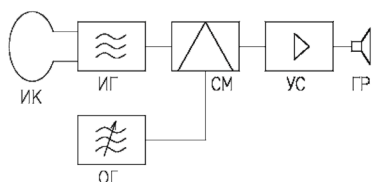
Добиваемся меньшей частоты сигнала. Опускаем датчик металлоискателя к небольшому предмету из ферромагнитного материала (гвозди). Частота сигнала заметно повышается.

Опускаем датчик металлоискателя к большому предмету из ферромагнитного материала (оцинкованное железное ведро). Частота сигнала заметно понижается, вплоть до пропадания сигнала.

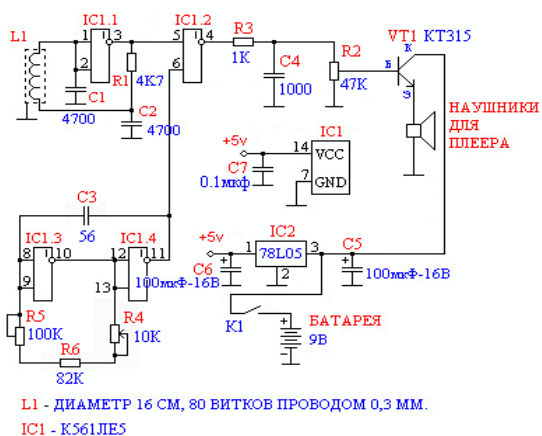
**Приложение 1.**  
Исследовательская катушка.



**Приложение 2.**  
Структурная схема металлоискателя.



**Приложение 3.**  
Принципиальная схема металлоискателя.



**Приложение 4.**  
Эмпирические исследование металлоискателя





### Заключение

Для реализации цели нашего проекта – сборки металлоискателя, нами были реализованы следующие задачи:

- изучен теоретический материал по теме «Электромагнитные явления», в результате чего у нас появилось желание самим создать прибор, работающий на принципе электромагнитной индукции – металлоискатель;

- обосновали актуальность нашего проекта, мы пытались решить проблему расширения комплектации демонстрационного оборудования в кабинете физики. Не только с целью демонстрации электромагнитных явлений, но и для наглядного изучения строения приборов, которые работают на принципе электромагнитной индукции;

- проанализировали теоретические материалы и провели отбор и систематизацию технического оборудования, необходимого для создания металлоискателя с помощью наших родителей и различных интернет-источников;

- создали наиболее подходящую схему металлоискателя, изучили технологию его сборки;

- нашли все необходимые материалы для его создания и собрали действующий металлоискатель. Необходимо так же отметить, что принцип действия металлодетектора возможно воплотить технически разными способами соответственно назначению прибора. Различные металлоискатели внешне могут быть похожи друг на друга, но существенно отличаться по схеме и техническим данным;

- провели испытание прибора;

- разработали и провели ряд демонстрационных опытов с использованием металлоискателя:

- исследование сухих диэлектрических предметов;

- исследование влажных диэлектрических предметов;

- исследование цветных металлов;

- исследование ферромагнитных материалов.

В перспективе планируются создание других приборов, которые позволили бы расширить базу демонстрационного оборудования в кабинете физики по другим темам для развития научно-технического творчества обучающихся.

### Бюджет проекта

Наименование	Цена
Корпус катушки	300
Провод для катушки	90
Макетная плата	140
Корпус для схемы	90
Микросхема К561ЛЕ5	34
Микросхема 78L05	18
Переменные резисторы	55
Постоянные резисторы	40
Конденсаторы	60
Батарея	90
Штанга	100
Выключатель	40
Наушники	200
Итого	1257 рублей

### Список литературы

1. Адаменко М.В. Металлоискатели, ДМК-пресс, М., ISBN: 5-9706-0022-9, 2006 г.

2. Гарретт, Чарльз «Металлоискатели. Как найти клад...»: Перевод с английского, ООО «РЕЙКОМ ГРУПП», М., 2013 г., 364 с, ISBN 978-5-4270-0016-1

3. Сворень Р. А. Электроника шаг за шагом: Практическая энциклопедия юного радиолюбителя., Изд. 3-е, дополнениями и исправлениями, Детгиз, М., 1991г., 446 с., (Библиотечная серия), 100 000 экз., ISBN 5-08-001436-9.

4. Старинов И. Мины замедленного действия: размышления партизана-диверсанта // Альманах «Вымпел». — М., 1999г., № 1.

5. Электронные компоненты. [Электронный ресурс]// Каталог магазина «Чип и Дип» URL: <https://www.chipdip.ru/catalog/electronic-components>

6. Металлоискатель [Электронный ресурс]//Википедия URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%BE%D0%B8%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C>

7. Металлоискатель – это [Электронный ресурс]//Википедия URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/44428>

8. Электромагнитная индукция [Электронный ресурс]// Livejournal URL: <http://xteoretex.livejournal.com/75980.html>

9. Фоксфорд. Учебник. [Электронный ресурс]// Фоксфорд URL: <http://foxford.ru/wiki/fizika/zakon-elektromagnitnoy-induksii-faradeya#/>