

МБОУ «Средняя общеобразовательная школа №46» г. Калуги

Индивидуальный проект на тему:

**«Создание действующей модели генератора Фарадея»**

Выполнил: ученик 10 «А» класса

Бизюлёв Александр Андреевич

«Пройдена предзащита»

куратор \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

«Проверено на плагиат»

куратор \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

2024 год

ПАСПОРТ ПРОЕКТА	
1. Тема проекта	Создание действующей модели генератора Фарадея
2. Исполнитель проекта	Бизюлёв Александр Андреевич, ученик 10 «А» класса
3. Куратор проекта	Иванова Татьяна Анатольевна
4. Название общеобразовательного учреждения	МБОУ «Средняя общеобразовательная школа №46» г. Калуги
5. Год разработки учебного проекта	2023-2024
6. Актуальность	Для более точного понимания протекания того или иного физического процесса нередко возникает необходимость использования различных приборов и их моделей, а их отсутствие в школьном кабинете физике влечет за собой спад интереса к этой науке
7. Проблема	Отсутствие среди оборудования школьного кабинета физики генератора, позволяющей продемонстрировать учащимся действие электромагнитной индукции
8. Продукт	Модель генератора Фарадея
9. Гипотеза	Обучающиеся проявят больше интереса к изучению физики и лучше поймут ее основы, если у них будет доступно действующее устройство.
10. Цель	Повышение мотивации обучающихся к изучению раздела физики «электромагнитная индукция» посредством демонстрации действующей модели генератора Фарадея
11. Индикаторы	Количественно (просмотры и оценки) и качественно (комментарии) зафиксированная реакция обучающихся на просмотренный видеоролик с демонстрацией действия прибора
12. Задачи (с указанием сроков)	1. Ознакомиться с информацией о приборах и выбрать оптимальный вариант (до 28.10.2023);

	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Найти все компоненты и детали для создания выбранного прибора в оффлайн и онлайн магазинах (до 27.11.2023);</li> <li>3. Оценить готовность для работы с деталями проекта (до 30.11.2023);</li> <li>4. Выполнить сборку прибора по плану: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Изготовить систему звёзд (до 10.12.2023);</li> <li>• Подготовить основу и подставку (до 20.12.2023);</li> <li>• Соединить компоненты прибора (до 30.12.2023).</li> </ul> </li> <li>5. Проверить работоспособность прибора (до 31.12.2023);</li> <li>6. Продемонстрировать работу прибора учителю физики (до 22.01.2024);</li> <li>7. Записать видеоролик с демонстрацией работы прибора и зафиксировать реакцию просмотревших (до 20.02.2022);</li> <li>8. Подготовиться к защите проекта</li> </ol>
13. Тип проекта (ведущая деятельность)	Практико-ориентированный
14. Дата предзащиты	
15. Дата защиты	
16. Оценка	

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	5
<b>Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b> .....	6
§ 1.1. Начало истории электромагнитной индукции .....	6
§ 1.2. Магнитный поток .....	Error! Bookmark not defined.
§ 1.3. Закон электромагнитной индукции .....	Error! Bookmark not defined.
§ 1.4. Генератор Фарадея .....	Error! Bookmark not defined.
§ 1.4. Парадокс Фарадея.....	11
<b>Глава 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b> .....	Error! Bookmark not defined.
§ 2.1. Социальный опрос .....	Error! Bookmark not defined.
§ 2.2. Выбор оборудования, инструментов, приспособлений .....	155
§ 2.3. Изготовление модели генератора Фарадея .....	188
§ 2.3.1 Изготовление передаточного устройства .....	18
§ 2.3.2 Изготовление подставки и обмотки .....	23
§ 2.3.3 Монтаж .....	Error! Bookmark not defined.5
§ 2.4. Оценка работоспособности.....	26
§ 2.5. Экономический расчет.....	299
§ 2.6. Индикаторы успешности.....	30
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	34
<b>СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	36
<b>Приложение 1. Техника безопасности при работе с электрооборудованием (сварочный аппарат и электрическая дрель)</b> .....	377
<b>Приложение 2. Техника безопасности при работе с колющими и режущими инструментами</b> .....	38

## ВВЕДЕНИЕ

Электромагнитная индукция — явление возникновения электрического тока, электрического поля или электрической поляризации при изменении магнитного поля во времени или при движении материальной среды в магнитном поле. Электромагнитная индукция была открыта Майклом Фарадеем 29 августа 1831 года. Весь необходимый «фундамент» для погружения и дальнейшего изучения раздела электромагнитной индукции заложен в школьном курсе физики. Однако, школьный учебник может предоставить лишь теоретическую информацию, ведь для демонстрации опытов и экспериментов необходимы специальные, приборы.

Итак, нередко возникающая необходимость использования различных приборов и их моделей, позволяющих более точно понимать протекание того или иного физического процесса, определяет актуальность и практическую значимость выбранной мной темы. Нехватка подобных приборов в школьном кабинете физике влечет за собой спад интереса к науке – отсюда вытекает проблема, решением которой призвана послужить моя проектная работа: отсутствие среди оборудования школьного кабинета физики прибора, позволяющего продемонстрировать учащимся действие электромагнитной индукции.

На основании вышеизложенного мной была выдвинута гипотеза о том, что при наличии действующего прибора у обучающихся повысится интерес к изучению физики и улучшится понимание её основ

Цель моего проекта – повышение мотивации обучающихся к изучению раздела физики «Физика элементарных частиц» посредством демонстрации действующей модели ионизационной камеры, регистрирующей следы заряженных частиц. Для достижения поставленной цели я определила следующие задачи:

1. Ознакомиться с информацией о приборах и выбрать оптимальный вариант (до 28.10.2023);
2. Найти все компоненты и детали для создания выбранного прибора в оффлайн и онлайн магазинах (до 27.11.2023);
3. Оценить готовность для работы с деталями проекта (до 30.11.2023);
4. Выполнить сборку прибора по плану:
  - Изготовить систему звёзд (до 10.12.2023);
  - Подготовить основу и подставку (до 20.12.2023);

- Соединить компоненты прибора (до 30.12.2023).
- 5. Проверить работоспособность прибора (до 31.12.2023);
- 6. Продемонстрировать работу прибора учителю физики (до 22.01.2024);
- 7. Записать видеоролик с демонстрацией работы прибора и зафиксировать реакцию просмотревших (до 20.02.2022);
- 8. Подготовиться к защите проекта

Итоговым продуктом данной практико-ориентированной проектной работы является действующая модель генератора Фарадея.

## **Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **§ 1.1. Начало истории электромагнитной индукции**

Ученый Ганс Христиан Эрстед в 1820 году провел опыт, в результате которого было открыто, что магнитная стрелка отклоняется при наличии электрического тока в цепи [5]. Это наблюдение позволило сделать вывод, что возникновение электричества связано с магнетизмом, проявляющимся при создании магнитного поля электрическим током. Майкл Фарадей поддержал эту теорию и на протяжении нескольких лет проводил эксперименты, которые привели его к открытию электромагнитной индукции 29 августа 1831 года [2].

Исследуя результаты многочисленных опытов, Фарадей пришел к выводу (рисунок 1.1), что индукционный ток возникает всегда, когда меняется связанный с контуром поток магнитной индукции (магнитного потока) [3]. Например, при вращении замкнутого проводящего контура в однородном магнитном поле также возникает индукционный ток. В данном случае индукция магнитного поля около контура остается постоянной, изменяется только поток магнитной индукции сквозь контур.

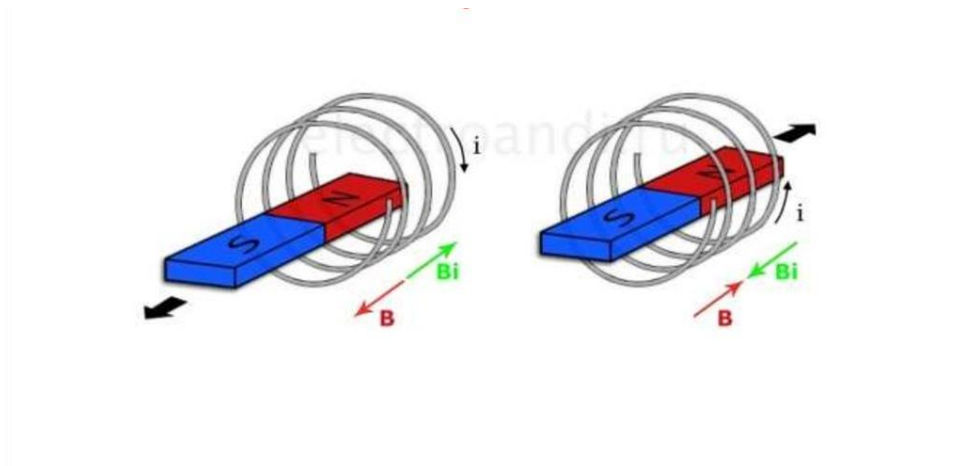


Рисунок 1.1 Закон электромагнитной индукции

### § 1.2. Магнитный поток

Понятие магнитного потока представляет собой характеристику количества линий магнитного поля, пронизывающих контур [4]. Рассмотрим общий случай, когда вектор  $B$  образует угол  $\alpha$  с нормалью к плоскости контура (см. рисунок 1.2). Через контур проходит только перпендикулярная составляющая  $B$  вектора магнитной индукции  $B$  (в то время как составляющая, параллельная контуру, не проникает через него). Общее определение магнитного потока в случае однородного магнитного поля можно записать следующим образом:

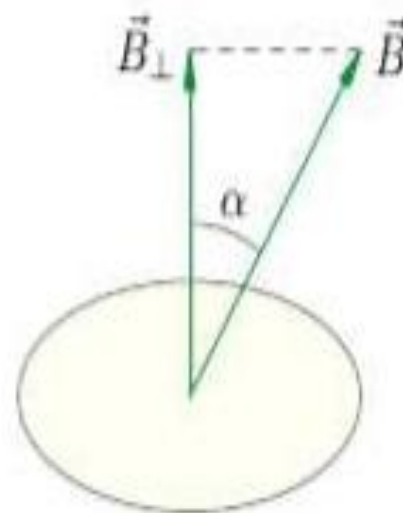


рисунок 1.2

$$\Phi = B S \cos \alpha$$

$\Phi$ -магнитный поток

$B$ -модуль вектора магнитной индукции

S-площадь контура

$\alpha$ -угол между векторами магнитной индукции и перпендикуляром (нормалью) к пересекаемой поверхности

Появление индукционного тока в замкнутой электрической цепи катушки при любых изменениях магнитного поля означает, что при изменениях магнитного поля внутри катушки на электрические заряды в проводе действуют силы не электростатической природы, так как работа электростатических сил по любому замкнутому контуру равна нулю. Работу этих сторонних сил характеризуют электродвижущей силой индукции. Отталкивание или притяжение магнита катушкой зависит от направления индукционного тока в ней. Поэтому закон сохранения энергии позволяет сформулировать правило, определяющее направление индукционного тока. Отталкивание или притяжение магнита катушкой зависит от направления индукционного тока в ней [5].

В первом случае магнитный поток (или число линий магнитной индукции, пронизывающих витки катушки) увеличивается (рис. 1.3 а), а во втором случае — уменьшается (рис. 1.3 б). Причем в первом случае линии индукции  $B'$  магнитного поля, созданного возникшим в катушке индукционным током, выходят из верхнего конца катушки, так как катушка отталкивает магнит, а во втором случае, наоборот, входят в этот конец. Эти линии магнитной индукции (рис.1.3 б) изображены штрихом.

При увеличении магнитного потока через витки катушки индукционный ток имеет такое направление, что создаваемое им магнитное поле препятствует нарастанию магнитного потока через витки катушки [9]. Ведь вектор индукции  $B'$  этого поля направлен против вектора индукции  $B$  поля, изменение которого порождает электрический ток. Если же магнитный поток через катушку ослабевает, то индукционный ток создает магнитное поле с индукцией  $B'$ , увеличивающее магнитный поток через витки катушки.



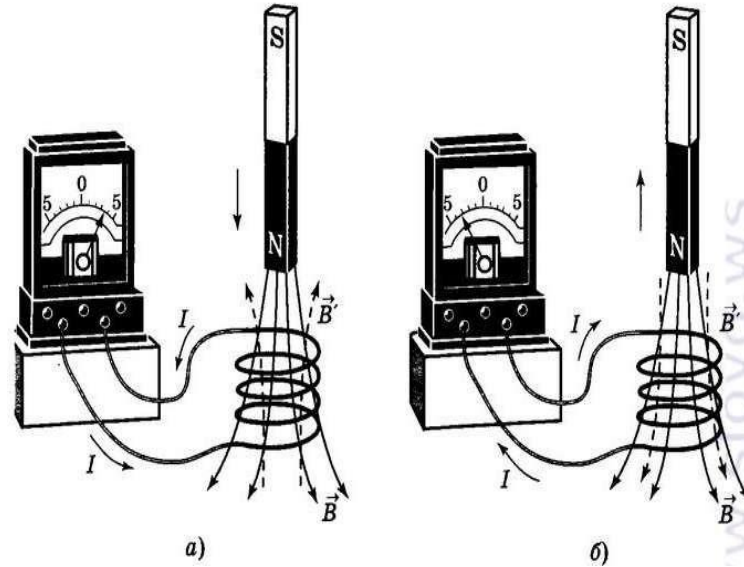


Рисунок 1.3 Направление индукционного тока

### § 1.3. Закон электромагнитной индукции

Закон электромагнитной индукции формулируется именно для ЭДС, а не для силы тока. При такой формулировке закон выражает сущность явления, не зависящую от свойств проводников, в которых возникает индукционный ток. Согласно закону электромагнитной индукции ЭДС индукции в замкнутом контуре равна по модулю скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром (рисунок 1.4).

$$|\mathcal{E}| = \frac{|\Delta\Phi|}{|\Delta t|}$$

Рисунок 1.4 Закон электромагнитной индукции

$|\mathcal{E}|$  — величина электродвижущей силы (ЭДС) в вольтах,

$\Phi$  — магнитный поток в веберах.

$t$  — промежуток времени

Индукированные токи всегда стремятся противодействовать исходной причине индукции. Приближение намагниченного стержня к замкнутой катушке порождает индукционные токи, которые создают магнитное поле противоположного направления, тем самым препятствуя движению стержня. Магнитное поле катушки отталкивает стержень, и

чтобы втянуть его обратно в катушку, нужно преодолеть это противодействие и выполнить определенную работу против магнитного поля индукционного тока [8].

Эксперименты свидетельствуют о том, что направление индукционного тока всегда определяется правилом Ленца: индукционный ток имеет такое направление, что созданное им магнитное поле оказывает компенсирующее действие магнитного, поля, вызывающее данный индукционный ток, препятствует проходящим изменениям магнитного поля [7]. Также было экспериментально доказано, что индукционный ток, возникающий в катушке, не возникает из ничего. Для его возникновения необходимо затратить энергию, то есть совершить работу. Это означает, что энергия не возникает, а только преобразуется: механическая энергия превращается в электрическую.

#### **§ 1.4. Генератор Фарадея**

Действие униполярной машины основано на принципе электромагнитной индукции [1]. Экспериментальная установка (рисунок 1.4) представляет собой установку, состоящую из цилиндрического магнита и прилегающего к нему проводящего диска. Оба этих элемента расположены таким образом, чтобы быть способными вращаться вокруг общей оси. Ось симметрии магнита и диска совпадает с осью вращения, а поляризация магнита находится в направлении этой оси. Для измерения электрического напряжения используют два токосъёмника один прижат, посредством скользящего контакта, к диску в районе оси его вращения в центре (или непосредственно к оси, если ось проводящая), второй — подобным образом, прижат к краю диска (если магнит перекрывает диск частично, то второй токосъёмник располагается в том его месте на периферии диска, где диск пересекает магнитное поле постоянного магнита).

Токосъёмники подключены к клеммам, предназначенным для присоединения внешней нагрузки. Диск Фарадея послужил прототипом самых первых динамо-машин постоянного тока.

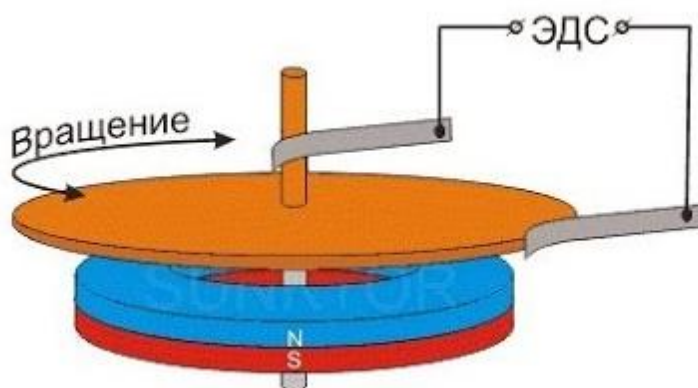


Рисунок 1.4 Модель генератора Фарадея

### § 1.4. Парадокс Фарадея

Парадокс Фарадея — это эксперимент, который изначально противоречит закону индукции, предложенному Майклом Фарадеем. Эксперимент показывает противоречие между результатами, полученными измерением напряжения на диске, и предсказаниями закона индукции [10]. Если диск крутится, а магнит остаётся неподвижным, то возникает электрическое напряжение на клеммах. Это можно объяснить с помощью силы Лоренца или правила потока (униполярная индукция). Напряжение также возникает на клеммах, когда диск и магнит соединены и движутся вместе. Однако, если магнит движется, а диск находится в покое, то напряжение не возникает. Это вызвало удивление у учёного, так как Фарадей предполагал, что перемещение диска относительно магнита является важным фактором для возникновения напряжения. В действительности, магнитное поле постоянного магнита в значительной степени не зависит от его вращения. Поэтому не имеет значения, вращается ли он или нет.

Этот парадокс униполярной индукции можно наглядно представить с помощью таблицы, в которой описаны различные комбинации вращения и покоя элементов установки [10]. (Рисунок 1.5)

магнит	диск	есть ли напряжение?
неподвижен	вращается	Есть
вращается	неподвижен	отсутствует
вращается	вращается	Есть

(Рисунок 1.5)

## Глава 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### § 2.1. Социальный опрос

Перед началом проектной деятельности я провёл интернет-опрос с целью получения мнения людей о важности наблюдения физических явлений (опрос доступен по ссылке: [Опрос к проектной работе по теме "Создание действующей модели генератора фарадея"](#)). Опрос проводился среди 49 учащихся 9,10 классов МБОУ СОШ №46 г. Калуги. По результатам опроса большинство проголосовавших отметило, что они слышали о генераторах<sup>1</sup> и хотели бы знать, как они работают<sup>2</sup>, но информацию им легче воспринимать с помощью прибора<sup>3</sup>. (Результаты опроса представлены на диаграммах 2.1, 2.2, 2.3).

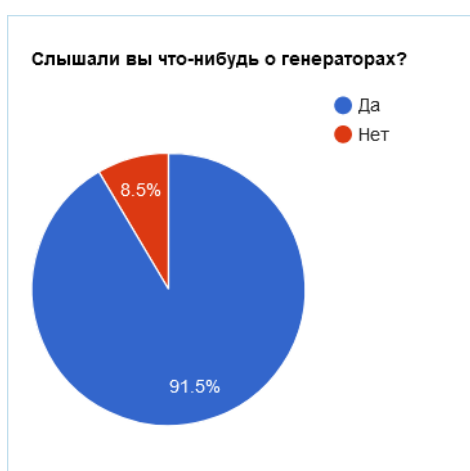


Диаграмма 2.1. Ответ на вопрос «Слышали вы что-нибудь о генераторах?»

1. 91.5% от общего числа опрошенных на вопрос «Слышали вы что-нибудь о генераторах?» дают утвердительный ответ (43 участника опроса).
2. 63.8% от общего числа опрошенных на вопрос «Хотели бы вы знать, как работают генераторы?» дают положительный ответ (30 участника опроса).
3. 97.8% от общего числа опрошенных на вопрос «Было бы проще вам понять тему, если бы вы видели демонстрацию с помощью прибора?» дают ответ - «Да».



Диаграмма 2.2. Ответ на вопрос «Хотели бы вы знать, как работают генераторы?»

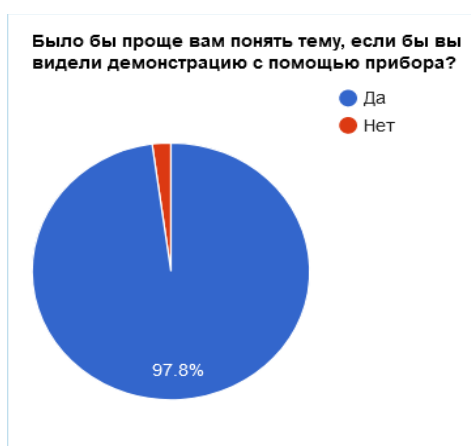


Диаграмма 2.3. Ответ на вопрос «Было бы проще вам понять тему, если бы вы видели демонстрацию с помощью прибора?»

Продолжая анализировать результаты опроса (Диаграмма 2.4, 2.5, 2.6) можно сделать вывод о том, что многие слышали о учёном Майкле Фарадее<sup>4</sup> и им хотелось бы узнать больше из раздела «электромагнитная индукция<sup>5</sup>», но не все знают о парадоксе Фарадея<sup>6</sup>.

---

4. 63.8% от общего числа опрошенных на вопрос «Слышали вы о учёном Майкле Фарадее?» дают положительный ответ (30 участника опроса).

5. 78.3% от общего числа опрошенных на вопрос «Интересна ли вам тема электромагнитной индукции?» дают положительный ответ (36 участника опроса).

6. 66.0% от общего числа опрошенных на вопрос «Знаете ли вы о парадоксе Фарадея?» дают ответ «Да» (31 участника опроса).

**Слышали вы о учёном Майкле Фарадее?**

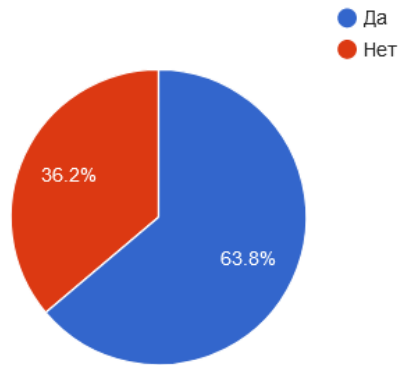


Диаграмма 2.4. Ответ на вопрос «Слышали вы о учёном Майкле Фарадее?»

**Интересна ли вам тема электромагнитной индукции?**

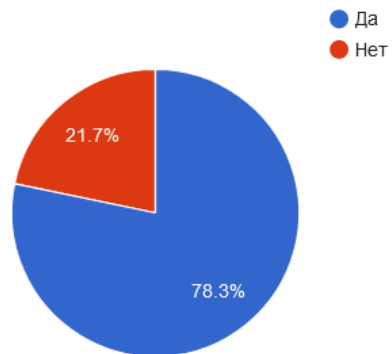


Диаграмма 2.5. Ответ на вопрос «Интересна ли вам тема электромагнитной индукции?»

**Знаете ли вы о парадоксе Фарадея?**

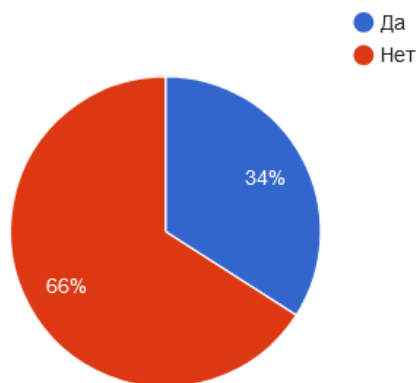


Диаграмма 2.6. Ответ на вопрос «Знаете ли вы о парадоксе Фарадея?»

## § 2.2. Выбор оборудования, инструментов, приспособлений

Перед началом фактической работы над созданием генератора Фарадея, я ознакомился с моделью данного прибора (см. Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ. § 4 генератор Фарадея. Для создания такой модели генератора Фарадея мне потребовались следующие оборудование, инструменты и материалы (рисунки 2.7-2.15)

Звезда 47 зубьев;

Звезда 13 зубьев;

Цепь 68 звеньев;

Листовая медь 0,5 мм 15x20 см

Стальной стержень

Подшипник 6203 x2;

Магнит круглый с отверстием x2;

Медный диск 2x80 мм;

Уголок крепёжный 40x40x20 мм x2;

Шайба М8 x3;

Болт М8 x3;

Гайка М8 x6;

Болт М12 ;

Гайка М12 x2;

Гайка М14 x2;

Болт М6 x4;

Гайка М6 x4;

Электродрель

Мультиметр DR 9205-A

Углошлифовальная машина

Линейка



Рисунок 2.7 УШМ и лобзик



Рисунок 2.8 Набор ключей и отвёртка

Ножницы

Сварочный аппарат

Лобзик

Набор отвёрток

Набор ключей

Зажим “крокодил” х2;

Доска деревянная 50х40 см;

Душка от шпингалета х4;



Рисунок 2.9 Сварочный аппарат



Рисунок 2.10 Медная фольга



Рисунок 2.11 Мультиметр





Рисунок 2.12 Медный диск



Рисунок 2.13 Магниты



Рисунок 2.14 Цепь



Рисунок 2.15 Звёзды

При работе над созданием генератора Фарадея я соблюдал необходимую технику безопасности: см. Приложение 1. Техника безопасности при работе с электрооборудованием и Приложение 2. Техника безопасности при работе с колющими и режущими инструментами.

### § 2.3. Изготовление модели генератора Фарадея

Изготовление модели ионизационной камеры будет осуществляться в три этапа:

1. Изготовление передаточного устройства;
2. Изготовление обмотки и подставки;
3. Монтаж составных элементов прибора.

#### § 2.3.1 Изготовление передаточного устройства

Для изготовления передаточного устройства, я решил использовать звезды на 47 зубьев и 13 зубьев. Передаточное число такого устройство - 3,6. За один полный оборот большой звезды, маленькая звезда совершит 3,6 оборота. Это позволит нам увеличить количество оборотов вала, на котором будет находиться медный диск и магниты. Такая система передачи будет точной и надежной, поскольку зубчатые колеса обеспечивают хорошую передачу момента силы с минимальными потерями энергии. Кроме того, зубчатые передачи обладают высокой прочностью, что делает данное устройство долговечным и надежным в эксплуатации. Для дальнейшей работы со звёздами, необходимо зачистить их от грязи (рисунок 2.16).



Рисунок 2.16 Зачистка звёзд.

Чтобы звезда вращалась на оси необходимо сделать перегородку. Для этого Отрезаем от металлического стержня УШМ кусок длиной 58 мм (рисунок 2.17).



Рисунок 2.17 Отрезаем кусок 58 мм.

Привариваем металлический стержень к большой звезде (см. Приложение 1. Техника безопасности при работе с электрооборудованием). После завершения сварочных работ, важно провести тщательный контроль качества сварного соединения, а также необходимо уделить внимание последующей обработке сварного шва, если это требуется. Необходимо также уделить особое внимание защите глаз и рук при выполнении сварочных работ (рисунок 2.18)



Рисунок 2.18 Привариваем стержень к звезде.

Для того чтобы звезда спокойно крутилась, необходимо прикрепить её к подшипнику с осью. Для этого крепим подшипник к болту М14 двумя гайками (рисунок 2.19).



Рисунок 2.19 Ось большой звезды.

Привариваем ось к звезде. Ось должна быть точно выровнена с звездой, чтобы не возникало каких-либо перекосов или неровностей при вращении. Необходимо убедиться, что обе поверхности (ось и звезда) хорошо очищены от загрязнений и окислов перед сваркой. Это позволит добиться более качественного и надежного соединения. Важно также контролировать температуру сварки, чтобы избежать перегрева материала и возможных деформаций (рисунок 2.20).



Рисунок 2.20 Большая звезда с осью.

Для того чтобы закрепить звезду с осью на основе, мы будем изготавливать металлический стержень со специальными уголками и душками. Начнём с приварки двух уголков к стержню. Именно эти уголки впоследствии будут крепить звезду к основе, обеспечивая надёжную фиксацию (рисунок 2.21).



Рисунок 2.21 Стержень с уголками

Затем, соединяем стержень с душкой, используя сварку для прочного и надёжного соединения (см. Приложение 1. Техника безопасности при работе с электрооборудованием). Подшипник устанавливаем на второй душке, с помощью двух болтов М6 и двух гаек М6 (рисунок 2.21). Это обеспечит надёжную фиксацию подшипника и предотвратит его отвинчивание или смещение при использовании. Тщательное закрепление всех соединений и использование правильного размера и типа болтов и гаек – ключевые моменты для обеспечения безопасности и эффективности работы конструкции. Поэтому рекомендуется тщательно проверять и крепить все элементы, прежде чем переходить к следующему этапу работ. Для того чтобы мы смогли крутить звезду, необходимо установить ручку. Для этого мы будем использовать болт М16 для крепления к одному из отверстий, имеющихся на звезде (рисунок 2.23).



Рисунок 2.21-2.22 Изготовление ручки и закрепление звезды на стержне

Для оси маленькой звезды прикручиваем подшипник двумя гайками. Главное, чтобы подшипник был прикручен к оси маленькой звезды ровно. Убедитесь, что подшипник правильно выравнен и надежно закреплен, чтобы обеспечить плавное вращение оси внутри подшипника без какого-либо биения или лишнего сопротивления. После тщательной установки подшипника, следующий шаг - процесс приваривания оси к маленькой звезде (рисунок 2.23). Закрепляем подшипник двумя душками (рисунок 2.24).



Рисунок 2.23 Закрепляем на болте подшипник и привариваем ось к звезде.



Рисунок 2.24 закрепляем подшипник маленькой звезды душками

### § 2.3.2 Изготовление подставки и обмотки

Для изготовления подставки использую деревянную доску. На подставке будут расположены передаточное устройство. С помощью линейки и карандаша отмеряю кусок длиной 40x50 см и лобзиком вырезаю эту часть (рисунок 2.25). Наждачной бумагой шлифуем поверхность доски. (рисунок 2.26).

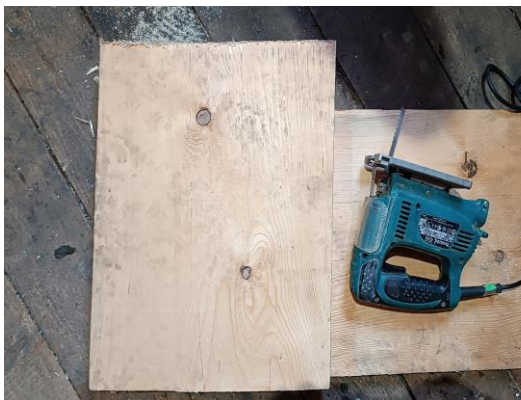


Рисунок 2.25 Вырезаем часть от доски.



Рисунок 2.26 Шлифуем поверхность наждачной бумагой.

Для фиксации большой и маленькой звезды к подставке размечаем карандашом и просверливаем в ней три отверстия электродрелью (рисунок 2.27).

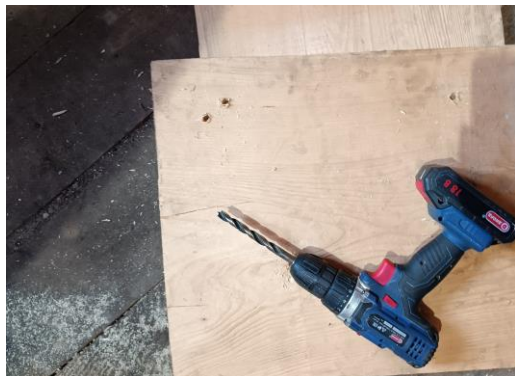


Рисунок 2.27 Просверливаем отверстия в подставке.

Для изготовления обмотки прикручиваем медный диск на ось маленькой звезды двумя гайками. Между медным диском закрепляем магниты, они погрузят медный диск в магнитное поле (рисунок 2.18). Магниты будут вращаться вместе с диском. Такое расположение магнитов уберёт вихревые токи, что увеличит скорость вращения оси маленькой звезды.





Рисунок 2.28 Ось маленькой звезды с магнитами и медным диском.

Передавать электрический ток с обмотки будут щётки из медной фольги. Вырезаем полоску 15x1 см и полоску 20x1 см (см. Приложение 2. Техника безопасности при работе с колющими и режущими инструментами). Одну фиксируем так, чтобы она скользила по медному диску, другую закрепляем чтобы она скользила по оси маленькой звезды (рисунок 2.29).



Рисунок 2.29 Обмотка с щётками

### § 2.3.2 Монтаж составных элементов прибора

На финальном этапе работы четыре основных элемента прибора (Большая звезда, маленькая звезда с обмоткой, щётки из медной фольги, цепь) необходимо закрепить на основе и соединить.

Закрепляем большую и малую звезду на подставке с помощью гаек и шайб. Медные щётки крепим к подставке саморезами по дереву, к концам щёток прикручиваем зажимы “крокодилы” (рисунок 2.30). Одеваем цепь на звёзды.



Рисунок 2.30 Монтаж звезд и щеток.

**Модель Генератора Фарадея собрана!**



Рисунок 2.31 Генератор Фарадея в сборе.

#### **§ 2.4. Оценка работоспособности**

Генератор фарадея - разновидность электрической машины постоянного тока. Содержит проводящий диск, постоянное магнитное поле, параллельное оси вращения

диска, 1-й токосъёмник на оси диска и 2-й токосъёмник у края диска. Соответственно, для проверки работоспособности моей модели потребуется мультиметр. Мультиметр – универсальный портативный прибор для измерения нескольких параметров (в «минимальной комплектации» мультиметр измеряет силу тока, напряжение и сопротивление). Переключатель мультиметра устанавливается на шкалу измерения силы тока в Ма (рисунок 2.32) и на шкалу напряжения (рисунок 2.33)



Рисунок 2.32  
Установленн  
ый на изм.  
Напряжения  
переключател  
ь



Рисунок 2.33  
Установленный  
на изм. Силы  
тока  
переключатель

Ставим щупы мультиметра в зажимы “крокодилы” и начинаем крутить большую звезду с помощью ручки. Из-за силы Лоренца отрицательные заряды движутся к центру вращающегося диска, так что напряжение появляется между его центром и его ободом, а отрицательный полюс находится в центре. Это напряжение снимают щётки сделанные из медной фольги. В состоянии показания мультиметра – нулевые (рисунок 2.34). При максимальной скорости вращения генератор выдаёт  $4,7\text{mV}$  (рисунок 2.35) и  $0.012\text{mA}$  (рисунок 2.36). Генератор фарадея – это машина с обмоткой из за одного витка, поэтому он выдаёт такое маленькое напряжение, а ток, наоборот, должен быть большим, однако, это напрямую зависит от качество токосъёмников, ведь очень сложно добиться плотного прилегания токосъёмников к диску на высоких оборотов.



Рисунок 2.34 генератор в состоянии покоя.



Рисунок 2.35 Измерение напряжения.



Рисунок 2.36 Измерение силы тока.

Изготовленная мной модель генератора Фарадея полностью работоспособна, выполняет свою главную цель – вырабатывает электрический ток. Таким образом, я могу сделать вывод о том, что с изготовлением продукта своего проекта я справился успешно.

## § 2.5. Экономический расчет

Себестоимость продукта проекта – это выраженные в денежной форме затраты на производство и реализацию продукта (в данном случае прибора – модели ионизационной камеры).

$$C = Z_m + Z_{\text{эн}},$$

где  $C$  – себестоимость,

$Z_m$  – материальные затраты (см. таблицу 2.1),

$Z_{\text{эн}}$  – затраты на электроэнергию.

**Таблица 2.1 Материальные затраты**

Наименование единицы материала/оборудования	Цена	Количество	Стоимость, рублей
Звезда 47 зуба		1 штука	Была дома
Звезда 13 зуба		1 штука	Была дома
Цепь 68 звеньев		1 штука	Была дома
Листовая медь	360 рублей/штука	1 штука	360
Стальной стержень		1 штука	Была дома
Подшипник	60 рублей штука	2 штуки	120
Магнит круглый с отверстием		2 штуки	Были дома
Медный диск	450 рублей/штука	1 штуки	450
Уголок крепёжный	100 рублей/штука	2 штуки	200
Шайба	10 рублей/штука	4 штука	40
Болты	190 рублей/50 штук	8 штук	30,4
Гайки		14 штуки	Были дома
Зажим крокодил	33 рублей/2 штуки	2 штуки	33
Доска деревянная		1 штука	Была дома
Душка от шпингалета		2 штуки	Была дома
Итого:			1233,4

$$Z_{\text{эн}} = C_{\text{эн}} * P * t,$$

где  $C_{\text{эн}}$  – стоимость электроэнергии ( $C_{\text{эн}} = 4,60$  руб/кВт\*ч),

$P$  – мощность оборудования,

$t$  – время работы.

Суммарно на непосредственное изготовление генератора Фарадея у меня ушло около 22 часов. Все время ( $t_{\text{л}} = 22$  ч) я работал при искусственном освещении светодиодного прожектора мощностью  $P_{\text{л}} = 0,03$  кВт. Сварочный аппарат я использовал около  $t_{\text{п}} = 1$  ч (мощность сварочного аппарата  $P_{\text{п}} = 4$  кВт), электродрель –  $t_{\text{эл/др}} = 1$  ч (мощность электродрели  $P_{\text{эл/др}} = 0,55$  кВт), УШМ – 1 ч (мощность УШМ  $P_{\text{ушм}} = 1,4$  кВт)

$$Z_{\text{эн}} = (C_{\text{эн}} * P_{\text{пр}} * t_{\text{пр}}) + (C_{\text{эн}} * P_{\text{са}} * t_{\text{са}}) + (C_{\text{эн}} * P_{\text{эл/др}} * t_{\text{эл/др}}) + (C_{\text{эн}} * P_{\text{ушм}} * t_{\text{ушм}})$$

$$Z_{\text{эн}} = C_{\text{эн}} * ((P_{\text{пр}} * t_{\text{пр}}) + (P_{\text{са}} * t_{\text{са}}) + (P_{\text{эл/др}} * t_{\text{эл/др}}) + (P_{\text{ушм}} * t_{\text{ушм}}))$$

$$Z_{\text{эн}} = 4,60 \text{ руб/кВт*ч} * ((0,03 \text{ кВт} * 22 \text{ ч}) + (4 \text{ кВт} * 1 \text{ ч}) + (0,55 \text{ кВт} * 1 \text{ ч}) + (1,4 \text{ кВт} * 1 \text{ ч}) = 30,406 \text{ руб}$$

$$C = 1233,4 \text{ руб} + 30,406 \text{ руб} = 1263,806 \text{ руб}$$

Себестоимость продукта моей проектной деятельности составляет **1263,806 руб.**

## § 2.6. Индикаторы успешности

По завершении работы над изготовлением генератора Фарадея, в программе для видеомонтажа «Movavi Video Editor Plus» я смонтировал видеоролик, наглядно показывающий и объясняющий устройство и принцип действия генератора. В нем кратко и понятно описываются основные аспекты действия генератора Фарадея, демонстрируется его работа.

Видеоролик я разместил на платформе YouTube: [генератор Фарадея. Проектная работа Бизюлёва А.А. 10 "А" класс](#)

Таким образом, учителям физики при изучении темы «Электромагнитная индукция» не придется тратить время на поиск информации в интернете: они смогут воспользоваться готовым видеоматериалом. По предмету «Проектная деятельность» школьники смогут посмотреть пример выполнения части работы.

Индикатором успешности моей работы служит не только работоспособность прибора, но и комментарии (качественные индикаторы) и оценки (количественные индикаторы) выложенного мной видеоролика (рисунки 2.37 – 2.39): с момента публикации более ста сорока человек посмотрело мой ролик.

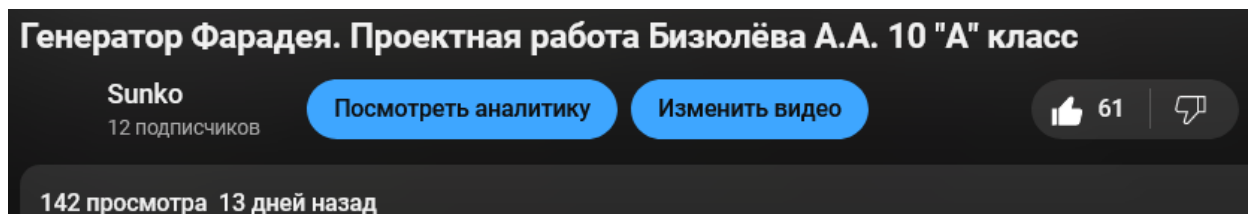


Рисунок 2.7 Количественные индикаторы успешности проектной деятельности (положительные оценки)

@user-dd1dv4ox6z 5 дней назад  
Какая интересная работа! Такой труд проделал, просто молодец!

   Ответить

@user-wg4jf8fm2y 13 дней назад  
Занимательно, увлекательно и очень интересно!

 1   Ответить

@user-wg4jf8fm2y 13 дней назад  
Увлекательно, познавательно и очень интересно!

 1   Ответить

@user-vi3kd3wb5k 13 дней назад (изменено)  
Познавательная проектная работа.Обучающе 👍

   Ответить

@user-we1yc5zo9c 12 дней назад  
Интересная и познавательная работа 👍

   Ответить

@kristinakh665 12 дней назад  
Очень интересный проект,а главное полезный !

   Ответить

@ytkalash9888 6 дней назад

Отличный проект

   Ответить

@nemomorlok8761 13 дней назад

Классный прибор получился, очень увлекательно!

   Ответить

@Nastasia\_07 13 дней назад

Очень интересно и познавательно 😊

   Ответить

@user-fr7dk4ju2m 13 дней назад

Спасибо, очень познавательно!!!!!!

   Ответить

@pubgmobile-zw7dw 13 дней назад

спасибо, все очень понятно и интересно

   Ответить

@user-kj8tz5mb9l 13 дней назад

Теперь мне все стало понятно!Интересно и познавательно!

   Ответить

Рисунки 2.38, 2.39 Качественные индикаторы успешности проектной деятельности  
(комментарии)

Также был проведён повторный интернет-опрос (качественный индикатор) с целью получения позитивных изменений после просмотра видеоролика (опрос доступен по ссылке: "[Повторный опрос к проектной работе по теме "Создание действующей модели генератора фарадея"](#)").



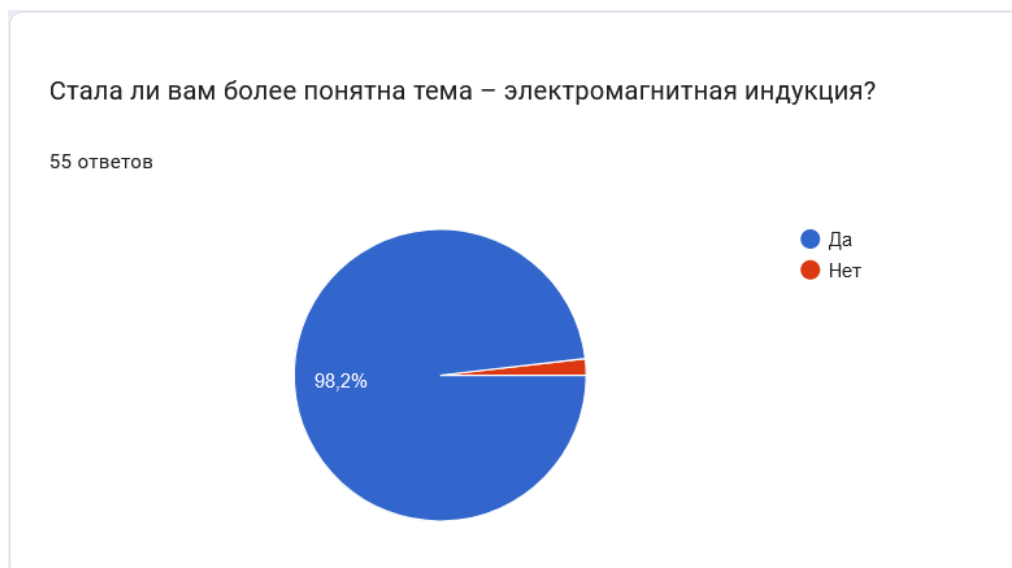


Диаграмма 2.40 Ответ учащихся на вопрос «Стала ли вам более понятна тема – электромагнитная индукция?»

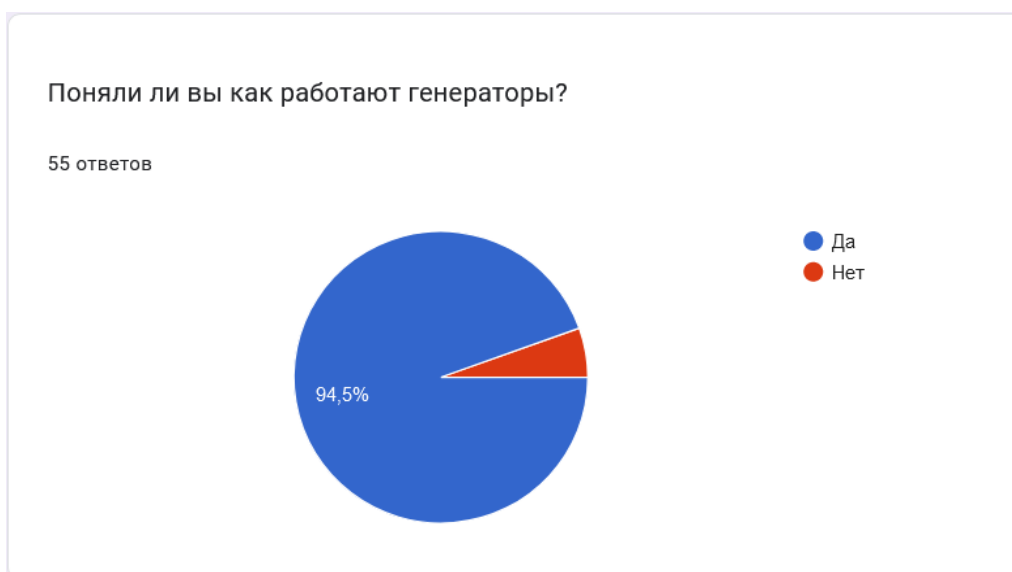


Диаграмма 2.41 Ответ учащихся на вопрос «Поняли ли вы как работают генераторы?»

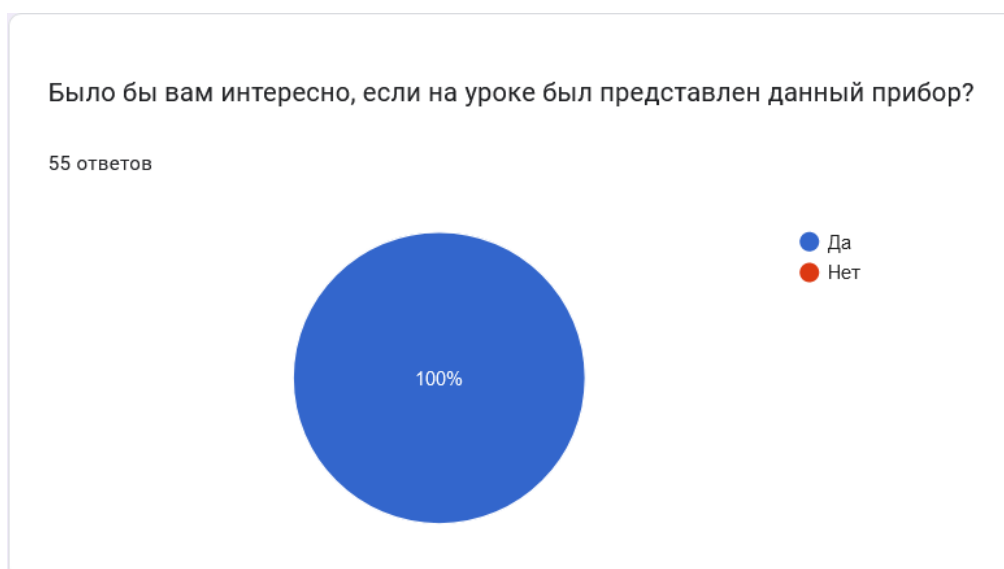


Диаграмма 2.42 Ответ учащихся на вопрос «Было бы вам интересно, если на уроке был представлен данный прибор?»

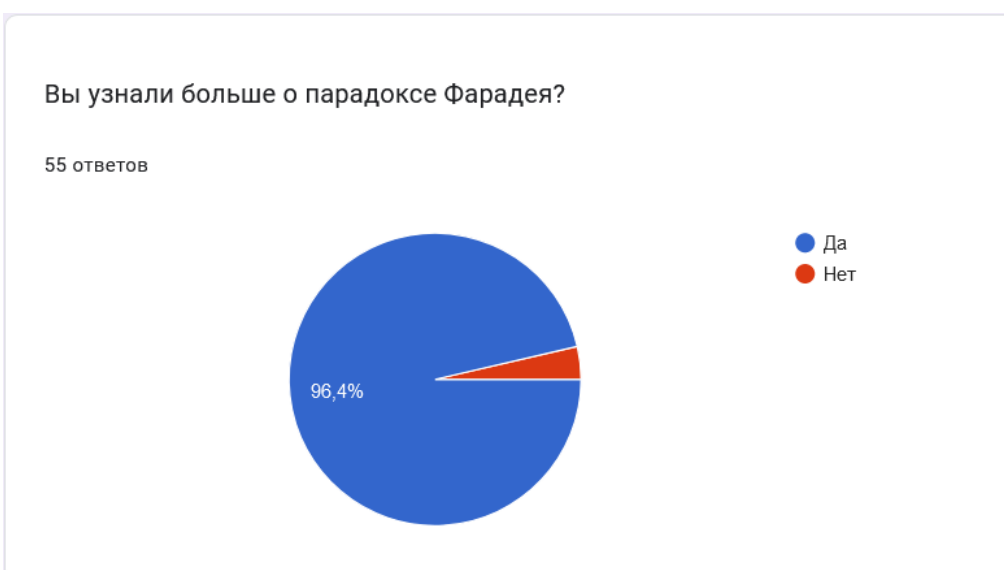


Диаграмма 2.43 Ответ учащихся на вопрос «Вы узнали больше о парадоксе фарадея?»

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В силу специфики раздела электромагнитная индукция, многим обучающимся средней и старшей школы овладение данной темой дается не просто. Очень важно заинтересовать учеников и поддерживать их мотивацию на протяжении всего курса обучения для того, чтобы в дальнейшем они смогли достичь отличных результатов и усвоить материал.

Для качественного осуществления проектной деятельности, я поочередно выполнял все поставленные задачи. Углубление в основы электромагнитной индукции помогли мне в выборе итогового продукта проекта: проанализировав наиболее популярный и известный униполярный двигатель, я решил создать модель генератора Фарадея. Выбранная мной модель генератора может быть изготовлена учащимися самостоятельно, на дополнительных уроках в школе или дома.

В процессе создания генератора Фарадея я получил новые навыки работы с мультиметром, сварочным аппаратом и электродрелью. Соблюдение необходимых требований техники безопасности (см. Приложение 3. Техника безопасности при работе с электрооборудованием и Приложение 4. Техника безопасности при работе с колющими и режущими инструментами) позволило мне не допустить неблагоприятного воздействия опасных производственных факторов на себя и окружающих.

Не все получалось с первого раза: при работе со сварочным аппаратом неоднократно возникали трудности с закреплением деталей; Однако, с помощью новых знаний и приобретенного опыта указанные проблемы мне удалось решить. К сожалению, из-за высоких оборотов генератора, цепь может слетать.

– для совершенствования модели и ее устройства в дальнейшем я планирую реализовать следующие шаги:

– Поставить ведущую звезду с более большим количеством зубьев и более мощные магниты с целью увеличения количества оборотов генератора

– Создать более хорошие токосъёмники с целью более плотного прилегания щёток к медному диску на высоких оборотах

Созданная модель генератора Фарадея полностью функциональна и отвечает всем заявленным требованиям – это подтверждается в ходе демонстрации его работы и зафиксировано в обучающем видеоролике, который может быть использован учителями в образовательных целях во время уроков физики.

На основании вышеизложенной информации можно сделать следующие выводы:

– поставленные в начале работы задачи выполнены – изготовлена и верифицирована рабочая модель генератора Фарадея;

– цель проектной работы достигнута – при просмотре обучающего ролика ученики 9-11 классов получили дополнительные знания в рамках школьной программы из разделов

«электромагнитная индукция», полученная обратная связь (комментарии и оценки) свидетельствует о повышении интереса и мотивации обучающихся к изучению данной темы.

Учитывая, что раздел «электромагнитная индукция» проходят как в 9, так и в 11 классах, в дальнейшем я планирую снять более подробный и расширенный видеофильм, глубже затрагивающий устройство и принципы работы генератора Фарадея– для демонстрации в профильных 11 классах.

Помимо научно-образовательной, существуют и другие сферы применения генераторов постоянного тока - генераторы постоянного тока используются в промышленности для питания электродвигателей, применяются в автомобилях для зарядки аккумуляторных батарей и питания электрических систем, в Медицина генераторы используются для питания медицинского оборудования, такого как хирургические инструменты, электрокардиографы и другие медицинские приборы. Несмотря на это, свою модель я собираюсь, как и планировалось, передать в кабинет физики МБОУ СОШ №46 г. Калуги – она послужит хорошим дополнением к уже имеющейся среди оборудования школы электрофорной машины, демонстрируя обучающимся действие генераторов постоянного тока с другой стороны.

## **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Электрические униполярные машины [Текст] / Л. А. Суханов, Р. Х. Сафиуллина, Ю. А. Бобков; Под ред. Л. А. Суханова ; Гос. ком. по электротехнике при Госплане СССР. - Москва: ВНИИЭМ. Отд-ние науч.-техн. информации, стандартизации и нормализации в электротехнике, 1964. - 136 с.: ил.; 21 см.
2. М. Фарадей, его жизнь и научная деятельность: Биогр. очерк Я.В. Абрамова / С портр. М. Фарадея, грав. в Петербурге К. Адтом. - Санкт-Петербург: тип. газ. "Новости", 1892. - 78 с.; 19. - (Жизнь замечательных людей. Биографическая библиотека Флорентия Павленкова).
3. Конспект лекций по общему курсу физики [Текст] / Таллин. политехн. ин-т. Кафедра физики. - Таллин : [б. и.], 1972-. - 28 см.
4. Магнитный поток и его преобразования [Текст] / акад. В. Ф. Миткевич. - Москва; Ленинград: изд-во и 1-я тип. Изд-ва Акад. наук СССР, 1946 (Ленинград). - 358 с.: схем.; 26 см.

5. Классики физической науки [Текст]: (с древнейших времен до начала XX в.) : [сборник текстов] / Г. М. Голин, С. Р. Филонович. - Москва: Высшая школа, 1989. - 572, [4] с. : ил.; 22 см.; ISBN 5-06-000058-3 (В пер.)
6. Физика. Электродинамика. 10-11 классы: профильный уровень : учебник для общеобразовательных учреждений / Г. Я. Мякишев, А. З. Сиянков, Б. А. Слободсков. - 8-е изд., стер. - Москва: Дрофа, 2008. - 476, [1] с.: ил., табл.; 22 см.;
7. Яковлев В. И. Классическая электродинамика: Учеб. пособие/ Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003. 267с.
8. Кабардин О. Ф. Физика: справочник для старшеклассников и поступающих в вузы / О. Ф. Кабардин. — М.: АСТ-ПРЕСС ШКОЛА, 2009.— 528 с.: ил.
9. Н. А. Кормаков. Блок-2. Электромагнитная индукция [электронный ресурс] / Н. А. Кормаков – Режим доступа: <http://kormakov.ru/upload/11-class/ok/2.%D0%AD%D0%9C%D0%98.pdf>
10. К.Б. Канн. О ПАРАДОКСАХ ФАРАДЕЯ [электронный ресурс] / К.Б. Канн – Режим доступа: <http://www.sciteclibrary.ru/texsts/rus/stat/st6489.pdf>

**Приложение 1. Техника безопасности при работе с электрооборудованием  
(сварочный аппарат, электрическая дрель, УШМ и лобзик)**

1. Перед началом работы убедиться в исправности корпуса прибора, проводов и вилки; не использовать неисправные приборы;
2. Чтобы не возникло пожара, при работе со сварочным аппаратом нужно убрать все легковоспламеняющиеся предметы и жидкости с рабочего места;
3. Для работы со сварочным аппаратом необходимо использовать специальные перчатки, брюки, куртки, каски и боты, которые имеют огнеупорные свойства.
4. Необходимо использовать сварочную маску, чтобы предотвратить негативное воздействие на глаза ультрафиолетовым и инфракрасным излучением
5. Ограничивается соприкосновение с металлическими поверхностями оборудования и инструментами. Держак должен быть надежно заизолирован. Под ноги укладывается резиновый коврик или на ноги надевается обувь с резиновой подошвой.
6. Нужно периодически проветривать помещение, чтобы в воздухе не возникало скопления вредных веществ;

7. Перед началом работ с электродрелью нужно проверить дрель на холостом ходу, не должно быть посторонних шумов и запахов, режущий инструмент должен быть исправным и правильно заточенным;
8. При работе с электрической дрелью запрещается удаление стружки и опилок руками в процессе работы дрели; стружку нужно удалять после полной остановки дрели;
9. Вставлять сверло в патрон дрели и извлекать его, регулировать дрель можно только после отключения ее от сети и полной остановки;
10. В ходе работы необходимо контролировать местоположение питающего кабеля электроприбора, чтобы не нанести ему повреждение;
11. При признаках нештатной работы (искры, дым, изменение уровня шума и т.д.) следует немедленно произвести отключение электроприбора;
12. Нельзя оставлять работающий электроприбор без присмотра;
13. Если требуется произвести смену насадки или использовать другой инструмент, необходимо выполнить отключение питания.

## **Приложение 2. Техника безопасности при работе с колющими и режущими инструментами**

1. Работать разрешается только исправными инструментами: нельзя использовать тупые ножницы с ослабленным шарнирным креплением;
2. По размеру, отвёртка должна соответствовать размеру шурупа;
3. Нельзя держать левую руку вблизи режущего инструмента; не оставлять ножницы с открытыми лезвиями;
4. Следует правильно держать инструмент во время работы: отвертка должна лежать в правой руке, левая рука придерживает и направляет шуруп; по отношению к шурупу, отвёртка должна располагаться строго вертикально;
5. Передавать отвёртку можно только вперёд ручкой; закрытые ножницы передавать кольцами вперед;
6. Нельзя держать ножницы лезвиями вверх;
7. При работе с ножницами нужно внимательно следить за линией разреза;
8. По окончании работы, инструменты нужно убирать на место хранения.

Индивидуальный проект выполнен обучающимся самостоятельно. На все использованные в работе материалы и источники имеются ссылки.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

подпись (ФИО)