

**МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ГОРОДСКОГО ОКРУГА БАЛАШИХА
«ГИМНАЗИЯ №2»**

ПРОЕКТ

на тему «Электромагнитный ускоритель масс. Пушка Гаусса»

Борисова Романа,
ученика 8 «Г» класса
Руководитель проекта:
Маерина Юлия Дмитриевна
учитель математики

2019 г

Оглавление:

1. Введение.

2. Основная часть:

1. Электромагнитные ускорители масс.

2. Сборка Пушки Гаусса. Её испытания. Проведённые расчёты.

3. Заключение.

4. Библиографический список.

5. Приложение.

Оглавление:

- 1. Введение.**
- 2. Основная часть:**
 1. Электромагнитные ускорители масс.
 2. Сборка Пушки Гаусса. Её испытания. Проведённые расчёты.
- 3. Заключение.**
- 4. Библиографический список.**
- 5. Приложение.**

Введение

Цель работы - изучить устройство электромагнитного ускорителя масс (пушки Гаусса), а также принципы его действия и применение. Собрать действующую модель Пушки Гаусса.

Задачи работы:

- Изучить устройство и принцип действия электромагнитного ускорителя масс.
- Создать простейшую действующую модель.

Методы исследования - сбор информации, анализ, обобщение, изучение теоретического материала, эксперимент.

Предмет исследования - электромагнитная индукция.

Объект исследования - модель Пушки Гаусса.

Практическая значимость работы - данный прибор можно использовать для демонстрации на уроках физики, что будет способствовать лучшему усвоению учащимися данных физических явлений.

Основная часть

1. Электромагнитные ускорители масс

Электромагнитные пушки – это общее название установок, предназначенных для ускорения предметов (объектов) с помощью электромагнитных сил. Такие устройства называются электромагнитными ускорителями масс.

Электромагнитные пушки разделяют на следующие виды:

1. Рельсотрон – это устройство представляет собой электродный импульсный ускоритель масс. Работа этого прибора заключается в передвижении снаряда между двух электродов – рельс - по которым течет ток. Благодаря этому электромагнитные пушки такого типа и получили свое название – рельсотрон. В таких приборах источники тока подключаются к основанию рельс, в результате ток течет «вдогонку» движущемуся объекту. Магнитное поле создается вокруг проводников, по которым протекает ток, оно сосредоточено за движущимся снарядом. В результате объект, по сути, является проводником, который помещен в перпендикулярное магнитное поле, создаваемое рельсами. Согласно законам физики, на снаряд воздействует сила Лоренца, которая направлена в противоположную сторону от места подключения рельс, она и ускоряет объект.
2. Электромагнитные пушки Томпсона – это индукционные ускорители масс. В основу работы индукционных пушек заложены принципы электромагнитной индукции. В катушке устройства возникает быстро нарастающий ток, он вызывает в пространстве магнитное поле переменного характера. Обмотка намотана вокруг ферритового сердечника, на конце которого находится токопроводящее кольцо. Благодаря действию магнитного потока, который пронизывает кольцо, возникает переменный ток. Он создает магнитное поле, имеющее противоположную полю обмотки направленность. Проводящее кольцо своим полем отталкивается от противоположного поля обмотки и, ускоряясь, слетает с ферритового стержня. Скорость и мощность вылета кольца напрямую зависят от силы импульса тока.
3. Электромагнитная пушка Гаусса – магнитный ускоритель масс. Назван в честь математика-ученого Карла Гаусса. Основным элементом пушки Гаусса является соленоид. Он наматывается на диэлектрическую трубку (ствол). В один конец трубы вставляется ферромагнитный объект. В момент появления в катушке электрического тока в соленоиде возникнет магнитное поле, под действием которого разгоняется снаряд (в направлении центра соленоида). При этом на концах заряда образуются полюса, которые ориентированы соответственно полюсов катушки, в результате чего, после прохождения снаряда через центр соленоида, он начинает притягиваться в противоположном направлении (тормозится).

Современная наука значительно продвинулась в области изучения ускорения и накопления энергии, а также образования импульсов. Можно предположить, что в ближайшем будущем человечество столкнется с новым типом оружия - электромагнитные пушки. Для развития этой технологии требуется огромная работа во всех аспектах ускорителей масс, включая снаряды и энергоснабжение. Важнейшую роль сыграют новые материалы. Потребуются мощные и компактные источники электрической энергии. А также высокотемпературные сверхпроводники.

Сейчас, пушка Гаусса в качестве оружия обладает преимуществами, которыми не обладают другие виды стрелкового оружия:

- ❖ Отсутствие гильз и возможность гибко варьировать начальную скорость и энергию снаряда;
- ❖ Относительно малая отдача (равная импульсу вылетевшего снаряда, нет дополнительного импульса от пороховых газов или движущихся частей);
- ❖ Бесшумность и беспламенность выстрела;
- ❖ Большая надежность и износостойкость, а также возможность работы в любых условиях, в том числе космического пространства.

Но более вероятно, что в скором будущем человечество столкнётся с мирными вариантами применения электромагнитных ускорителей масс. Например, в таком устройстве как пневмомолоток пневматику можно заменить на портативный ускоритель, что поможет уменьшить размеры данного устройства и шум им производимый, кроме того, это позволит регулировать некоторые параметры (например глубину погружения гвоздя в древесину). Также следует отметить возможность использования пушки Гаусса для запуска объектов в космос (что-то наподобие пушки из романа Жюля Верна «С Земли на Луну прямым путём за 97 часов 20 минут»). Предполагается, что, построив километровый ускоритель, можно разогнать тело до 1-ой космической скорости. При этом, в отличие от рельсовой пушки или обычного выстрела на основе теплового расширения газов (как в романе Жюля Верна), запускаемому объекту обеспечивается относительно плавное ускорение. Это делает возможной отправку не только сложного и хрупкого научного оборудования, боящегося перегрузок, но также и человека.

2. Сборка Пушки Гаусса; Её испытания; Проведённые расчёты

Простейшие конструкции могут быть собраны из подручных материалов даже при школьных знаниях физики. Основой конструирования Пушки Гаусса являются конденсаторы, параметры которых определяют параметры будущей магнитной пушки.

Расскажу о конструировании ускорителя:

Сначала необходимо собрать энергетическую часть установки, т. к. она будет определять параметры пушки. Для этого пришлось купить необходимые детали: 3 конденсатора ёмкостью 1000 мкФ каждый; тиристор 70TPS12; медный эмалированный провод длиной 20 м. и диаметром 1 мм.; кремнийорганическую теплопроводную пасту КПТ -8. Корпус энергетической части собран из фанеры толщиной 1 см. Внутри размещены 15 электролитических конденсаторов общей ёмкостью 6300 мкФ; мощный тиристор (1200В, 70А) 70TPS12 с радиатором; лампа накаливания, являющаяся ограничителем тока и индикатором заряда конденсаторов; диод (для выпрямления электричества); батарейки, общим напряжением 6В. Все компоненты соединены в цепь согласно со схемой электромагнитной пушки.

Для построения пушки гаусса с хорошими характеристиками, помимо конструкторской работы, приходится проделывать достаточно сложные расчеты. Это связано с тем, что время действия на снаряд ускоряющего импульса магнитного поля должно быть строго согласовано с длительностью нахождения снаряда внутри катушки - в противном случае КПД ускорения будет очень мал, а иногда снаряд вообще может полететь в обратную сторону.

Такие расчеты могут быть выполнены "на глазок", с использованием лишь базовых уравнений теории цепей. Подобный подход до сих практикуют многие люди, создающие такие установки. Но в последние годы появились методы расчета с использованием программ математического моделирования, наиболее распространенной из которых является FEMM [1]. С помощью этой программы мною была проведена серия расчётов, выявившая наиболее подходящие для моего случая параметры катушки.

После этого была произведена намотка катушки необходимых параметров. Катушка состоит из медной проволоки диаметром 1мм., намотанной на трубку из диэлектрика. Проволока наматывается несколькими слоями, виток к витку; всего 210 витков. После намотки катушка была включена в цепь.

Параметры получившейся катушки:

Длина катушки = 35 мм.

Внешний диаметр катушки = 18.5 мм.

Индуктивность катушки = 133.475713 мкГ (микрогенри)

Длина использованного провода = 8.24668 м.

Теперь осталось только изготовить снаряд. Мой снаряд выточен из стального дюбель-гвоздя (т.к. сталь является хорошим ферромагнетиком). Диаметр снаряда = 4.4 мм; длина = 31 мм; масса = 3,675 г.

Вот и всё! Пушка готова!

Но после сборки ещё необходимо провести испытания и расчёты, чтобы узнать реальные способности (характеристики) собранного устройства. Испытания проводились в несколько этапов:

1. Финальная проверка правильности сборки и работоспособности устройства, которая также проводится на каждом этапе сборки.
2. Измерение дальности полёта снаряда. Это позволяет рассчитать дульную энергию снаряда, его скорость и примерный КПД устройства.
3. Проверка расчётов дульной энергии снаряда, посредством стрельбы по различным мишеням.
4. Проведение эксперимента по поиску зависимости скорости снаряда от его стартового положения.
5. “Безостановочная” стрельба без отключения установки от сети.
6. Испытание “системы охлаждения” установки в “полевых” условиях.

Заключение

Пушка Гаусса обладает неоспоримым преимуществом перед другими ускорителями масс: во-первых, она наиболее проста в изготовлении, во-вторых, она имеет довольно высокий по сравнению с другими электромагнитными ускорителями КПД и, в-третьих, может работать на относительно низких напряжениях. Кроме того, пушка Гаусса, несмотря на свою простоту, обладает неимоверно большим простором для конструкторских решений и инженерных изысканий - так что это направление довольно интересное и перспективное.

Во время работы над этим (вторым по счёту) ускорителем, возникли идеи его усовершенствования, которые касаются всех частей ускорителя. Все эти идеи направлены на увеличение КПД устройства и удобства его использования:

1. Создание многоступенчатой системы разгона (что потребует полной переделки ускорителя):

создание и установка новых катушек, системы управления их включением (установка ИК датчиков, плат с микросхемами, контролирующими импульс, подаваемый на каждую катушку).

2. Установка системы автоматической перезарядки (обойма с несколькими патронами).
3. Установка более эффективной системы охлаждения (вентилятор с термопарой).
4. Установка источника питания (аккумулятор) и трансформатора. Это позволит сделать ускоритель портативным.

В сущности, это примерный набросок следующего по счёту ускорителя.

Библиографический список

1. Перышкин А.В. Физика: учебник для 8 кл.-М.: Дрофа, 2010.-192с.:ил.
2. С. А. Тихомирова, Б. М. Яворский. Физика. 10 класс: учебник для общеобразовательных учреждений (базовый и углубленный уровень). – М.: Мнемозина, 2010.
3. С. А. Тихомирова, Б. М. Яворский. Физика. 11 класс: учебник для общеобразовательных учреждений (базовый и углубленный уровень). – М.: Мнемозина, 2009.
4. Физика: учебник для 10 класса с углубленным изучением физики/ А. Т. Глазунов, О. Ф. Кабардин, А. Н. Малинин и др.; под ред. А. А. Пинского, О. Ф. Кабардина. – М.: Просвещение, 2009.
5. Физика: учебник для 11 класса с углубленным изучением физики/ А. Т. Глазунов, О. Ф. Кабардин, А. Н. Малинин и др.; под ред. А. А. Пинского, О. Ф. Кабардина. – М.: Просвещение, 2010.

Интернет-источники

- [1]. www.femm.info/wiki/HomePage
- ссылка на программу FEMM версии 4.2
- www.coilgun.ucoz.ru
- ссылка на сайт, посвящённый портативным
электромагнитным ускорителям ферромагнитных тел

Приложение

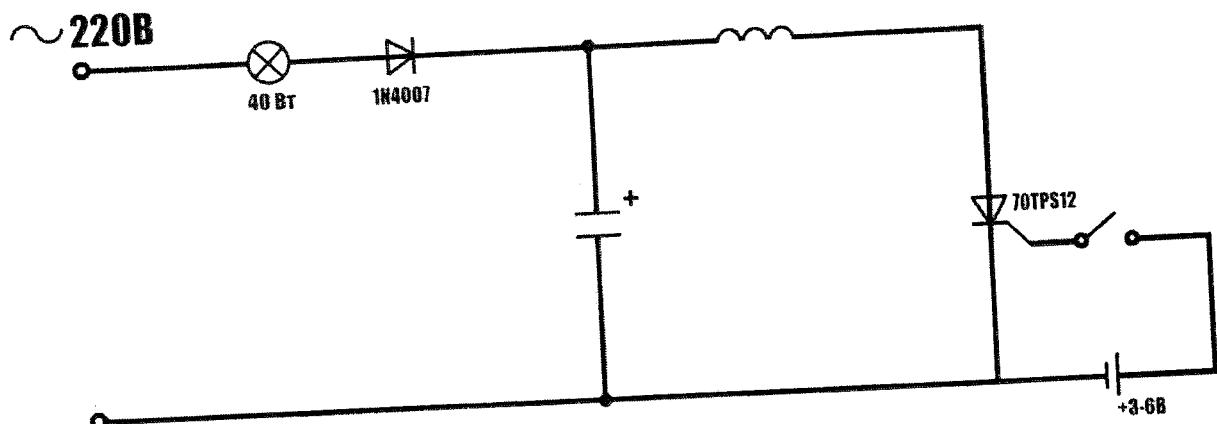


рис.1

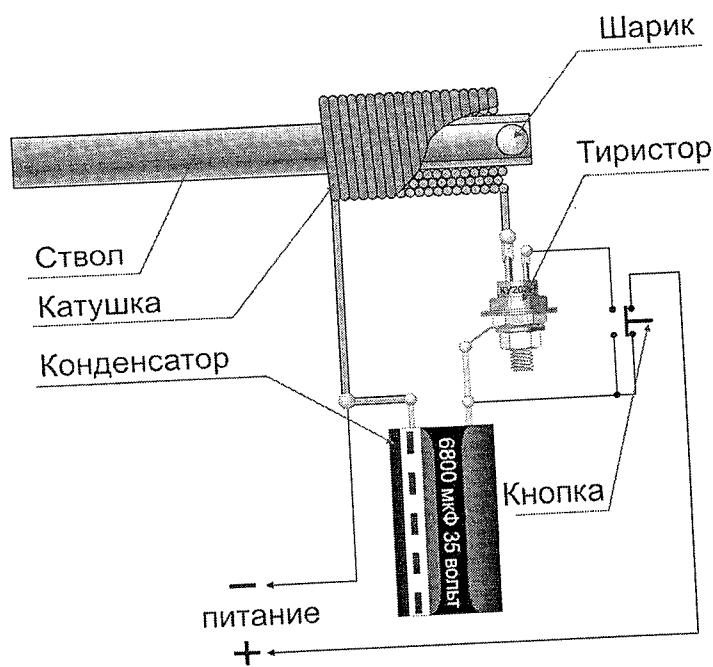


Рис.2

Параметры получившегося электромагнитного ускорителя масс:

Ёмкость конденсаторов = 6300 мкФ

Начальное напряжение = 220В

Скорость вылета снаряда расчётная = 16.965 м/с

Скорость вылета снаряда реальная = 19 м/с

Энергия снаряда расчётная = 0.5291238487568 Дж

Энергия снаряда реальная = 0.6633375 Дж

КПД расчётный = 0.366257 процента

КПД = 0.459159125 процента;

Результаты расчётов

1

Версия скрипта 116

Ёмкость конденсатора, микроФарад = 6300

Начальное напряжение, Вольт = 220

Общее сопротивление, Ом = 0.5059722222222223

Внешнее сопротивление, Ом = 0.3222222222222222

Сопротивление обмотки, Ом = 0.1837500000000001

Количество витков = 210

ДИАМЕТР ПРОВОДА, мм = 1

Общая длина провода, м = 8.246680715437501

Длина катушки, мм = 35

Внешний диаметр катушки, мм = 18.5

Индуктивность катушки в стартовой позиции, микроГенри =

133.4757136140562

Толщина щёчек внешнего магнитопровода, мм = 0

Толщина корпуса внешнего магнитопровода, мм = 0

Внутренний диаметр катушки, мм = 6.500000000000001

Масса пули без оперения, г = 3.380140066962172

Длина пули, мм = 28.5

Диаметр пули, мм = 4.4

Глубина отверстия в пуле, мм = 0

Диаметр отверстия, мм = 0

Масса оперения, г = 0

Масса пули вместе с оперением, г = 3.380140066962172

Стартовая позиция пули внутри катушки, мм = 0

Общее время, микросекунд = 4349.99999999987

Интервал расчёта, микросекунд = 25

----- ЭНЕРГИЯ -----

Энергия пули начальная, Дж = 0

Энергия пули конечная, Дж = 0.4880341817179125

Приращение энергии пули, Дж = 0.4880341817179125

Энергия конденсатора начальная, Дж = 152.46

Энергия конденсатора конечная, Дж = 9.323966519254071

Расход энергии конденсатора, Дж = 143.1360334807459

КПД, % = 0.3409582966986163

----- СКОРОСТЬ -----

Начальная скорость пули, м/с = 0

Конечная скорость пули, м/с = 16.99310612836364

Максимальная скорость пули, (в катушке), м/с = 26.93429312055827

Средняя сила, Н = 13.12893231694227

Конец расчёта.

2-----

Версия скрипта 116

Ёмкость конденсатора, микроФарад = 6350

Начальное напряжение, Вольт = 220

Общее сопротивление, Ом = 0.4181910121091619

Внешнее сопротивление, Ом = 0.3220472440944882

Сопротивление обмотки, Ом = 0.09614376801467373

Количество витков = 109.8785920167699

ДИАМЕТР ПРОВОДА, мм = 1

Общая длина провода, м = 4.314922218210103

Длина катушки, мм = 35

Внешний диаметр катушки, мм = 18.5

Индуктивность катушки в стартовой позиции, микроГенри =

36.33912616691288

Толщина щёчек внешнего магнитопровода, мм = 0

Толщина корпуса внешнего магнитопровода, мм = 0

Внутренний диаметр катушки, мм = 6.5000000000000001

Масса пули без оперения, г = 3.380140066962172

Длина пули, мм = 28.5

Диаметр пули, мм = 4.4

Глубина отверстия в пуле, мм = 0

Диаметр отверстия, мм = 0

Масса оперения, г = 0

Масса пули вместе с оперением, г = 3.380140066962172

Стартовая позиция пули внутри катушки, мм = 0

Общее время, микросекунд = 5324.99999999982

Интервал расчёта, микросекунд = 25

----- ЭНЕРГИЯ -----

Энергия пули начальная, Дж = 0

Энергия пули конечная, Дж = 0.3336904750763465

Приращение энергии пули, Дж = 0.3336904750763465

Энергия конденсатора начальная, Дж = 153.67

Энергия конденсатора конечная, Дж = 2.597825446733145

Расход энергии конденсатора, Дж = 151.0721745532669

КПД, % = 0.2208814932750504

----- СКОРОСТЬ -----

Начальная скорость пули, м/с = 0

Конечная скорость пули, м/с = 14.0513986235478

Максимальная скорость пули, (в катушк), м/с = 17.95956218851636

Средняя сила, Н = 8.877700090525416

Конец расчёта.

3 primer 3V = 16.96554832954421 3

Начало расчёта 01/24/19 12:21:29

Варсия скрипта 116

Ёмкость конденсатора, микроФарад = 6300

Начальное напряжение, Вольт = 220

Общее сопротивление, Ом = 0.5059722222222223

Внешнее сопротивление, Ом = 0.3222222222222222

Сопротивление обмотки, Ом = 0.1837500000000001

Количество витков = 210

ДИАМЕТР ПРОВОДА, мм = 1

Общая длина провода, м = 8.246680715437501

Длина катушки, мм = 35

Внешний диаметр катушки, мм = 18.5

Индуктивность катушки в стартовой позиции, микроГенри =
133.5322849674968

Толщина щёчек внешнего магнитопровода, мм = 0

Толщина корпуса внешнего магнитопровода, мм = 0

Внутренний диаметр катушки, мм = 6.5000000000000001

Масса пули без оперения, г = 3.676643581607975

Длина пули, мм = 31

Диаметр пули, мм = 4.4

Глубина отверстия в пулье, мм = 0

Диаметр отверстия, мм = 0

Масса оперения, г = 0

Масса пули вместе с оперением, г = 3.676643581607975

Стартовая позиция пули внутри катушки, мм = 0

Общее время, микросекунд = 4574.999999999986

Интервал расчёта, микросекунд = 25

----- ЭНЕРГИЯ -----

Энергия пули начальная, Дж = 0

Энергия пули конечная, Дж = 0.5291238487568669

Приращение энергии пули, Дж = 0.5291238487568669

Энергия конденсатора начальная, Дж = 152.46

Энергия конденсатора конечная, Дж = 7.992110144291154

Расход энергии конденсатора, Дж = 144.4678898557089

КПД, % = 0.3662570618878309

3 primer 3V = 16.96554832954421 3

----- СКОРОСТЬ -----

Начальная скорость пули, м/с = 0

Конечная скорость пули, м/с = 16.96554832954421

Максимальная скорость пули, (в катушк), м/с = 26.28896900749932

Средняя сила, Н = 13.56005964658232

Конец расчёта 01/24/19 12:54:16

----- Data of simulation -----

$$m = \rho V = \rho S L$$

$$\rho = 7,8 \text{ g/cm}^3$$

$$S = \pi R^2$$

$$L = 31 \text{ mm} = 3,1 \text{ cm}$$

$$R = \frac{1}{2} D = 2,2 \text{ mm} = 0,22 \text{ cm}$$

$$m = 7,8 \text{ g/cm}^3 \cdot 3,14 \cdot (0,22 \text{ cm})^2 \cdot 3,1 \text{ cm} = 3,675 \text{ g}$$

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}} ; \text{ t.k. } H = \frac{gt^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,065 \text{ m}}{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = \sqrt{\frac{0,13 \text{ m}}{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = \sqrt{0,1326530612 \text{ s}^2} = 0,11517511067 \text{ s.}$$

$$S = VT \Rightarrow V = \frac{S_2}{t}$$

$$V = \frac{2,2 \text{ m}}{0,11517511067 \text{ s}} = 19,10134913 \text{ m/s} \approx 19 \text{ m/s}$$

$$E_k = \frac{m V^2}{2} = \frac{3,675 \text{ g} \cdot (19 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2} = \frac{0,003675 \text{ kg} \cdot 361 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2} = \frac{1,326675}{2} =$$

$$= 0,6633375 \text{ J}$$

$$H = 1 \text{ m}; V = 19 \text{ m/s}; S = VT; t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \text{ m}}{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = \sqrt{0,20408163265 \text{ s}^2} = 0,45175395144 \text{ s}$$

$$S = VT = 19 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,45175395144 \text{ s} = 8,58332507736 \text{ m} \approx 8,6 \text{ m.}$$

(bez учёта сопротивления воздуха.)

$$\eta = \frac{E_k}{E_{\text{SATP}}} \cdot 100\% = \frac{0,6633375 \text{ J}}{144,467889855 \text{ J}} \cdot 100\% = 0,459159125 \%$$