

Проектная работа

Физика

«Создание действующей модели Пушки Гаусса»

Выполнила:

Кузнецова Анна Алексеевна

учащаяся 11 класса

МБОУ «СОШ №46», Россия, г. Калуга

Руководитель:

Иванова Татьяна Анатольевна

МБОУ «СОШ №46», Россия, г. Калуга

Оглавление

Введение	3
1. Теоретическая часть	4
1.1 Принцип работы	4
1.2 Формулы.....	5
2. Практическая часть	6
2.1 Составные части электромагнитного ускорителя масс. Краткое описание функций.....	6
2.2 Правила подключения конденсатора.....	6
2.3 Электромагнитный ускоритель масс	6
2.3 Этапы сборки ЭУМ	6
3. Исследовательская часть	9
3.1 Факторы влияющие на индуктивность катушки.....	9
4. Заключительная часть	9
4.1 Опрос в Google формах.....	9
4.2 Создание видео	9
Заключение.....	10
Приложение 1	12
Приложение 2.....	14
Приложение 3.....	17
Приложение 4.....	23
Приложение 5.....	31
Приложение 6.....	32
Приложение 7.....	35
Список литературы.....	36

Введение

В данной работе я соберу пушку Гаусса, которую многие могли видеть в некоторых компьютерных играх. Например, она появлялась в Fallout 2, Fallout Tactics, Half-life (есть экспериментальное оружие, именуемое Тау-пушкой), в StarCraft пехотинцы вооружены автоматической винтовкой Гаусса С-14 «Impaler». О пушке Гаусса можно узнать из фантастических книг, так как Пушка Гаусса весьма популярна в научной фантастике, где выступает в качестве персонального высокоточного смертоносного оружия, а также стационарного высокоточного и высокоскорострельного оружия. По сравнению с другими стрелковыми оружиями она обладает преимуществами. Возможность почти бесшумного выстрела, отсутствие гильз, возможность менять начальную скорость вылета снаряда и энергию боеприпаса.

ЭМУ является перспективным направлением в развитии наук. Подобные устройства могут быть использованы для вывода спутников на орбиту Земли и защищающие Землю от высокоскоростных космических тел, представляющих угрозу, в том числе космического мусора и комет.

В ходе своей работы я изучу устройство, физические процессы необходимые для функционирования пушки, подберу детали для создания действующей модели Пушки Гаусса, проведу исследования, которые покажут от чего зависит скорость и сила удара снаряда. Все это поможет понять темы уроков, на которых можно применять данную модель, что приведет к достижению моей цели.

1. Теоретическая часть

Узнать, что такое Пушка Гаусса, преимущества и недостатки ЭМУ и познакомиться с мировыми аналогами электромагнитного ускорителя можно посмотрев в приложение 1.

1.1 Принцип работы

В цилиндрической обмотке (соленоиде) при протекании через нее электрического тока возникает магнитное поле.

Это магнитное поле начинает втягивать внутрь соленоида железный снаряд, который от этого начинает разгоняться.

Если в тот момент, когда снаряд окажется в середине обмотки ток в последней отключить, то втягивающее магнитное поле исчезнет и снаряд, набравший скорость, свободно вылетит через другой конец обмотки.

Чем сильнее магнитное поле и чем быстрее оно отключается – тем сильнее вылетает снаряд.

На практике конструкция представляет собой намотанную в несколько слоев на диэлектрическую трубку медную проволоку и конденсатор большой емкости. Внутри трубки перед самым началом обмотки устанавливается железный снаряд и предварительно заряженный конденсатор при помощи электрического ключа замыкается на обмотку.

Параметры обмотки, снаряда и конденсаторов должны быть согласованы таким образом, чтобы КПД установки был максимальным.[12]

Принцип действия показан на рисунке 1.1

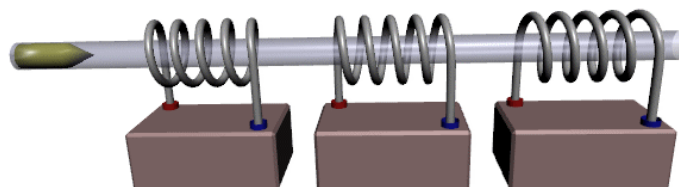


Рис 1.1 Принцип действия Пушки Гаусса

1.2 Формулы

Кинетическая энергия снаряда рассчитывается по формуле(1),

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

(1)m — масса снаряда ; v — его скорость

Энергия, запасаемая в конденсаторе рассчитывается по формуле(2),

$$E = \frac{cU^2}{2}$$

(2)U — напряжение конденсатора ; C — ёмкость конденсатора

Время, за которое конденсатор полностью разряжается, считается по формуле(3):

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

(3)L — индуктивность; C — ёмкость

Время, за которое ЭДС катушки индуктивности возрастает до максимального значения и полностью падает до 0, рассчитывается по формуле(4):

$$T = \pi\sqrt{LC}$$

(4)L— индуктивность; C — ёмкость [9]

2. Практическая часть

2.1 Составные части электромагнитного ускорителя масс.

Краткое описание функций

В таблице 2.1 в приложении 2 представлены все части устройства и их описание.

2.2 Правила подключения конденсатора

Один из основных элементов пушки Гаусса - это электрический конденсатор. Конденсаторы бывают полярные и неполярные – практически все конденсаторы большой емкости, используемые в магнитных ускорителях, электролитические и являются полярными. Т. е. очень важно правильное его подключение – положительный заряд подаем к выводу “+”, а отрицательный к “-”. Алюминиевый корпус электролитического конденсатора, кстати, так же является выводом “-”. Зная емкость конденсатора и его максимальное напряжение можно найти энергию, которую может накапливать этот конденсатор.

Зная энергию конденсатора можно найти ориентировочную кинетическую энергию снаряда – или попросту мощность будущего магнитного ускорителя.


2.3 Электромагнитный ускоритель масс


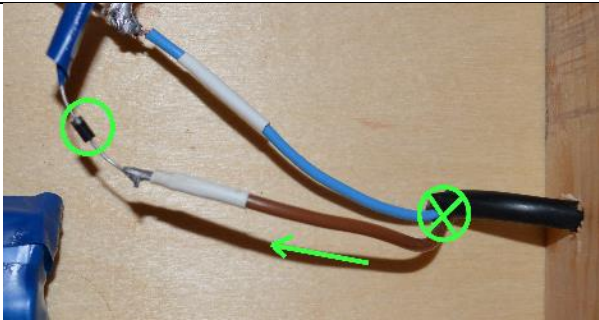

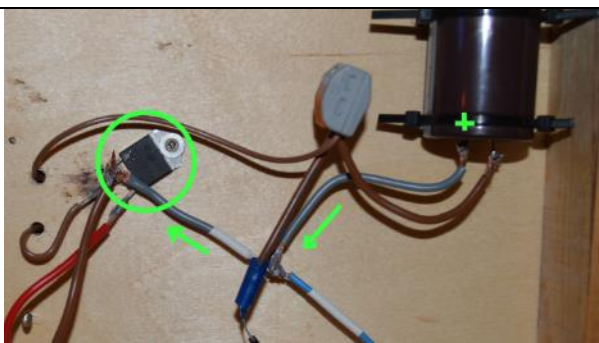
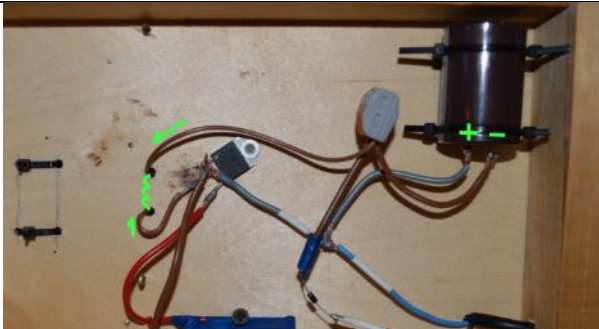
Перед тем как начать собирать устройство нужно начертить схему цепи. На рисунке 2.2 в приложении 7 показана схема по которой я собирала Пушку Гаусса.

2.3 Этапы сборки ЭУМ

Порядок сборки Пушка Гаусса представлен в таблице 2.2 .

Таблица 2.2

Действия	
Делаем подставку	

<p>Устанавливаем патрон для лампы накаливания</p>	
<p>Патрон соединяем с диодом (коричневый провод)..</p>	
<p>Диод соединяет через соединитель проводов с минусовым контактом конденсатора (коричневый провод).</p>	
<p>Плюсовой контакт соединяем с тиристором.</p>	
<p>Тиристор с соединяем с катушкой(коричневый провод), а также через соединитель проводов подключаем минусовой контакт конденсатора к катушке (коричневый провод).</p>	

<p>К управляющему контакту тиристора через выключатель подключаем батарейки (красный провод), батарейки через тиристор подключаем к минусовому контакту конденсатора (коричневый провод), получится, что батарейки соединятся с катушкой.</p>	
<p>Вкручиваем лампочку в патрон</p>	
<p>К патрону подключаем вилку, которая будет подключаться к источнику питания(розетке)</p>	

Продлав, все вышеперечисленные действия у меня получилась Пушка Гаусса, которая представлена ниже на рис.2.3



Рис.2.3 Модель Пушки Гаусса

3. Исследовательская часть

3.1 Факторы влияющие на индуктивность катушки

В таблице 3.3 в приложении 3 представлены от чего и как зависит индуктивность катушки. С результатами исследований можно ознакомиться в приложении 4.

Вывод:

Начальная скорость вылета метаемого тела – снаряда зависит от массы снаряда, от начального положения метаемого тела и от одной из характеристик индукционной катушки. В моем случае масса снаряда не будет влиять на результат, т.к. она постоянна. Параметры катушек различны, у всех катушек разные длины, разное количество витков проволоки и разное поперечное сечение. Следовательно, индуктивность – единственная общая характеристика катушек, относительно которой я могу определить зависимость начальной скорости.

Проведя серию экспериментов, я установила, что чем меньше индуктивность катушки, тем меньше скорость вылета.

4. Заключительная часть

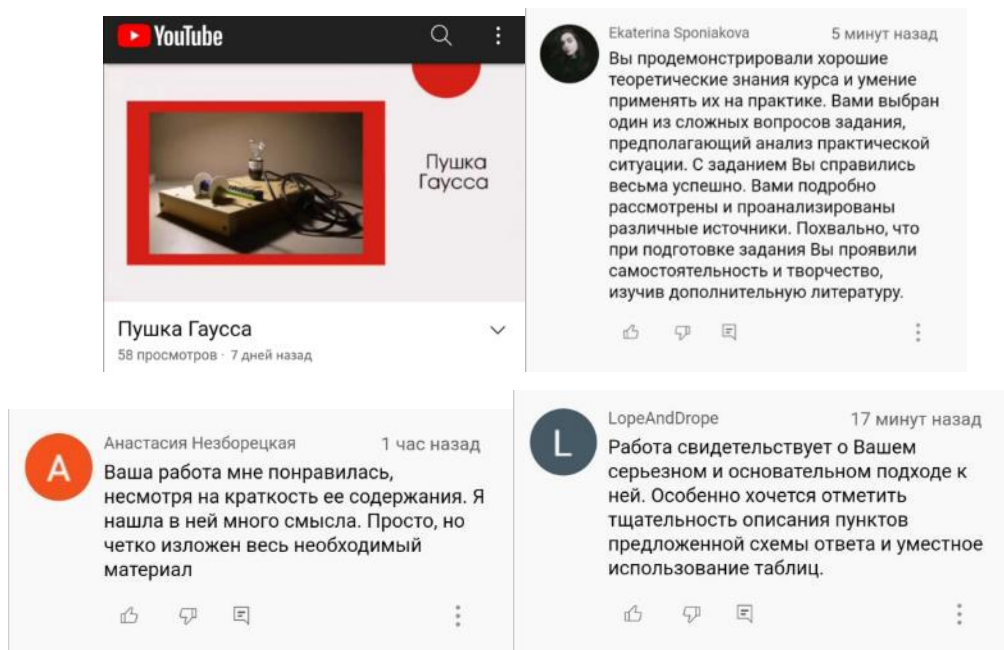
4.1 Опрос в Google формах

Чтобы убедиться в том, что мое устройство пригодится в использовании я провела опрос, результаты которого вы можете увидеть в приложении 5.

4.2 Создание видео

В таблице 4.4 приложения 6 расписаны этапы создания видео, материалы из которого в дальнейшем смогут применяться при проведении урока, на котором будет применяться Пушка Гаусс

По комментариям под видео и количеству просмотров понятно, что видео было интересно и актуально.



Заключение

Проанализировав литературу, я выяснила, что Пушка Гаусса необходима для нашего кабинета физики. Она идеально подходит для демонстрации физических процессов и вовлечения учеников в мир физики. Так же я удостоверилась, что смогу реализовать свою идею. Просмотрев все варианты, я наиболее удобный в использовании и понятый в работе. Сделав Пушку Гаусса, я удостоверилась в ее работоспособности и в безопасности.

Индикаторами моей работы стали:

1. Работоспособность Пушки Гаусса.
2. Необходимость в использовании(исследования)
3. Опрос учащихся.
4. Обучающее видео.

Первый индикатор - работоспособность Пушки Гаусса. Подключая источник тока, мы наблюдаем загорание лампочки, а при нажатии переключателя происходит выстрел, что говорит о наличии магнитного поля вокруг катушки, которое и «выталкивает» снаряд - Пушка работает и выполняет свою основную функцию.

Второй индикатор – необходимость в использовании. В результате исследований я выяснила от чего зависит скорость и сила удара снаряда. Эти данные могут послужить для создания лабораторной работы.

Третий индикатор - опрос учащихся. Я выяснила, что многие учащиеся плохо улавливают информацию на слух, поэтому приборы крайне необходимы при проведении занятий. Большинство хотели узнать, что представляет из себя Пушка Гаусса и хотели бы

увидеть ее в действии. Так же, участвующие в опросе подтвердили, что изучать явления, когда у них есть наглядное представление о процессе, легче. Таким образом, моя основная задача была выполнена. Результаты опроса вы можете увидеть на диаграммах.

Четвертый индикатор - обучающее видео. Данное видео является прототипом урока, который можно использовать в дальнейшем для проведения уроков. Благодаря ему, многие узнали ранее неизвестный им материал и захотели изучить принцип работы Пушки Гаусса,

Поэтапно выполняя задачи, поставленные ранее, я собрала Пушку Гаусса, пригодную для использования в школе. Таким образом, я создала пригодный для работы в школе прибор, полностью выполняющий свои задачи и наглядно демонстрирующий действие электромагнитного поля на снаряд.

В процессе создания Пушки Гаусса я приобрела новые навыки. В ходе работы я научилась отбирать и обрабатывать нужную информацию и применять ее на практике. Я научилась по схеме подключать части прибора и паять провода. Я считаю, что эти навыки мне понадобятся в дальнейшем при обучении и в работе. В дальнейшем я планирую усовершенствовать свой прибор: подключить дополнительные конденсаторы, поменять катушку на более мощную и установить переключатель для лампочки.

Приложение 1

Пушка Гаусса

Электромагнитный ускоритель масс (ЭМУ) - общее название установки для ускорения объектов с помощью электромагнитных сил. [13]



Пушка Гаусса (англ. Gauss gun, Coil gun, Gauss cannon) — одна из разновидностей электромагнитного ускорителя масс. Названа по имени немецкого учёного Карла Гаусса, заложившего основы математической теории электромагнетизма.

Пушка Гаусса состоит из соленоида, внутри которого находится ствол (как правило, из диэлектрика). В один из концов ствола вставляется снаряд (сделанный из ферромагнетика). При протекании электрического тока в соленоиде возникает магнитное поле, которое разгоняет снаряд, «втягивая» его внутрь соленоида.[2]

Мировые аналоги электромагнитного оружия

Специалисты из уханьского Военно-морского инженерного университета создали пушку Гаусса с длиной ствола всего 12 см. При этом пушка развивает дульную энергию в 150 джоулей, что сопоставимо с мелкокалиберным огнестрельным оружием. Единственной условно доступной ручной пушкой Гаусса сегодня можно считать изделие GR-1 ANVIL американской компании Arcflash Labs ценой свыше \$3000. Китайская пушка с 12-см стволом и почти в два раза большей дульной энергией по боевым характеристикам выгодно отличается от предложенного в США решения. Впрочем, нам неизвестно, сколько и какие батареи использует китайская разработка. Можно подозревать, что энергетическую подсистему китайского «пистолета» Гаусса придётся носить в немалом рюкзаке на спине, хотя для установки на технику это не так важно. В своем изобретении ученые устранили большую часть недостатков Пушки Гаусса, которые мы рассмотрим позже Китай активно разрабатывает рельсотроны морского базирования и даже испытывает их, если верить источникам. [8]

Преимущества и недостатки

Плюсы:

1. Отсутствие гильз, неограниченность в выборе начальной скорости и энергии боеприпаса, возможность бесшумного выстрела, в том числе без смены ствола и боеприпас.
2. Относительно малая отдача (равная импульсу вылетевшего снаряда, нет дополнительного импульса от пороховых газов или движущихся частей)
3. Теоретически, большая надежность и износостойкость, а также возможность работы в любых условиях, в том числе космического пространства.
4. Возможно применение пушек Гаусса для запуска легких спутников на орбиту

Минусы:

1. Низкий КПД – около 10 %.
2. Большой расход энергии и достаточно длительное время накопительной перезарядки конденсаторов, что заставляет вместе с пушкой Гаусса носить и источник питания.
3. Высокое время перезаряда между выстрелами, то есть низкая скорострельность.
4. Боязнь влаги, ведь намокнув, она поразит током самого стрелка.
5. Мощные источники питания пушки, которые на данный момент являются громоздкими, что влияет на мобильность [10]



Несмотря на все недостатки Пушке Гаусса нашлось применение:

1. Электромагнитные ускорители рассматриваются в космической мирной сфере
2. Электромагнитный реактивный ускоритель
3. В компьютерных играх, в качестве оружия
4. ЭМУ в скором будущем могут стать новым современным оружием
5. Гауссолет (рельсотрон) – несмотря на всю свою экзотичность, электромагнитные ускорители нашли применение в реальной жизни. Голландская компания, специализирующаяся на разработке аттракционов создала установку для флоридского комплекса Disney World. Американские ученые привлекли голландцев для разработки основ концепции EMALS – электромагнитной катапульты для авианосцев.[11]




Приложение 2

Таблица 2.1

Детали, использованные при сборке ЭМУ

Название детали	Описание	
Силовой диод	Служит для предохранения электролитического конденсатора от напряжения обратной полярности, возникающего сразу после выстрела вследствие самоиндукции обмотки.	
Конденсатор	Накопитель энергии магнитного ускорителя масс.	


<p>Тиристор</p>	<p>Служит для коммутации конденсатора на обмотку. Его используют, чтобы уменьшить скорость тока в цепи.</p>	
<p>Батарейки и переключатель</p>	<p>Служат для управления тиристором.</p>	 
<p>Лампочка</p>	<p>Лампочка выполняет задачу резистора и не позволяет конденсатору перезарядиться до состояния пробоя. Также лампочка является индикатором зарядки</p>	

<p>Провода</p>	<p>Соединяют все части устройства.</p>	
<p>Закрепки</p>	<p>Фиксируют части устройства.</p>	
<p>Трубка с катушкой</p>		

Приложение 3

Таблица 3.3

Индуктивность катушки

Фактор	Зависимость	Катушка
Число витков провода в катушке	При прочих равных условиях, увеличение числа витков приводит к увеличению индуктивности; уменьшение числа витков приводит к уменьшению индуктивности.	

Эксперимент №1: Установила катушку с наибольшим количеством витков рис.3.4.

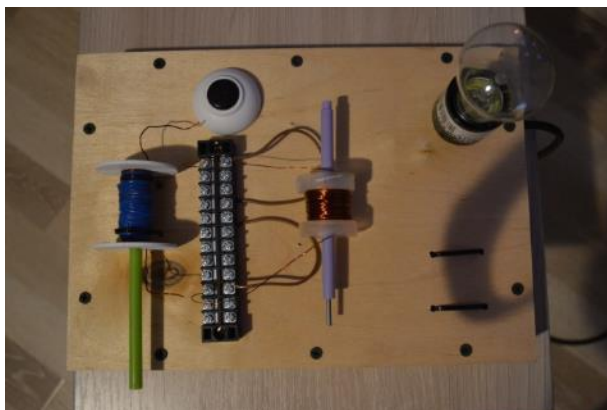


Рис.3.4

Пушку поставила на стул рис 3.5.




Рис.3.5

Стреляла рис. 3.6 , записывала результаты, с помощью которых в дальнейшем вычисляла индуктивность и скорость.



Рис 3.6

<p>Площадь поперечного сечения катушки</p>	<p>При прочих равных условиях, катушка с большей площадью поперечного сечения будет иметь большую индуктивность; а катушка с меньшей площадью поперечного сечения - меньшую индуктивность</p>	
--	---	--

Эксперимент №2: Установила катушку с наибольшим поперечным сечением рис.3.7.

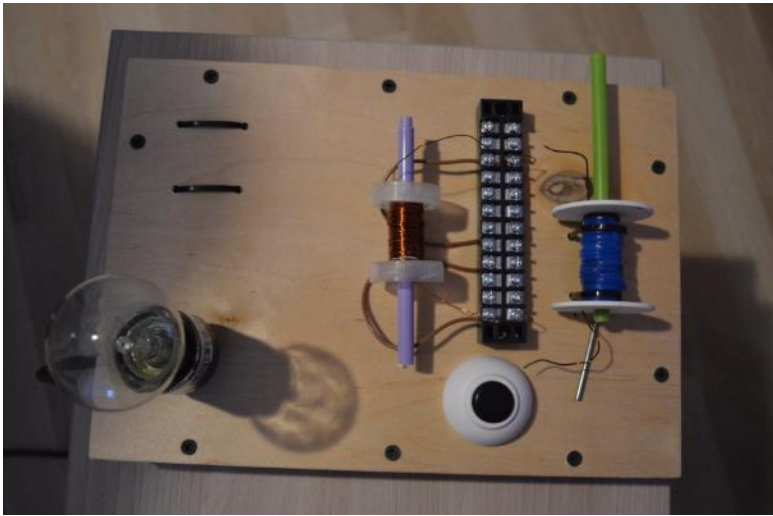


Рис.3.7

Пушку поставила на стул рис 3.8.




Рис.3.8

Стреляла рис. 3.9 , записывала результаты, с помощью которых в дальнейшем вычисляла индуктивность и скорость.



Рис.3.9

<p>Длина катушки</p>	<p>При прочих равных условиях, чем больше длина катушки, тем меньше ее индуктивность; чем меньше длина катушки, тем больше ее индуктивность.</p>	
----------------------	--	---

Эксперимент №3: Установила самую длинную рис.3.10.

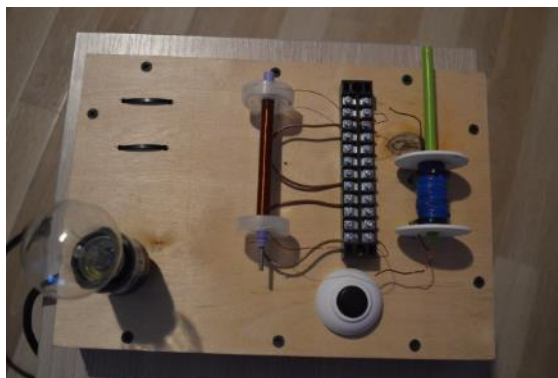


Рис.3.10

Пушку поставила на стул рис 3.11.



Рис.3.11

Стреляла рис. 3.12 , записывала результаты, с помощью которых в дальнейшем вычисляла индуктивность и скорость.

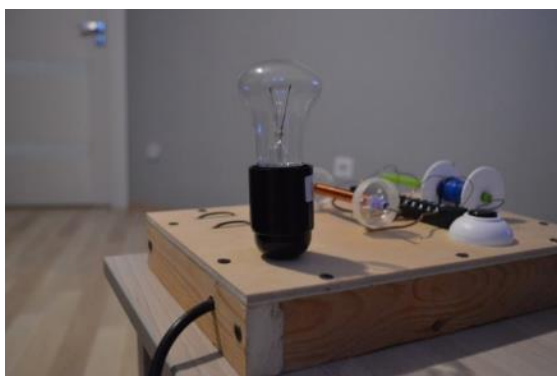


Рис.3.12

Приложение 4
Результаты исследований
Экспериментальное определение влияния индуктивности
катушек на начальную скорость движения снарядов.

L	Индуктивность катушки
Ф	Магнитный поток
I	Сила тока
B	Вектор магнитной индукции
M	Магнитная проницаемость среды
μ_0	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ – магнитная постоянная
H	Напряжённость магнитного поля внутри катушки
N	Число витков на единицу длины
L	Длина соленоида
N	Количество витков проволоки
V	Объём магнитного поля внутри соленоида
S	Площадь поперечного сечения
D	Диаметр катушки

Индуктивность катушки определяется по формуле $L = \frac{\Phi}{I}$, но так как я не могу на данном этапе определить индуктивность, то распишу магнитный поток: $\Phi = BS$, где $B = \mu\mu_0 H$.

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$ – магнитная постоянная, численно равная:

$$\mu_0 = 4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}} = 1,257 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$$

Напряжённость магнитного поля внутри катушки определяется по формуле:

$H = I \cdot n$, где n – это число витков на единицу длины и определяется по формуле: $n = \frac{N}{l}$. Значит,

индуктивность теперь определяется по формуле $L = \mu\mu_0 n^2 V$, где $V = l \cdot S = l \cdot \frac{\pi d^2}{4}$ – объём

магнитного поля внутри соленоида. $L = \mu\mu_0 n^2 l \cdot \frac{\pi d^2}{4} = \mu\mu_0 \left(\frac{N}{l}\right)^2 l \cdot \frac{\pi d^2}{4} = \mu\mu_0 \frac{N^2 \pi d^2}{4l}$

μ – Магнитная проницаемость среды, ствола моей пушки. Я использовала деталь из пластика.

$$\mu_{\text{пл}} = 1,2567 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$$

$\mu_{\text{пл}}\mu_0$ – постоянная величина, которую я посчитаю сразу:

$$\mu_{\text{пл}}\mu_0 = 1,2567 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Гн}}{\text{м}} \cdot 1,257 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Гн}}{\text{м}} = 1,57803819 \cdot 10^{-12} \left(\frac{\text{Гн}}{\text{м}}\right)^2$$

Теперь осталось подставить все численные значения в формулу $\mu\mu_0 \frac{N^2\pi d^2}{4l}$ и посчитать значения индуктивностей катушек.

Определяю индуктивность катушки 1:

$$N = 800 \quad l = 0,02\text{м} \quad d = 0,026\text{ м}$$

$$n = \frac{N}{l}$$

$$V = l \cdot S \quad S = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$V = l \cdot \frac{\pi d^2}{4}$$

$$L = \mu\mu_0 n^2 V$$

$$L = \mu\mu_0 n^2 l \cdot \frac{\pi d^2}{4}$$

$$L = \mu\mu_0 \left(\frac{N}{l}\right)^2 l \cdot \frac{\pi d^2}{4}$$

$$L = \mu\mu_0 \frac{N^2 \pi d^2}{4l}$$

$$L = 1,57803819 \cdot 10^{-12} \frac{800^2 \cdot 3,14 \cdot 0,027^2}{4 \cdot 0,02} = 28,89 \text{ нГн}$$

Определяю индуктивность катушки 2:

$$N = 110 \quad l = 0,027\text{м} \quad d = 0,016\text{ м}$$

$$n = \frac{N}{l}$$

$$V = l \cdot S \quad S = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$V = l \cdot \frac{\pi d^2}{4}$$

$$L = \mu\mu_0 n^2 V$$

$$L = \mu\mu_0 n^2 l \cdot \frac{\pi d^2}{4}$$

$$L = \mu\mu_0 \left(\frac{N}{l}\right)^2 l \cdot \frac{\pi d^2}{4}$$

$$L = \mu\mu_0 \frac{N^2 \pi d^2}{4l}$$

$$L = 1,57803819 \cdot 10^{-12} \frac{110^2 \cdot 3,14 \cdot 0,016^2}{4 \cdot 0,027} = 14,21 \text{ нГн}$$

Определяю индуктивность катушки 3:

$$N = 160 \quad l = 0,08 \text{ м} \quad d = 0,008 \text{ м}$$

$$n = \frac{N}{l}$$

$$V = l \cdot S \quad S = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$V = l \cdot \frac{\pi d^2}{4}$$

$$L = \mu\mu_0 n^2 V$$

$$L = \mu\mu_0 n^2 l \cdot \frac{\pi d^2}{4}$$

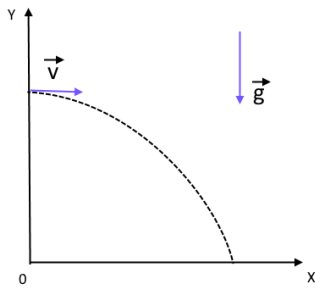
$$L = \mu\mu_0 \left(\frac{N}{l}\right)^2 l \cdot \frac{\pi d^2}{4}$$

$$L = \mu\mu_0 \frac{N^2 \pi d^2}{4l}$$

$$L = 1,57803819 \cdot 10^{-12} \frac{160^2 \cdot 3,14 \cdot 0,008^2}{4 \cdot 0,08} = 253,6 \text{ нГн}$$

H	Высота вылета снаряда
S	Дальность полета снаряда
S_{ср}	Среднее значение дальности полета
G	Ускорение свободного падения
v_о	Начальная скорость вылета снаряда
T	Время, за которое снаряд достигает конечной цели

Начальная скорость снаряда направлена горизонтально



$$Ox: S_x = v_{0x} \cdot t$$

$$S = v_0 \cdot t$$

$$Oy: y = y_0 + v_{0y} \cdot t + \frac{g_y \cdot t^2}{2} \quad y = 0; v_{0y} = 0; y_0 = h$$

$$0 = h - \frac{g \cdot t^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$S = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$v_0 = S \cdot \sqrt{\frac{g}{2h}}$$

Высота вылета снаряда – постоянная.

Провожу эксперименты, указывая на какое расстояние улетает снаряд, фиксирую значения. Найду среднее значение дальности полета.

Я буду проводить серии по 15 выстрелов

Серия 1: m сн=3,5г

$$h=80 \text{ см} \Rightarrow h=0,8 \text{ м} \quad h=\text{const}$$

$$S_1 = 3,2 \text{ м}$$

$$S_6 = 3,57 \text{ м}$$

$$S_{11} = 3,44 \text{ м}$$

$$S_2 = 4 \text{ м}$$

$$S_7 = 3,2 \text{ м}$$

$$S_{12} = 3,5 \text{ м}$$

$$S_3 = 3,11 \text{ м}$$

$$S_8 = 3,05 \text{ м}$$

$$S_{13} = 3,46 \text{ м}$$

$$S_4 = 3,4 \text{ м}$$

$$S_9 = 3,41 \text{ м}$$

$$S_{14} = 3,22 \text{ м}$$

$$S_5 = 3 \text{ м}$$

$$S_{10} = 3,27 \text{ м}$$

$$S_{15} = 3,08 \text{ м}$$

$$S_{cp} = \frac{(3,2+4+3,11+3,4+3+3,57+3,2+3,05+3,41+3,27+3,44+3,5+3,46+3,22+3,08)M}{15} = 3,06 \text{ м}$$

$$S_{cp} = 3,06 \text{ м}$$

$$v_0 = 3,06 \cdot \sqrt{\frac{9,8 \frac{M}{c^2}}{2 \cdot 0,8 \text{ м}}} = 7,5 \frac{M}{c}$$

Серия 2: m сн=3,5 г

$$h=8 \text{ см} \Rightarrow h=0,8 \text{ м} \quad h=\text{const}$$

$$S_1 = 2,4 \text{ м} \quad S_6 = 2,12 \text{ м} \quad S_{11} = 2,01 \text{ м}$$

$$S_2 = 1,97 \text{ м} \quad S_7 = 1,95 \text{ м} \quad S_{12} = 2,38 \text{ м}$$

$$S_3 = 2,52 \text{ м} \quad S_8 = 2,4 \text{ м} \quad S_{13} = 2,11 \text{ м}$$

$$S_4 = 1,89 \text{ м} \quad S_9 = 1,98 \text{ м} \quad S_{14} = 2,31 \text{ м}$$

$$S_5 = 2,33 \text{ м} \quad S_{10} = 2,21 \text{ м} \quad S_{15} = 1,97 \text{ м}$$

$$S_{cp} = \frac{S_1+S_2+S_3+S_4+S_5+S_6+S_7+S_8+S_9+S_{10}+S_{11}+S_{12}+S_{13}+S_{14}+S_{15}}{n}$$

$$S_{cp} = \frac{(2,4+1,97+2,52+1,89+2,33+2,12+1,95+2,4+1,98+2,21+2,01+2,38+2,11+2,31+1,97)M}{15} = 2,17 \text{ м}$$

$$S_{cp} = 2,17 \text{ м}$$

$$S = v_0 \sqrt{\frac{g}{2h}}$$

$$v_0 = S \sqrt{\frac{g}{2h}}$$

$$g = 9,8 \frac{M}{c^2} - \text{табличная величина}$$

$$v_0 = 2,17M \cdot \sqrt{\frac{9,8 \frac{M}{c^2}}{2 \cdot 0,8M}} = 5,37 \frac{M}{c}$$

Серия 3: m сн=3,5 г

$$h=8 \text{ см} \Rightarrow h=0,8 \text{ м} \quad h=\text{const}$$

$$S_1 = 3,7 \text{ м} \quad S_6 = 3,82 \text{ м} \quad S_{11} = 4,11 \text{ м}$$

$$S_2 = 4,05 \text{ м} \quad S_7 = 3,9 \text{ м} \quad S_{12} = 3,56 \text{ м}$$

$$S_3 = 4,22 \text{ м} \quad S_8 = 3,95 \text{ м} \quad S_{13} = 4,31 \text{ м}$$

$$S_4 = 3,77 \text{ м} \quad S_9 = 4,07 \text{ м} \quad S_{14} = 3,96 \text{ м}$$

$$S_5 = 3,6 \text{ м} \quad S_{10} = 3,53 \text{ м} \quad S_{15} = 4,01 \text{ м}$$

$$S_{cp} = \frac{(3,7+4,05+4,22+3,77+3,6+3,82+3,9+3,95+4,07+3,53+4,11+3,56+4,31+3,96+4,01)M}{15} = 3,9 \text{ м}$$

$$S_{cp} = 3,9 \text{ м}$$

$$v_0 = 3,9 \text{ м} \cdot \sqrt{\frac{9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{2 \cdot 0,8 \text{ м}}} = 9,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

№	h, м	S, м	S _{ср} , м	v ₀ , $\frac{\text{м}}{\text{с}}$
1.	0,8	2,4	2,17	5,37
2.		2,12		
3.		2,01		
4.		1,97		
5.		1,95	2,38	
6.		2,52		
7.		2,4	2,11	
8.		1,89		
9.		1,98	2,31	
10.		2,33		
11.		2,21	1,97	
12.				
13.				
14.				
15.				

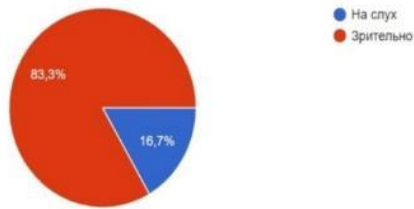
1.	0,8	3,2	3,06	7,5
2.		3,57		
3.		3,44		
4.		4		
5.		3,2		
6.		3,5		
7.		3,11	3,05	
8.		3,46		
9.		3,4		
10.		3,41	3,22	
11.		3		
12.		3,27	3,08	
13.				
14.				
15.				
1.	0,8	3,7	3,9	9,6
2.		3,82		
3.		4,11		
4.		4,05		
5.		3,9	3,56	
6.		4,22	3,95	
7.		4,31		
8.		3,77	4,07	
9.		3,96		
10.		3,6		
11.		3,53	4,01	
12.				
13.				
14.				
15.				

	$L_1=253,6 \text{ нГн}$	$L_2=14,21 \text{ нГн}$	$L_3=28,89 \text{ нГн}$
М сн=3,5 г	$v_0 = 9,6 \frac{\text{М}}{\text{с}}$	$v_0 = 5,37 \frac{\text{М}}{\text{с}}$	$v_0 = 7,5 \frac{\text{М}}{\text{с}}$

Приложение 5

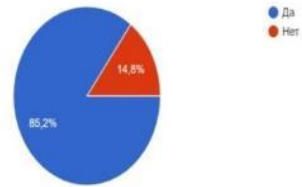
Как вам легче улавливать информацию?

54 ответа



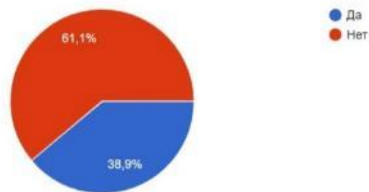
Хотели ли вы увидеть её в действии?

54 ответа



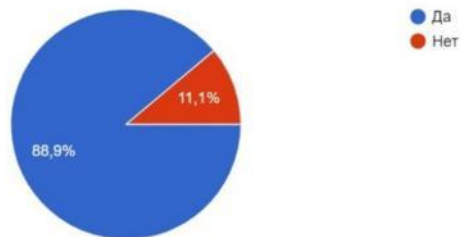
Знаете ли вы, что такое Пушка Гаусса?

54 ответа



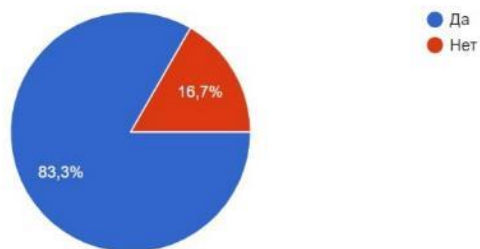
Было ли вам легче воспринимать информацию, если бы перед вами было устройство, демонстрирующее данное явление?

54 ответа



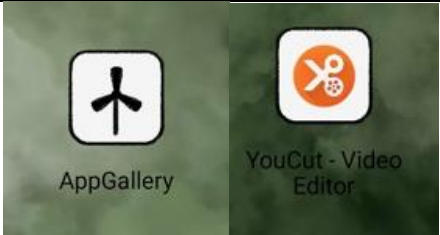

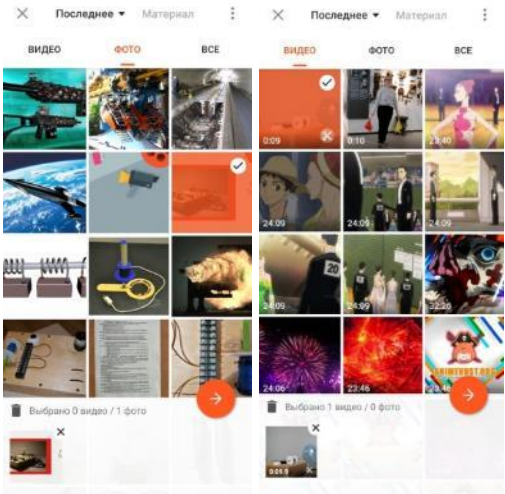
Хотели бы вы лучше разбираться в темах, связанных с электромагнетизмом?

54 ответа

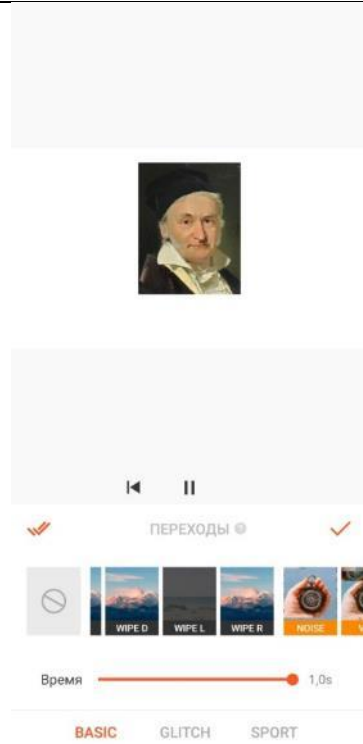


Приложение 6

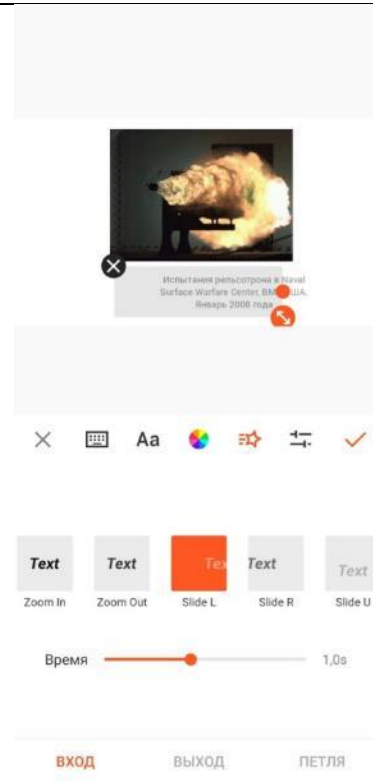
Таблица 4.4

<p>Скачала приложение YouCut – Video Editor из AppGallery</p>	
<p>Запускаем приложение, нажимаем создать видео (+)</p>	
<p>Выбираем нужное фото или видео и нажимаем продолжить(стрелочка)</p>	

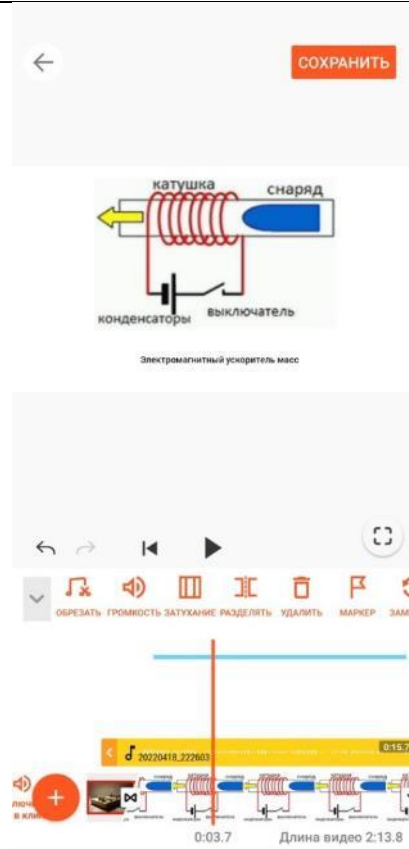
Переход фото(видео)
использую WYPEL



Переход текста использую
Slibe L



На 1 слое аудио



← СОХРАНИТЬ

КАТУШКА СНАРЯД

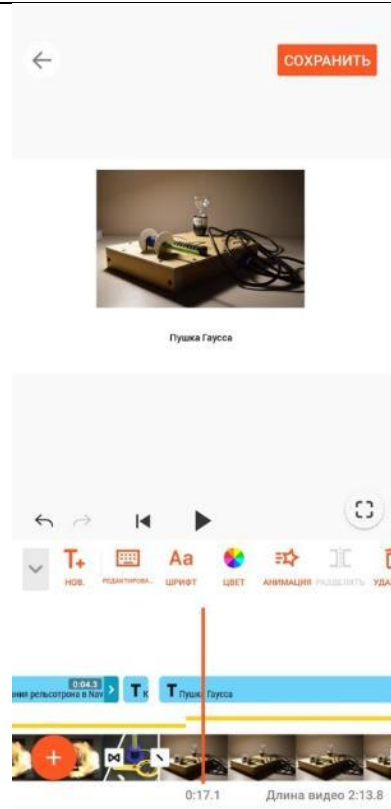
КОНДЕНСАТОРЫ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ

Электромгнитный ускоритель масс

0:03.7 Длина видео 2:13.8

Detailed description: This screenshot shows a video player interface. At the top, there is a back arrow and a red 'СОХРАНИТЬ' (Save) button. The main content is a schematic diagram of a magnetic mass accelerator. It features a central coil labeled 'КАТУШКА' (coil) with a blue projectile labeled 'СНАРЯД' (bullet) inside it. Below the coil, there are two capacitors labeled 'КОНДЕНСАТОРЫ' and a switch labeled 'ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ'. A yellow arrow points to the left from the coil. Below the diagram is the text 'Электромгнитный ускоритель масс'. The video player controls include a play button, a progress bar, and a volume icon. A menu is open showing options: 'ОБРЕЗАТЬ', 'ГРОМКОСТЬ', 'ЗАТУХАНИЕ', 'РАЗДЕЛИТЬ', 'УДАЛИТЬ', 'МАРКЕР', 'ЗАМЕ'. The video title '20220418_222603' and a timestamp '0:03.7' are visible. The total video length is 'Длина видео 2:13.8'.

На 2 слое текст



← СОХРАНИТЬ

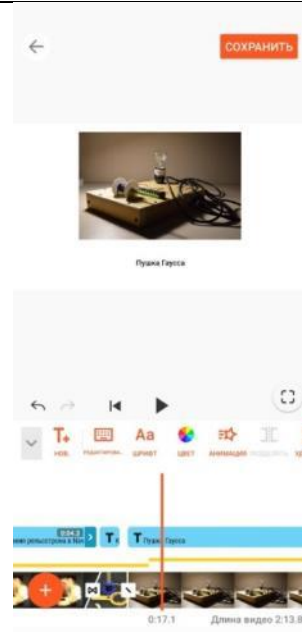
Пушка Гаусса

0:04.3 T T Пушка Гаусса

0:17.1 Длина видео 2:13.8

Detailed description: This screenshot shows a video player interface. At the top, there is a back arrow and a red 'СОХРАНИТЬ' (Save) button. The main content is a photograph of a Gauss gun, a device consisting of two parallel metal rails with a projectile between them. Below the photo is the text 'Пушка Гаусса'. The video player controls include a play button, a progress bar, and a volume icon. A menu is open showing options: 'НОВЕ', 'РЕДАКТИРОВА...', 'ШРИФТ', 'ЦВЕТ', 'АНИМАЦИЯ', 'РАЗДЕЛИТЬ', 'УДА...'. The video title 'Пушка Гаусса' and a timestamp '0:04.3' are visible. The total video length is 'Длина видео 2:13.8'.

В конце нажимаю сохранить



Приложение 7

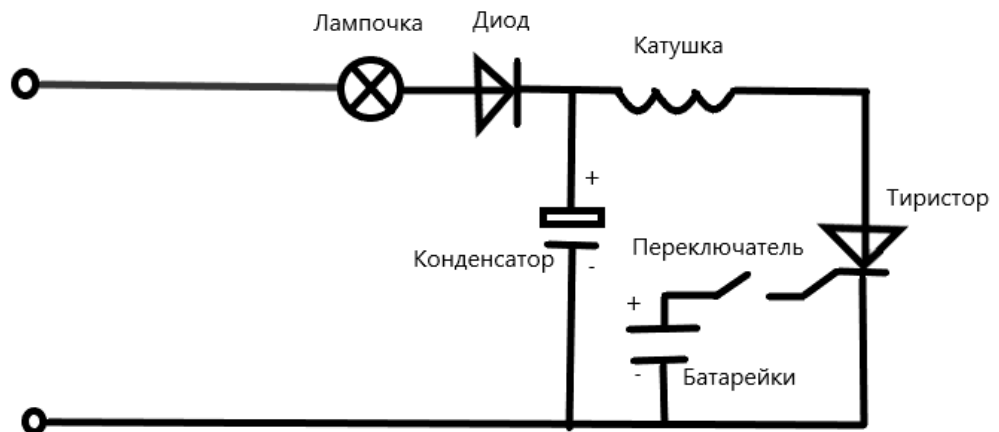


Рис. 2.2 Схема цепи ЭМУ

Список литературы

1. Мякишев Г. Я. Физика. Электродинамика. 10-11 класс. Профильный уровень: учеб. Для общеобразовательных учреждений / Г.Я. Мякишев, А.З. Сияков, Б.А. Слободсков. – 10-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2010. – 476, [4] с.: ил. ISBN 978-5-358-08550-3
2. Журнал «Популярная механика» март 2011
3. Курепин В. В., Баранов И. В. Обработка экспериментальных данных: Метод. указания к лабораторным работам для студентов 1, 2 и 3-го курсов всех спец./ Под ред. В. А. Самолетова. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2003. – 57 с.
4. Математическая энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия. И. М. Виноградов. 1977—1985.
5. М. Красин, В.И.Попов. Технологии проведения лабораторных работ по физике: учебно-методическое пособие. – Калуга: Институт повышения квалификации работников образования, 2002. – 64 с.
6. Учебное издание: Варламов С. Д., Зильберман А. Р., Зинковский В. И. М82 Экспериментальные задачи на уроках физики и физических олимпиадах. — М.: МЦНМО, 2008. — 161 с.: ил. — ISBN 978-0-00000-000-0.
7. Фронтальные лабораторные занятия по физике в 7-11 классах общеобразовательных учреждений: Кн. для учителя/ В. А. Буров, Ю. И. Дик, Б.С. Зворыкин и др.; Под ред. В. А. Бузова, Г. Г. Никифорова. – М.: Просвещение: Учеб. лит., 1996.-368 с.: ил. – ISBN 5-09-006365-6
8. <https://vk.com/away.php?utf=1&to=https%3A%2F%2F3dnews.ru%2F1055555%2Fkitayt-si-iz-pushki-gaussa-sozdali-korotkostvol-s-ubiystvennoy-energiey>
9. https://wiki2.net/Пушка_Гаусса
10. https://mind-control.fandom.com/wiki/Пушка_Гаусса
11. <https://radiosit.ru/os/elektromagnitnaya-katapulta-dlya-zapuska-v-kosmos.html>
12. <http://gauss2k.narod.ru/theory.htm>
13. <http://www.findpatent.ru/patent/226/2267074.html>
14. <https://en.ppt-online.org/167798>