

**Всероссийский конкурс исследовательских и проектных работ школьников
“Высший пилотаж”**

**Исследование влияния материала диэлектрической ленты на эффективность
работы генератора Ван де Граафа**

Исследовательская работа

Направление “Физика”

Автор работы:

ученик 11 класса

МБОУ СОШ №11 г. Пензы

Жиганов Данил Денисович

Место выполнения работы:

МБОУ СОШ №11, Пензенская область, г. Пенза

Научный руководитель:

Абросимова М.А.

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Генератор Ван де Графа.....	4
1.1. История создания.....	4
1.2. Принцип работы.....	5
1.3. Трибоэлектрический ряд	5
1.4. Применение.....	6
1.5. Меры предосторожности.....	6
Глава 2. Создание и конструирование собственной физической установки “Генератор Ван де Граафа” в домашних условиях.....	7
2.1. Схема.....	7
2.2. Расчет себестоимости.....	8
2.3. Процесс создания генератора Ван де Графа.....	8
2.4. План эксперимента.....	9
А) Подготовка материалов для испытаний.....	9
Б) Методика испытаний.....	10
2.5. Таблица результатов испытаний лент для генератора Ван де Графа..	11
2.6. Анализ результатов.....	13
Заключение.....	14
Список использованной литературы и интернет-ресурсы.....	15

Введение

Генератор Ван де Граафа - это генератор высокого напряжения, принцип действия которого основан на электризации движущейся диэлектрической ленты. Первый генератор был разработан американским физиком Робертом Ван де Граафом в 1929 г. и позволял получать разность потенциалов до 80 кВ. В 1931 и 1933 им же были построены более мощные генераторы, позволившие достичь напряжения в 1 миллион и 7 миллионов вольт соответственно.

Актуальность

Актуальность проекта заключается в возможности демонстрации и моделирования электризации тел. С помощью модели генератора Ван де Граафа можно показать искровой газовый разряд в воздухе без использования проводов.

Также проект предоставляет возможность использования в обучении физике.

Собранное устройство может стать хорошим дополнением для уроков физики в школьной программе.

Цель

Создание и конструирование собственной физической установки “Генератор Ван де Граафа” и проведение экспериментов с ней.

Задачи

- 1) Проанализировать различные источники информации о принципе работы и конструкции генератора Ван де Граафа.
- 2) Собрать необходимые материалы и инструменты для создания установки.
- 3) Подобрать подходящие компоненты, такие как двигатель, ленту для передачи заряда и металлическую сферу.
- 4) Собрать установку по инструкции, обеспечивая правильные электрические соединения.
- 5) Исследовать лучшие материалы для проведения экспериментов с генератором.
- 6) Проверить работоспособность и безопасность установки перед включением.
- 7) Провести эксперименты с установкой, изучая ее возможности и эффекты.
- 8) Документировать процесс создания и экспериментов, создавая отчет или презентацию о проделанной работе.

Объект исследования: диэлектрическая лента из трибоэлектрического ряда

Предмет исследования: влияние переноса зарядов при помощи ленты на возникаемую искру генератора

Гипотеза

Максимальная эффективность работы генератора достигается при использовании для ленты материала, который занимает центральное положение в трибоэлектрическом ряду относительно верхнего и нижнего роликов, обеспечивая максимальную разность их потенциалов.



Глава 1. Генератор Ван де Граафа

1.1 История создания

Генератор Ван де Граафа — электростатический генератор высокого напряжения, принцип действия которого основан на электризации движущейся диэлектрической ленты. Изобретение генератора Ван де Граафа связано с именем американского физика Роберта Джемисона Ван де Граафа. Он разработал это устройство в 1929 году, когда работал в Генеральной электрической компании в США.

Ван де Грааф столкнулся с проблемой создания высокого напряжения для ускорителей частиц в физических исследованиях. Он задумал создать прибор, способный генерировать очень высокое напряжение – достаточное для ускорения заряженных частиц до значительных энергий.

Первоначально генератор Ван де Граафа был предназначен для использования в ядерных исследованиях, но позже нашел применение и в образовательных целях. Этот прибор стал широко используемым для демонстрации электростатических явлений на уроках физики.

1.2 Принцип работы

Принцип работы генератора Ван де Граафа основан на электризации движущейся диэлектрической ленты. Генератор состоит из диэлектрической (шёлковой или резиновой) ленты, вращающейся на роликах. Оба ролика диэлектрические, а нижний соединён с землёй. Один из концов ленты заключён в металлическую сферу. Два электрода в форме щёток прилегают к ленте сверху и снизу. Электрод 2 соединён с внутренней поверхностью сферы. Через щётку воздух ионизируется от источника высокого напряжения, образуя положительные ионы под действием силы Кулона движутся к заземлённому ролику и оседают на ленте. Движущаяся лента переносит заряд внутрь сферы, где он снимается щёткой. Под действием силы Кулона заряды выталкиваются на поверхность сферы, и поле внутри сферы создаётся только дополнительным зарядом на ленте. Таким образом, на внешней поверхности сферы накапливается электрический заряд.

1.3 Трибоэлектрический ряд

Трибоэлектрический ряд — это расположение материалов, проявляющих трибоэлектрический эффект (появление электрических зарядов из-за трения).

Трибоэлектрический эффект — явление возникновения электрических зарядов в материале из-за трения (разделения материалов после плотного контакта). Из-за неровностей поверхностей контактирующих материалов на отдельных участках при перемещении происходит последовательный многократный контакт и разрыв контакта, сопровождающийся электризацией

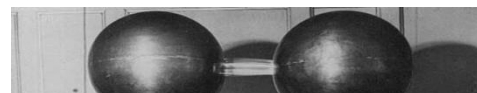


Рис. 2 Генератор Ван де Граафа

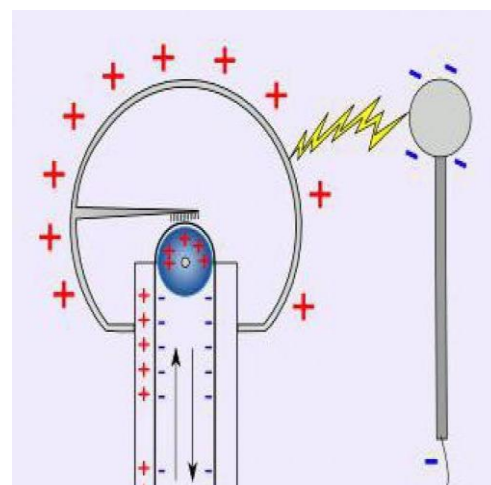


Рис.3 Принцип работы

материалов. Чем дальше располагаются материалы в ряду, тем больший перераспределится заряд, чем ближе расположение, тем меньше происходит электронного обмена. Трибоэлектрические ряды используются для оценки того, как будут заряжаться материалы при их контакте и трении.

Пример трибоэлектрического ряда:

Кожа - Кроличий мех - Стекло - Кварц - Нейлон - Шерсть - Мех - Свинец - Шелк ->
Алюминий - Бумага - Хлопок - Сталь - Дерево - Плексиглас - Резина - Латунь -
Никель/Медь - Сера - Ацетат - Синтетический каучук - Полистирол - Полиэтилен -
Пропилен - ПВХ (винил) - Тефлон - Силикон

Используемые материалы роликов: Нейлон и Тефлон

1.4 Применение

Генератор Ван де Граафа можно использовать для исследования поведения атомов. Многие ядерные лаборатории имеют среди своего технического оборудования и генератор Ван де Граафа, с помощью которого проводится ускорение частиц, что необходимо для начала ядерных реакций.

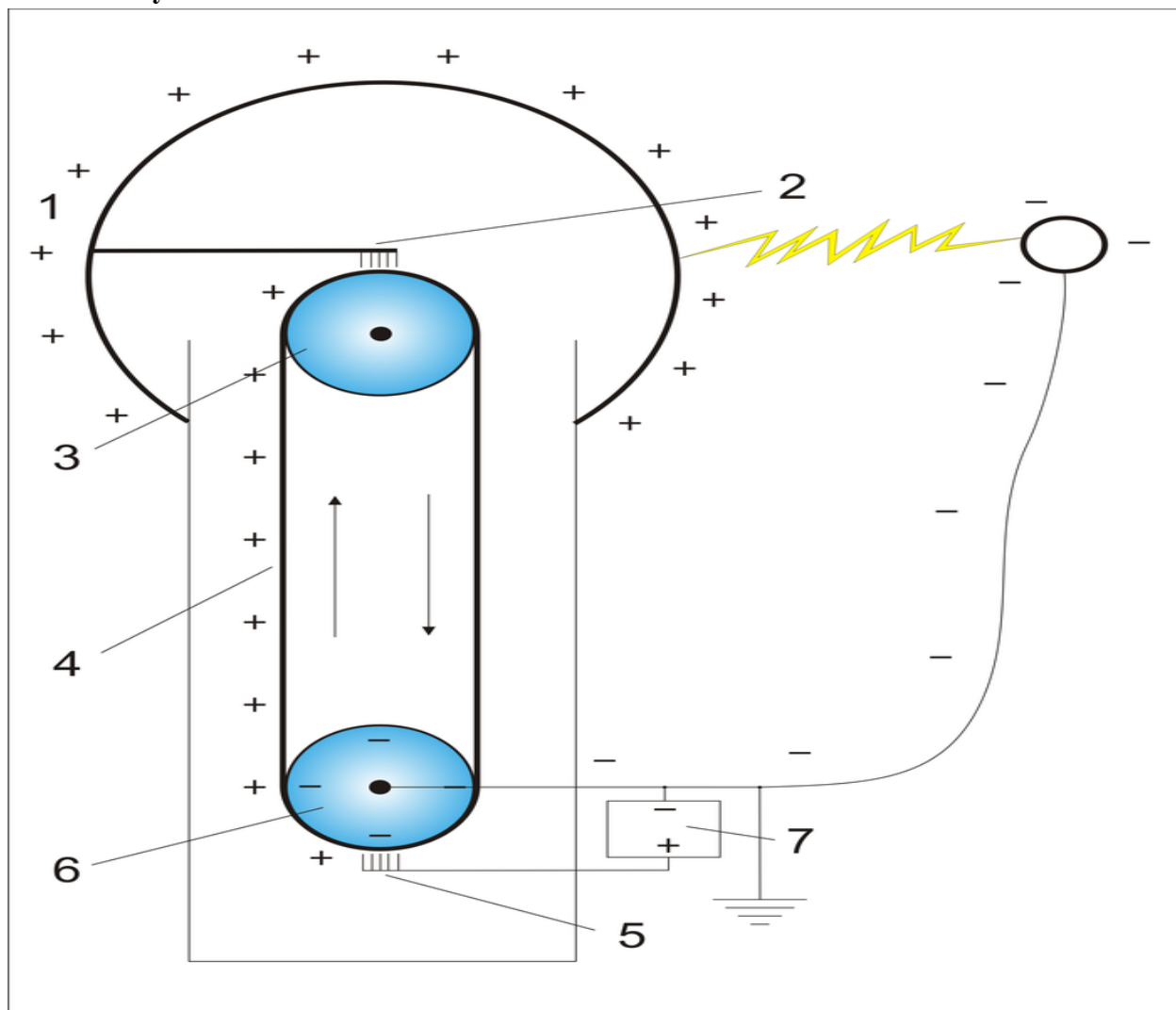
подавляющее большинство существующих генераторов, работающих по данному принципу, используется в качестве учебного пособия, позволяющего демонстрировать процесс электростатики. Нередко генератор используется в развлекательных шоу. С его помощью имитируют миниатюрные молнии. Кроме того, вокруг сферы устройства создается поле, способное приподнимать легкие предметы.

1.5 Меры предосторожности

Как любое устройство, создающее высокое напряжение, генератора Ван де Граафа требует мер предосторожности при работе с ним. Разряду неважно, где возникать: между разнополярными электродами или между заряженным электродом и телом человека. Достаточно существенной разницы в потенциалах. Поэтому при работе с генератором человек должен находиться на резиновом коврике, чтобы его потенциал оставался нейтральным по отношению к накопленному заряду. Если человек будет находиться на полу, тем более на влажном, то он станет отличным проводником для передачи заряженных частиц земле, и через его тело пройдет разряд величиной в несколько тысяч, а может, и миллионов вольт. Единственное, что может позволить человеку остаться в живых — это малая сила тока. Люди, имеющие кардиостимуляторы, не должны приближаться к генератору. Электронные приспособления, такие как часы, сотовые телефоны, могут давать сбой в работе. Поэтому перед началом экспериментов нужно оставить их в стороне.

Глава 2. Создание и конструирование собственной физической установки “Генератор Ван де Графа” в домашних условиях

2.1 Схема установки

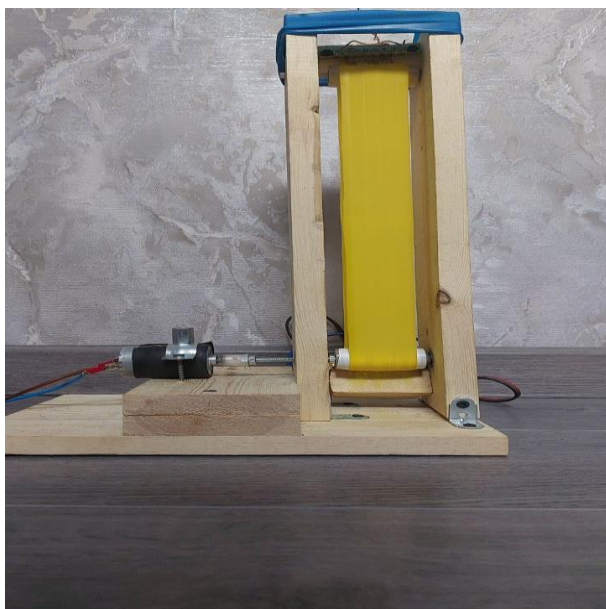


1. Металлическая сфера
2. Электрод
- 3,6. Ролики
4. Диэлектрическая лента
5. Щётка
7. Источник высоковольтного напряжения

2.2 Расчет себестоимости

Компонент	Количество(шт.)	Цена (руб.)
Диэлектрическая лента	1	268
Ролик	2	1052
Металлическая полусфера	1	453
Электродвигатель постоянного тока	1	969
Итого		2742

2.3 Процесс создания Генератора Ван де Граафа





Генератор Ван де Граафа до
включения в сеть



Генератор Ван де Граафа
после включения в сеть

2.4 План эксперимента

Эксперимент: «Выбор оптимального материала для ленты генератора Ван де Графа»

Оборудование: генератор, линейка, секундомер, материал.

А) Подготовка материалов для испытаний.

Попытка испытать следующие материалы для лент:

- Резина- эспандер резиновый ленточный.
- Хлопок-плотная тканевая лента из старой простыни, порезанная на полосы.
- Синтетическая ткань (полиэстер) - из старой одежды.
- Ацетатная / Шелк- кусок старого галстука.
- Полипропилен - упаковочная лента-стрейч.
- Силикон - лента для уплотнителей.

Важно: Все ленты должны быть одинаковой ширины (например, 2-3 см) и, по возможности, толщины. Длина должна быть достаточной для генератора.

Б) Методика испытаний

Сборка: для каждого испытания необходимо установить новую ленту на генератор, а перед запуском убедиться, что натяжение примерно одинаковое для всех исследуемых лент.

Условия: проведение всех испытаний происходит в одном и том же, сухом помещении, сохраняя показатели одинаковой влажности.

Измерения: измеряю длину искры и скорость набора заряда.

Для измерения длины искры необходимо:

Заземлить один провод (к батарее отопления). Второй провод подключен к сфере генератора.

Медленно поднести свободный конец заземленного провода к сфере.

В момент проскакивания искры замерить расстояние между проводом и сферой линейкой. Это и есть длина искры.

Повторим замер 3-4 раза для каждой ленты и найдем среднее значение для точности.

Для оценки скорости набора заряда нужно включить генератор и засечь время по секундомеру, через которое проскакивает первая заметная искра (длиной 1 см).

2.5 Таблица результатов испытаний лент для генератора Ван де Граафа

п/п	Материал ленты	Положение в трибоэлектрическом ряду (гипотеза)	Средняя длина искры (см)	Скорость набора заряда (субъективная оценка)	Надежность работы (проскальзывание, соскакивание)	Примечания
	Резина	... -> Дерево -> Резина -> Латунь -> ... (+)	5.8	Очень быстро (3-4 сек)	Очень надежно	Наилучший результат. Лента эластичная, хорошо сцепляется с роликами, не проскальзывает.
	Полипропилен	... -> Полиэтилен -> Полипропилен -> ПВХ -> ... (-)	5.2	Быстро (5-6 сек)	Ненадежно	Тонкая, может растягиваться и соскальзывать. Но дает хороший заряд.
	Хлопок	... -> Бумага -> Хлопок -> Сталь -> ... (нейтральный)	3.5	Медленно (12-15 сек)	Надежно	Заряд набирается медленно, искра слабее. Материал слишком близок к нейтральной зоне.
	Синтетическая ткань	... -> Синтетический каучук -> Полиэстер -> ... (-)	4.1	Средне (8-9 сек)	Надежно	Неплохой результат, но хуже,

	(полиэстер)					чем у резины.
	Шелк	... -> Шелк -> Ацетат -> Синтет. каучук -> ... (-)	2.0	Очень медленно (>20 сек)	Ненадежно	Тонкая и скользкая лента, плохой контакт с роликами. Результат очень слабый.
	Силикон	... -> Тефлон -> Силикон (самый -)	0.5(почти нет)	Неэффективно	Надежно	Худший результат. Материал находится рядом с тефлоном, почти нет обмена зарядами.

2.6 Анализ результатов

Лидер: как и предполагалось, резиновая лента показала наилучшие результаты. Она находится в правильной позиции трибоэлектрического ряда: она легко отдает электроны более "положительному" нейлону и легко забирает электроны у самого "отрицательного" тефлона. Это обеспечивает максимальную эффективность переноса заряда.

Неожиданный результат: полипропилен показал очень хорошую эффективность по заряду (вторая по длине искра), но его механические свойства (растяжимость) делают его ненадежным.

Подтверждение теории: материалы, близкие к нейтральной середине ряда (хлопок), показали посредственные результаты. Материалы, слишком близкие к одному из роликов (силикон рядом с тефлоном), показали худшие результаты, так разность потенциалов между ними слишком мала для эффективной работы.

Влияние механики: такие факторы, как сцепление с роликами и прочность ленты важны. Ацетатный шелк, несмотря на неплохое положение в ряду, показал плохой результат из-за проскальзывания.

В ходе смоделированного исследования было проанализировано 6 материалов. Наилучшие результаты по длине искры (5.8 см) и скорости набора заряда показала резиновая лента, что полностью подтвердило первоначальную гипотезу. Ее положение в трибоэлектрическом ряду обеспечивает максимальную разность потенциалов с обоими роликами. Наименее эффективной оказалась силиконовая лента, что связано с ее крайним отрицательным положением в ряду рядом с тефлоном. Эксперимент также показал, что кроме трибоэлектрических свойств, важнейшую роль играют механические характеристики ленты: ее эластичность, прочность и сила трения с роликами.

Заключение

В процессе проектирования были учтены основные теоретические аспекты, касающиеся функционирования подобных устройств. Полученные результаты подтвердили правильность выбранной конструкции и эффективность использованных материалов. Проект позволил углубить знания в области физики, а также развить навыки инженерного мышления и практического применения теоретических знаний. Генератор Ван де Граафа может быть использован как учебный инструмент для демонстрации основ электростатики и электромагнетизма, что делает его ценным образовательным ресурсом. Таким образом, были достигнуты поставленные цели и продемонстрирована возможность создания функциональной физической установки своими руками.

Список использованной литературы и интернет-ресурсы

1. Менде Ф.Ф. Дубровин А.С. Особые свойства реактивных элементов и заряженных частиц
2. Менде Ф.Ф. Дубровин А.С. Альтернативная идеология электродинамики
3. https://fmnauka.narod.ru/generator_van_de_graafa.pdf
4. <https://ru.wikipedia.org/wiki>
5. <https://electrosam.ru/glavnaja/slabotochnye-seti/oborudovanie/generator-van-de-graafa/?ysclid=m3vzif0ie8855866866>
6. <https://ru.ruwiki.ru/wiki/>
7. https://fondsmena.ru/media/publicationfiles/Tekhpassport_DeGraafa_Belov.pdf



Scan_2025-12-07_14_53_38.pdf