

Министерство просвещения Российской Федерации

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение «Средняя
общеобразовательная школа № 266 Закрытого административно-
территориального образования Александровск Мурманской области»

VII Международный конкурс
исследовательских работ школьников
Research start

Исследовательская работа

**«Изучение физических свойств простейшего
конденсатора»**

Выполнил: Лобань София Михайловна

Ученица 6Д класса

Руководитель: Калмыкова Елена Вячеславовна

учитель физики

2025-26 учебный год

Конденсаторы играют ключевую роль в электронике, так как способны накапливать электрическую энергию. Данная работа направлена на изучение физических свойств простейшего конденсатора, который состоит из двух проводящих пластин и диэлектрика. Часть опытов проделана с простейшим конденсатором, где диэлектрик - воздух. В рамках проделанной работы проведен анализ работы плоскостного конденсатора, определены его основные характеристики, такие как ёмкость. При помощи электростатического маятника обнаружено влияние геометрических размеров конденсатора на накопленную им энергию. Используя оборудование советской школы, цифровую лабораторию «НауЛаб» Центра «Точка роста» и современный симулятор, продемонстрирован резонанс в колебательном контуре. Также осуществлено практическое исследование разряда конденсатора в RC-цепи, что поможет углубить понимание принципов работы конденсаторов и их применения в различных электрических схемах.

Актуальность темы заключается в необходимости практического освоения принципов работы конденсаторов, как одного из основных элементов электроники для будущих инженеров.

Цель:

Изучить физические свойства простейшего конденсатора и провести практические исследования его характеристик в физических процессах.

Задачи:

Проанализировать устройство и принцип работы плоскостного конденсатора, изучить его основные свойства;

проводить эксперименты разряда конденсатора в RC-цепи. Обнаружения энергии при помощи электростатического маятника;

исследовать зависимость резонансной частоты от ёмкости конденсатора;

рассмотреть возможность исследования свойств конденсатора, используя различное оборудование.

Ключевые слова: конденсатор, ёмкость, разряд, энергия, резонанс.

Основная часть

Введение

Почти в любом электронном приборе сегодня можно обнаружить конденсаторы – устройства, состоящие (если совсем просто) из двух проводников и диэлектрика между ними, использующиеся для накопления заряда и энергии электрического поля. Первый прототип конденсатора был создан в 1745 году независимо друг от друга Эвальдом Юргеном фон Клейстом и Питером ван Мушенбуком. Названо такое устройство было «лейденской банкой», в честь названия города Лейд.

Изучение физических свойств простейшего конденсатора, который является неотъемлемым элементом современной электроники, было актуально, актуально на данный

момент и перспективно. Содержание включает в себя теоретические аспекты, такие как устройство конденсатора, его принцип работы, особое внимание уделяется экспериментальной части: исследование разряда конденсатора в RC-цепи, опыты, демонстрирующие резонанс и наличие электрической энергии.

Устройство и принцип работы простейшего конденсатора

Существует огромная разновидность конденсаторов, которые классифицируются по различным параметрам и функциям, например, многофункциональные конденсаторы, применяющиеся в промышленности и автоматизации некоторых систем. В данной работе будут исследованы простейшие конденсаторы.

Электрический простейший конденсатор — это устройство, которое накапливает электрическую энергию за счёт того, что на двух близкорасположенных проводящих пластинах, изолированных друг от друга, накапливаются электрические заряды противоположных знаков

Структура конденсатора:

1. Первая проводящая пластина на которую, например, подаётся «+»;
2. Диэлектрический материал. Это такой материал, который не проводит электрический ток.
3. Вторая проводящая пластина, на которую подаётся заряд противоположного знака, чем на первую.

Это можно увидеть, если мы заглянем внутрь фабричного конденсатора. В нашем случае наблюдаем две проводящие пластины, разделённые диэлектриком из бумаги, пропитанным специальным наполнителем на основе технического очищенного вазелина. К каждой пластине прикреплены провода и вся эта конструкция помещена в



Рисунок 1

металлический корпус, на котором мы можем увидеть аббревиатуру: МБГО — металлобумажный герметизированный однослоиный конденсатор постоянной ёмкости. Бумажные конденсаторы, в конструкции которых используется промасленная бумага, отличаются достаточно внушительными габаритами и имеют ряд недостатков. Они вытеснены более современными типами конденсаторов. Могут быть обнаружены в старых устройствах или нишевых приложениях. Что мы и сделали: взяли в кабинете физики конденсаторы со дня образования первой Выюжнинской школы (1974 год) и как пользователи используем его для решения конкретной задачи: исследуем физические свойства простейшего конденсатора.

Чтобы привести конденсатор в действие, надо сначала его зарядить. После отключения источника тока пластины сохраняют заряд, т.к. они разделены слоем диэлектрика. Чтобы воспользоваться накопившимся зарядом, надо замкнуть пластины конденсатора.

Характеристики конденсатора

Важнейшей характеристикой конденсатора является его ёмкость — физическая величина, равная отношению заряда на одной из пластин к напряжению между пластинами. Единица ёмкости — фарад (Φ).

Проведя опыты с воздушным конденсатором, можно убедиться, что ёмкость зависит от геометрических размеров и характеристик диэлектрика:

- С ростом площади пластин ёмкость возрастает;
- С увеличением расстояния между пластинами ёмкость уменьшается;
- При заполнении пространства между обкладками диэлектриком ёмкость увеличивается.

Формула для расчёта ёмкости:

$$C = (\epsilon \epsilon_0 S) / d, \text{ где:}$$

S — площадь пластин, чем она больше, тем выше ёмкость;

d — величина зазора между пластинами, чем меньше d , тем больше ёмкость;

ϵ — диэлектрическая проницаемость, которая также влияет на величину ёмкости.

Здесь ϵ_0 — диэлектрическая постоянная вакуума ($\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$) Ф/м

Реальная ёмкость конденсатора определяет его электрические свойства.

Исследование накопления энергии электрического поля

Электрическая энергия конденсатора сосредоточена в пространстве между обкладками конденсатора, иначе говоря, в электрическом поле, поэтому ее принято

обозначать и называть энергией электрического поля. Заряженный конденсатор обладает энергией. В этом можно убедиться, поставив опыт: зарядим конденсатор большой ёмкости и замкнём его на лампочку, лампочка ненадолго засветится. Мы использовали металлическую ученическую линейку: при замыкании пластинок конденсатора увидели искру.

Энергия - способность тела совершить работу. Совершение работы в физике определяется по двум признакам: должна быть сила и по линии действия силы тело должно двигаться.

В качестве вспомогательного элемента для накопления электрической энергии будем использовать электрофорную машинку. Действие электрофорной машины основано на получении электричества, используя явление электромагнитной индукции, без непосредственного соприкосновения, вызывающего электризацию частей машины. Машина электрофорная малая предназначена для получения электростатических разрядов. При вращении дисков один из секторов несет некий положительный заряд, а противоположный ему сектор - отрицательный, происходит разделение заряда. При вращении дисков в течение двух минут и при расстоянии между шариками не более 50 мм машина электрофорная даёт искру, виден и слышен треск.

В опыте демонстрируем механические колебания проводящего шарика между пластинами плоского воздушного конденсатора. Шарик для игры в настольный теннис, к которому закрепили капроновую нить, завернули в фольгу и подвесили между обкладками сборного демонстрационного воздушного конденсатора. Вращением рукоятки машины подаём на пластины разноименные электрические заряды.

После этого шарик стремительно отскакивает от этой пластины и устремляется ко второй пластине. Ударившись об нее, шарик возвращается к первой пластине, затем - ко второй и далее мечется между ними. Удары шарика о пластины сопровождаются громким звоном. За частотой колебания мы наблюдали, используя программу Audacity: при каждом ударе шарика на звуковой дорожке появлялись всплески, по количеству которых можно было судить о частоте ударов.

В результате опыта меняли площадь перекрытия пластин, расстояние между пластинами и прошли к выводу, что геометрические размеры конденсатора - факторы, влияющие на накопление энергии воздушного конденсатора.

Было отмечено, что при увеличении расстояния между пластинами, частота колебаний шарика уменьшалась, при уменьшении площади перекрытия пластин, частота уменьшалась, что указывает на изменение



Рисунок 2

запаса электрической энергии.

Исследование процесса зарядки и разрядки конденсатора

Для исследования процессов зарядки разрядки конденсатора использовали лабораторию «Точка роста». Выбрали работу «Зарядка и разрядка конденсатора». В качестве плоского конденсатора использовали два листа алюминиевой фольги, которые выполняли функцию обкладок. Роль изолятора выполняла одна из стенок файла для хранения бумаг (лист тонкого пластика). Собрали цепь по инструкции (Приложение 1). Подключили USB-кабель осциллографического датчика к компьютеру и запустили программу «НауЛаб». После открытия окна программы и опознания программой осциллографического датчика выбрали сценарий работы «Протекание тока в цепи с конденсатором». Запустили измерения и замкнули ключ. Канал №1 должен показывать напряжение на конденсаторе. Канал №2 - напряжение на резисторе.

В данном случае с помощью нашего датчика не удалось обнаружить график разрядки. Это может происходить, потому что ток, необходимый для зарядки невысокой ёмкости, незначителен, а сама зарядка происходит так быстро, что датчик не успевает отреагировать на изменения показаний. В таких случаях для достоверной оценки работоспособности конденсатора необходимо знать его ёмкость.

Оценка ёмкости конденсатора, используемого для исследования разряда конденсатора:

$$\text{Площадь пластин: } 21,0 \times 29,7 \text{ см}^2 = 62370 \text{ мм}^2$$

$$\text{Толщина файла: } 50 \text{ мкм}$$

$$\text{Диэлектрическая проницаемость пластика: } 2, 2$$

Используя формулу для расчёта ёмкости $C = (\epsilon\epsilon_0 S) / d$, производим вычисления:

$$C = (8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2,2 \cdot 62370 \cdot 10^{-6}) / 50 \cdot 10^{-6} = 24286,878 \cdot 10^{-12} \approx 24 \text{ нФ} = 0,024 \text{ мкФ}$$

Чтобы оценить время разрядки конденсатора, мы использовали интерактивную программу калькулятор времени и разряда RC-цепи. Внеся в активные строки параметры нашей цепи, было рассчитано время разрядки: 24мкс (мы, говорим о примерном времени), что составляет миллионные доли секунды (Приложение 2). Заменили конденсатор из фольги на фабричный конденсатор, ёмкость которого указана производителем - 10мкФ, в результате время разрядки увеличилось примерно в тысячу раз! Следует отметить, что ёмкость старого конденсатора может увеличиться, возможно, из-за высыхания бумаги, деградации диэлектрика и уменьшения расстояния между пластинами. Это изменение для нашего опыта не важно, главное, что во много раз выше, чем у конденсатора из оборудования цифровой лаборатории. Итак, можно предположить, что в первом опыте не хватило чувствительности

канала осциллографа.

Продолжаем исследовать процесс зарядки и разрядки конденсатора, заменив в базовом оборудовании «НауЛаб» конденсатор из фольги на фабричный конденсатор. Запустили повторно регистрацию, разомкнули ключ, на экране получилась осциллограмма, которую мы поместили в Отчёт. Графики разрядки конденсатора и резистора в электрической цепи отличаются характером изменения напряжения и тока в процессе разряда. Это связано с особенностями процессов в цепях с последовательным соединением резистора и конденсатора (RC-цепях). По графику видно, что напряжение на конденсаторе меняется плавно. Резистор не участвует в процессе разрядки (приложение 3).

Роль конденсатора в цепи переменного тока. Резонанс.

Соберём колебательный контур. Для этого воспользуемся панелью с конденсатором, катушкой индуктивности и электрической лампочкой, которая играет роль индикатора: по яркости свечения можно судить о величине тока. Все элементы цепи соединим проводами с наконечниками. Данный контур обладает своей собственной частотой, которую можно определить по формуле: $v=1/(2\pi L^{1/2}C^{1/2})$

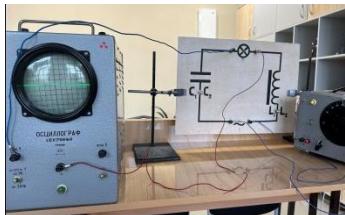


Рисунок 3

Для наблюдения процесса резонанса подключили к лампочке осциллограф демонстрационный, а к колебательному контуру - генератор звуковой частоты. Опыт проводим в следующей последовательности. Включаем генератор, лампа светит тускло или не светит. Изменяя частоту, видим, что при определённом значении (приблизительно 5500 Гц) появляется резонанс: слышен звук высокого тона, лампочка светится, осциллограф показывает увеличение напряжения на лампочке. Уменьшаем ёмкость конденсатора, подключив конденсатор другой ёмкости, резонанс нарушается. Для восстановления его необходимо изменить частоту при помощи звукового генератора. Применение резонанса связано с работой резонансных контуров, которые могут быть в радиотехнике, силовой электронике.

Рассмотреть, как меняются параметры цепи при изменении ёмкости конденсатора, пронаблюдать процесс, то есть изучить азы электроники, можно при помощи симулятора. Мы использовали «Circuit Simulator», который покажет, как работает ваша схема (Приложение 4). Моделируя электрические схемы устройств, визуализируя результаты в виде осциллограмм, графиков характеристик цепей, снимая показания виртуальных приборов, можно понять, как функционируют реальные приборы. Собирая цепи, обнаружили, как ёмкость конденсатора влияет на резонансную частоту, пронаблюдали за

потерями энергии и прекращении колебаний. На данном этапе получения знаний использовался метод – наблюдение.

Заключение

Проделав данную работу, мы изучили основные свойства простейшего конденсатора. Основная характеристика конденсатора - это его электроёмкость, она влияет на запас энергии, накопленной конденсатором, на время зарядки и разрядки конденсатора. Меняя ёмкость конденсатора, можно изменить резонансную частоту в простейшем колебательном контуре. Исследования свойств можно проводить на оборудовании 70-ых годов при помощи симуляторов и оборудования цифровой лаборатории центра «Точка роста».

Выполняя практическую работу «Зарядка и разрядка конденсатора» на цифровом оборудовании лаборатории «НауЛаб», пришли к выводу о замене конденсатора из фольги на фабричный, то есть при выполнении некоторых лабораторных работ на школьном цифровом оборудовании лучший эффект достигается на комбинированном оборудовании.

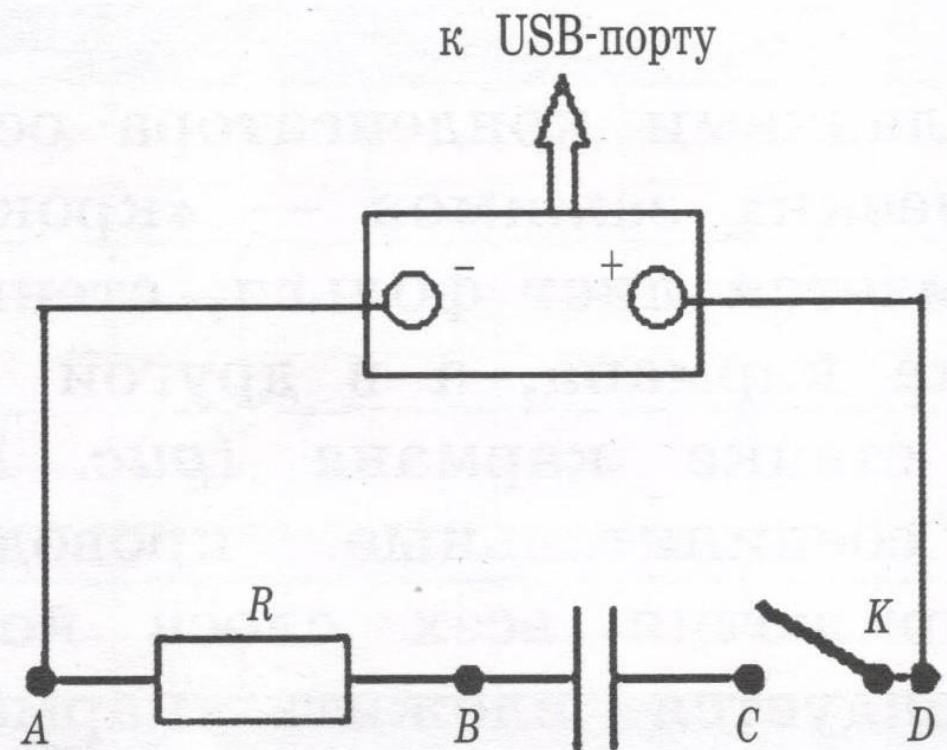
Есть оборудование времён СССР хорошего качества, простое и надёжное, что не может не вызывать чувство гордости. Эксперименты на моделях дополняют и расширяют реальные физические эксперименты.

Проделав данную работу, мы согласны, что необходимо улучшать эффективность и производительность воздушных конденсаторов.

Список используемых источников и литературы:

1. Буров В.А., Зворыкин Б.С., Кузьмин А.П. и др.: под ред. А.А.Покровского.-3-е из., перераб.-М.: Просвещение, 1979- (библиотека учителя физики).-Ч.2. Колебания и волны. Оптика. Физика атома.
2. Иваненко В.П., Ершов К.К., Кундюков О.А. Электротехника и электроника. Выполнение лабораторных работ.- Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2022.
3. Поваляев О.А., Ханнов Н.К., Хоменко С.В. Цифровая лаборатория по физике. Методические рекомендации.-Москва: Де, Либри, 2022.
4. [Электронный ресурс]. <https://radioskot.ru/calc/kalkulyator-vremeni-i-zaryada-rc-czepi>
5. [Электронный ресурс]. <https://radioskot.ru/calc/kalkulyator-vremeni-i-zaryada-rc-czepi>
Радиосхемы Калькулятор времени и заряда RC- цепи
6. [Электронный ресурс]. <https://hvac-service.kz/vozdyshnie-kondensatory/>
7. [Электронный ресурс]. <https://hvac-service.kz/vozdyshnie-kondensatory/>Воздушные конденсаторы

Схема электрической цепи



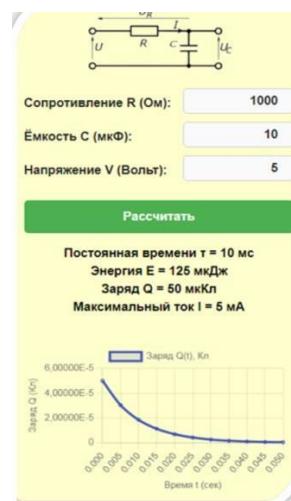
130 / ЦИФРОВАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ТР

Приложение 4

Конденсатор из фольги (лаборатория
НауЛаб)



Конденсатор фабричный



Приложение 3



