

**Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение
«Средняя общеобразовательная школа №2 п.Энергетик»
Новоорского района Оренбургской области**

**Исследовательский проект по физике
«Определение электрического заряда скотча»**

Представлен на региональной научно-практической
конференции учащихся «Ученые разум просвещает»

Выполнил: ученик 8 класса
МАОУ СОШ №2 п.Энергетик
Кононенко Валерий

Научный руководитель: к.п.н.,
учитель физики **В.М.Долгова**

**п.Энергетик,
2015**

Содержание

Введение.....	3
Глава I. Теоретические основы электризации	4
1.1. Ретроспективный анализ открытий электрических явлений.....	4
1.2. Электризация тел и электрический заряд: основные понятия.....	8
 Глава II. Опытно-экспериментальная работа по электризации тел.....	11
2.1. Изучение явления электризации в ходе опытов.....	11
2.2. Определение электрического заряда и поверхностной плотности липкой ленты (скотча).....	14
Заключение	16
Список использованных источников	17
Приложения.....	18
Приложение 1. Из истории открытий электромагнитных явлений	18
Приложение 2. Характеристика клейкой ленты (скотча)	19
Приложение 3. Как избавиться от статического электричества в квартире.....	21

Введение

Актуальность проекта.

Примеры электрических взаимодействий весьма разнообразны. Из школьного курса физики нам хорошо известны учебные опыты по электростатике с эбонитовой палочкой, натираемой мехом или стеклянной палочкой, потёртой о шёлк.

Электризация тел может осуществляться не только при трении и соприкосновении, но и другими способами: электронным ударом, под действием световой энергии.

Однако, каждому известна проблема, возникающая при использовании клейкой ленты - трудно бывает найти начало ленты (место предыдущего обрыва), т.к. она очень тонкая и плотно прилегает к рулону. После того, как это удаётся сделать, и первый отрезок ленты использован, мы сталкиваемся опять с той же проблемой – отстоящий от рулона конец ленты, как только мы отпускаем его, движется к рулону и приклеивается к нему. Происходит это из-за того, что клейкая лента и рулон при отрывании друг от друга электризуются, заряжаясь разноимёнными зарядами.

Каков по величине электрический заряд небольшой полосы скотча? И можно ли «отрезать» один нанокulon? На этот вопрос мы решили ответить в нашем исследовании.

В теоретическом плане наш проект опирается на труды учёных, таких как А.Д.Андреев, Е.Н., Изергина, И.Е.Иродов, Г.С.Ландсберг, В.В. Майер, И.В. Савельев, В.П.Сафронов и др.

Таким образом, **целью** нашего проекта является изучение явления электризации, определение заряда липкой ленты (скотча) и поверхностной плотности.

Объект проекта: явление электризации.

Предмет: процесс электризации скотча при трении.

Задачи проекта:

1. Проанализировать научную литературу по проблеме проекта.
2. Рассмотреть различные способы электризации тел.
3. Провести опытно-экспериментальную работу по электризации.
4. Определить заряд и поверхностную плотность полоски скотча.

Гипотеза проекта опирается на предположение о том, что мы сможем «отрезать» один нанокulon клейкой ленты, если:

- исследуем причины электризации липкой ленты;
- произведём расчёт электрического заряда отрезка скотча;
- рассчитаем плотность зарядов, появляющихся на поверхности ленты при разматывании рулона.

Практическая значимость. Проект можно с успехом использовать на уроках физики для демонстрации электростатических явлений.

При выполнении проекта, мы использовали следующие основные **методы исследования:**

- теоретический анализ научно-технической литературы;
- физическое моделирование;
- эксперимент.

Глава I. Теоретические основы электризации.

1.1. Ретроспективный анализ открытий электрических явлений

Проведённый ретроспективный анализ книг и статей [3, 5, 7, 12, 14, 16], позволил нам познакомиться с историей науки об электричестве.

Впервые электрические явления были замечены в древнем Китае, Индии, а позднее в древней Греции. Сохранившиеся предания гласят, что древнегреческому философу Фалесу Милетскому (640-550 гг. до н. э.) было уже известно свойство янтаря, натертого мехом или шерстью, притягивать обрывки бумаги, пушинки и другие легкие тела. От греческого названия янтаря - "электрон" - явление это позднее получило наименование электризации.

На протяжении многих столетий, электрические явления считались проявлениями божественной силы, пока в XVII в. ученые не подошли вплотную к изучению электричества.

Через две тысячи лет английский физик У. Гильберт (1544-1603) обнаружил, что аналогичной способностью обладает не только натертый янтарь, но и алмаз, сапфир, стекло и некоторые другие материалы. Он заметил также, что некоторые тела, например металлы, камни, кость, не электризуются, и разделил все тела, встречающиеся в природе на электризуемые и неэлектризуемые. Обратив особое внимание на первые, он производил опыты по изучению их свойств. Все эти вещества он назвал электрическими, т. е. подобными янтарю (поскольку греческое слово «электрон» означает «янтарь»).

Затем проблемами электричества занимались Кулон, Гильберт, Отто фон Герике, Мушенбрек, Франклин, Эрстед, Араго, Ломоносов, Гальвани, Алессандро Вольты и др.

Особо следует сказать о деятельности замечательного ученого Андре Мари Ампера, положившего начало изучению динамических действий электрического тока и установившему целый ряд законов электродинамики.

Открытия Эрстеда, Араго, Ампера заинтересовали гениального английского физика Майкла Фарадея и побудили его заняться всем кругом вопросов о превращении электрической и магнитной энергии в механическую. Другой английский физик Джеймс Максвелл 1873 году издал капитальный двухтомный труд «Трактат об электричестве и магнетизме», который объединил понятия электричество, магнетизм и электромагнитное поле. С этого момента началась эра активного использования электрической энергии в повседневной жизни.

В 1650 году известный немецкий ученый, бургомистр города Магдебурга, изобретатель воздушного насоса Отто фон Герике построил специальную "электрическую машину", представлявшую шар из серы величиной с детскую голову, насаженный на ось.



Рисунок 1. Электрическая машина фон Герике, усовершенствованная Ван де Графом

Если при вращении шара его натирали ладонями рук, он вскоре приобретал свойство притягивать и отталкивать легкие тела. На протяжении нескольких столетий

машину Герике значительно усовершенствовали англичанин Хоксби, немецкие ученые Бозе, Винклер и другие. Опыты с этими машинами привели к ряду важных открытий:

- в 1707 году французский физик дю Фей обнаружил различие между электричеством, получаемым от трения стеклянного шара и получаемым от трения крута из древесной смолы;
- в 1729 году англичане Грей и Уилер обнаружили способность некоторых тел проводить электричество и впервые указали на то, что все тела можно разделить на проводники и непроводники электричества.

Но значительно более важное открытие было описано в 1729 году Мушенбреком - профессором математики и философии в городе Лейдене. Он обнаружил, что стеклянная банка, оклеенная с обеих сторон оловянной фольгой (листочками станиоля), способна накапливать электричество. Заряженное до определенного потенциала (понятие о котором появилось значительно позднее), это устройство могло быть разряжено со значительным эффектом - большой искрой, производившей сильный треск, подобный разряду молнии, и оказывавшей физиологические действия при прикосновении рук к обкладкам банки. От названия города, где производились опыты, прибор, созданный Мушенбреком, был назван лейденской банкой.



Рисунок 2. Лейденская банка. Параллельное соединение четырёх банок

Исследования ее свойств различными учёными вызвали появление множества теорий, пытавшихся объяснить обнаруженное явление конденсации заряда. Одна из теорий этого явления была дана Б. Франклином, который указал на существование положительного и отрицательного электричества. С точки зрения этой теории Франклин объяснил процесс заряда и разряда лейденской банки и доказал, что ее обкладки можно произвольно электризовать разными по знаку электрическими зарядами.

Франклин, как и русские ученые М. В. Ломоносов и Г. Рихман, уделил немало внимания изучению атмосферного электричества, грозового разряда (молнии). В 1752 году Б. Франклином изобретен молниеотвод. Молниеотвод- устройство, устанавливаемое на зданиях и сооружениях и служащее для защиты от удара молнии.

В 1785 году Ш. Кулоном открыт основной закон электростатики. На основании многочисленных опытов Кулон установил следующий закон:

Сила взаимодействия неподвижных зарядов, находящихся в вакууме, прямо пропорциональна произведению модулей зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними[1]:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Одним из фундаментальных законов природы является экспериментально установленный закон сохранения электрического заряда.

В изолированной системе алгебраическая сумма зарядов всех тел остается постоянной: $q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const}$.

Закон сохранения электрического заряда утверждает, что в замкнутой системе тел не могут наблюдаться процессы рождения или исчезновения зарядов только одного знака.

В 1799 год Создан первый источник электрического тока -гальванический элемент и батарея элементов. Гальванический элемент (химический источник тока) – устройство, которое позволяет превращать энергию химической реакции в электрическую работу. По

принципу работы различают первичные (разовые), вторичные (аккумуляторы) и топливные элементы. Гальванический элемент состоит из ионопроводящего электролита и двух разнородных электродов (полуэлементов), процессы окисления и восстановления в гальваническом элементе пространственно разделены. Положительный полюс гальванического элемента называется *катодом*, отрицательный - *анодом*. Электроны выходят из элемента через анод и движутся во внешней цепи к катоду.

Работы русских академиков Эпинуса, Крафта и других выявили целый ряд весьма важных свойств электрического заряда, но все они изучали электричество в состоянии неподвижном или мгновенный разряд его, то есть свойства статического электричества. Движение его проявлялось лишь в форме разряда. Об электрическом токе, то есть о непрерывном движении электричества, еще ничего не было известно.

Одним из первых глубоко исследовал свойства электрического тока в 1801-1802 годах петербургский академик В. В. Петров. Работы этого выдающегося ученого, построившего самую крупную в мире в те годы батарею из 4200 медных и цинковых кружков, установили возможность практического использования электрического тока для нагрева проводников. Кроме того, Петров наблюдал явление электрического разряда между концами слегка разведенных углей, как в воздухе, так и в других газах и вакууме, получившее название электрической дуги. В. В. Петров не только описал открытое им явление, но и указал на возможность его использования для освещения или плавки металлов и тем самым впервые высказал мысль о практическом применении электрического тока. С этого момента и должно начинать историю электротехники как самостоятельной отрасли техники[3].

Опыты с электрическим током привлекали внимание многих ученых разных стран. В 1802 году итальянский ученый Романьози обнаружил отклонение магнитной стрелки под влиянием электрического тока, протекавшего по расположенному вблизи проводнику. В конце 1819 года это явление было вновь наблюдаемо датским физиком Эрстедом, который в марте 1820 года опубликовал на латинском языке брошюру под заглавием "Опыты, касающиеся действия электрического конфликта на магнитную стрелку". В этом сочинении "электрическим конфликтом" был назван электрический ток[5].

Едва лишь Араго продемонстрировал на заседании Парижской Академии наук опыт Эрстеда, как Ампер, повторив его, 18 сентября 1820 года, ровно через неделю, представил в академию сообщение о своих исследованиях. На следующем заседании, 25 сентября, Ампер закончил чтение доклада, в котором он изложил законы взаимодействия двух токов, протекающих по параллельно расположенным проводникам. С этого момента академия еженедельно слушала новые сообщения Ампера о его опытах, завершивших открытие и формулирование основных законов электродинамики.

Одной из важнейших заслуг Ампера было то, что он впервые объединил два разобщенных ранее явления - электричество и магнетизм - одной теорией электромагнетизма и предложил рассматривать их как результат единого процесса природы. Эта теория, встреченная современниками Ампера с большим недоверием, была весьма прогрессивной и сыграла огромную роль в правильном понимании открытых позднее явлений.

В 1827 году немецкий ученый Георг Ом открыл один из фундаментальных законов электричества, устанавливающий основные зависимости между силой тока, напряжением и сопротивлением цепи, по которой протекает электрический ток[6].

$$R = \frac{U}{I}$$

В 1847 году Кирхгоф сформулировал законы разветвления токов в сложных цепях [5], [6]:

- **Первый закон Кирхгофа.** Применяется к узлам и формулируется следующим образом: алгебраическая сумма токов в узле равна нулю. Знаки определяются в зависимости от того, направлен ток к узлу или от него (в любом случае произвольно). $\sum I = 0$

- **Второй закон Кирхгофа.** Применяется к контурам: в любом контуре сумма напряжений на всех элементах и участках цепи, входящих в этот контур, равна нулю. Направление обхода каждого контура можно выбирать произвольно. Знаки определяются в зависимости от совпадения напряжений с направлением обхода. $\sum U = 0$

Вторая формулировка: в любом замкнутом контуре алгебраическая сумма напряжений на всех участках с сопротивлениями, входящих в этот контур, равно алгебраической сумме ЭДС. $\sum R \cdot I = \sum E$

Итак, ретроспективный анализ позволил нам проследить историю исследований электромагнитных явлений (Приложение 1.).

Мы видим, что во время исследований накопился огромный опыт учёных. Значение исследований в области электрических и магнитных явлений неопределимы. Они дали возможность развития техники, перевели её на другой качественный уровень. А некоторые изобретения, основанные на электрических и магнитных явлениях, в корне изменили жизнь человечества. К ним, например, относятся телеграф и лампа накаливания.

Активные исследования и изучение электрических и магнитных явлений начались около 400 лет назад. За это время очень многое изменилось в жизни людей. Достаточно большая часть изменений связана с активным использованием приборов, созданных на основе этих исследований. А за их созданием стоят сотни учёных, тысячи опытов и десятки фундаментальных открытий.

1.2. Электризация тел и электрический заряд

Слова «электричество» и «электрический ток» знакомы сейчас каждому человеку. Электрический ток используется на транспорте, в наших домах, на заводах, фабриках, в сельском хозяйстве и т.д. Но чтобы понять, что он собой представляет, мы ознакомились с большим кругом явлений, называемых *электрическими* [20].

В предыдущей главе мы установили, что некоторые из этих явлений были открыты еще в глубокой древности. Про тело, которое после натирания приобретало свойство притягивать к себе другие тела, стали говорить, что оно наэлектризовано, или что ему сообщен электрический заряд. А процесс сообщения телу электрического заряда стали называть *электризацией* [21].

Основные понятия об электрических явлениях сформулированы в трудах многих учёных [1, 11, 15, 18, 20, 21].

Физическую величину, называемую электрическим зарядом, обозначают буквой q - *электрический заряд*. Единица электрического заряда в СИ называется кулоном (1 Кл) в честь французского физика Ш. Кулона (1736-1806).

Тело, у которого q не равен 0, называют заряженным, а тело, у которого $q=0$, - нейтральным (незаряженным).

В чём физическая сущность явления электризации тел? Почему при трении двух разных тел друг о друга происходит электризация? Ответы на эти вопросы можно получить только в рамках теоретической модели, описанной В.В. Майером [18]. Он отмечает, что в основе её лежит установленный экспериментально факт: вещество состоит из нейтральных атомов, сами атомы состоят из заряженных частиц, все существующие электрические заряды кратны наименьшему, или элементарному заряду. Положительный элементарный заряд несёт элементарная частица протон – ядро атома водорода. Равным ему по модулю отрицательным зарядом обладает другая элементарная частица – электрон.

В состав атома входят элементарные частицы: нейтральные нейтроны, положительно заряженные протоны и отрицательно заряженные электроны. Заряды электронов и протонов по модулю равны, но противоположны по знаку. В целом атом пуст, т.к. радиус ядра примерно в 10 000 раз меньше радиуса атома. Но в объёме движутся отрицательно заряженные электроны. Их ровно столько, сколько протонов в ядре, поэтому суммарный отрицательный заряд электронов компенсирует положительный заряд ядра, и атом в целом нейтрален.

При отрыве электронов от атома, каким-либо способом, происходит электризация. Существуют различные способы электризации тел: *трением, электронным ударом, влиянием, соприкосновением, давлением, под действием световой энергии*.

Обратимся к описанию опытов по электризации [18]. Если взять стеклянную палочку и поднести ее к маленьким кусочкам бумаги, то можно увидеть, что ничего не произойдет. Это говорит о том, что в обычном состоянии стекло (как и большинство других тел) электрически нейтрально. Если потереть палочку о лист бумаги и снова поднести ее к кусочкам бумаги, то можно заметить, как они тут же к ней притянутся. Это означает, что в результате трения о бумагу палочка наэлектризовалась: ее электрический заряд стал отличным от нуля (q не равен 0).

Аналогичное явление можно наблюдать и при расчесывании сухих волос. Притяжение волос к расческе также представляет собой результат электризации.

Приблизив наэлектризованную палочку к тонкой струйке воды, можно убедиться в том, что притягиваться способны не только твердые тела, но и жидкие.

Поднеся к руке наэлектризованный предмет или поместив руку вблизи экрана работающего телевизора, на поверхности которого тоже имеются электрические заряды, можно услышать легкое потрескивание, а в темноте иногда удастся увидеть даже маленькие искорки. Это тоже проявление электричества.

Электрические заряды, возникающие при электризации трением, иногда называют *статическим электричеством* [20]. Чаще всего оно является безобидным (например, когда мы снимаем через голову одежду из синтетического материала, шаркаем ногами по

ковру). Но иногда оно бывает и опасным. Например, электризацию жидкости при трении о металл, по поверхности которого она течет, следует учитывать при переливании бензина из цистерны. Если не предпринимать специальных мер предосторожности, направленных на снятие электрического заряда, то это может привести к воспламенению бензина и взрыву.

Следует помнить, что в результате электризации трением электрический заряд приобретают оба тела. Например, при соприкосновении стеклянной палочки и резины электризуется и стекло, и резина. Резина, как и стеклянная палочка, начинает притягивать к себе легкие тела.

Стеклянная палочка, потертая о шелк, притягивает к себе легкие предметы (например, кусочки бумаги). Те же кусочки будут притягиваться и к эбонитовой палочке, потертой о мех. Означает ли это, что заряды, приобретенные этими телами, ничем не отличаются друг от друга?

Снова обратимся к описанию опытов [11, 15, 18, 20, 21]. Наэлектризованная трением о мех эбонитовая палочка, подвешенная на нити. Если приблизить к ней другую такую же палочку, наэлектризованную трением о тот же кусочек меха, то мы увидим, что палочки оттолкнутся. Так как палочки одинаковые и наэлектризовали их трением об одно и то же тело, можно утверждать, что на них были заряды одного рода. Таким образом, тела, имеющие заряды одного рода, отталкиваются друг от друга.

В случае, когда к наэлектризованной эбонитовой палочке, подвешенной на нити, поднесли стеклянную палочку, потертую о шелк, можно заметить, что они притянутся. Это означает, что заряд, образовавшийся на стекле, потертом о шелк, другого рода, чем на эбоните, потертом о мех. Этот опыт говорит о том, что тела, имеющие заряды разного рода, притягиваются друг к другу.

Приближая к подвешенной наэлектризованной эбонитовой палочке заряженные тела из различных веществ: резины, плексигласа, пластмассы, капрона -можно увидеть, что в одних случаях палочка от них отталкивается, а в других притягивается.

Все эти опыты показывают, что в природе существуют два рода электрических зарядов. Заряд того рода, который возникает на стекле, потертом о шелк, назвали положительным (+), а заряд того рода, который возникает на янтаре, потертом о шерсть, назвали отрицательным (-).

Описанные выше опыты показывают, что характер взаимодействия заряженных тел подчиняется простому правилу: тела, имеющие электрические заряды одинакового знака, взаимно отталкиваются, а тела, имеющие заряды противоположного знака, взаимно притягиваются. Более кратко это правило формулируют так: одноименные заряды отталкиваются друг от друга, а разноименные притягиваются [15].

Статическое электричество может иметь **негативное влияние**:

- притяжение волос к расческе; отталкивание волос друг от друга, подобно заряженному султанчику;
- прилипание к одежде различных мелких предметов;
- на ткацких фабриках прилипание нитей к бобинам, что ведет к частым обрывам.

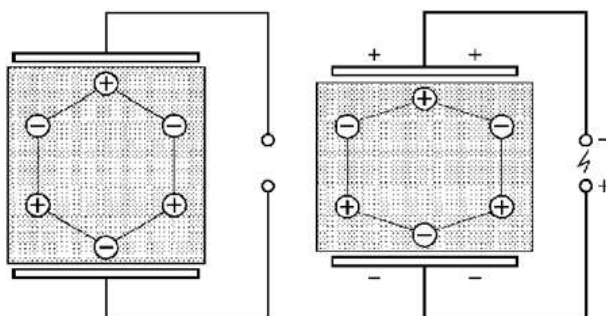
Накопленные заряды могут вызвать электрические разряды, которые могут иметь различные последствия: молния (приводит к пожарам); разряд в бензовозе приведет к взрыву; при заправке горючей смесью любой разряд может привести к взрыву.

Чтобы снять статическое электричество, заземляют все устройства и оборудование и даже бензовоз. Используют специальное вещество антистатик.

Статическое электричество может принести пользу:

- при окраске мелких деталей краскораспылителем, краску и тело заряжают противоположными зарядами, что приводит к большой экономии краски;
- в лечебных целях используют статический душ;
- для очистки воздуха от пыли, сажи, кислотных и щелочных паров используются электростатические фильтры;
- для копчения рыбы в специальных электромерах (рыба заряжается положительно, а электроды отрицательно, копчение в электрическом поле происходит в десятки раз быстрее).

Кроме рассмотренных способов электризации существует ещё один доступный способ получения электричества – электризация давлением, или пьезоэлектрический эффект (от гр. – давлю). Суть этого явления заключается в том, что при деформации некоторых кристаллов на их противоположных гранях появляются электрические заряды противоположных знаков. Если деформация прекращается, заряды на гранях исчезают.



На рисунке схематически изображена ячейка кристалла кварца SiO_2 : положительно заряженные ионы кремния вместе с отрицательно заряженными ионами кислорода образуют симметричный шестигранник.

В силу симметрии расположения одинаковых по модулю зарядов ячейка в целом электрически нейтральна. Кристалл находится между параллельными проводящими пластинами (электродами) – проводниками, соединёнными с проводящими шариками (полюсами источника). В настоящее время вместо кварца используют более доступные и эффективные пьезоэлектрические материалы. В частности, в пьезоэлектрических зажигалках применяется пьезокерамика, полученная спеканием мелких пьезокристаллов, выращенных искусственно.

Итак, чтобы построить и обосновать модель возникновения электризации, многим поколениям учёных потребовалось почти триста лет напряжённой работы.

Сегодня мы делаем вывод о том, что единство теории и эксперимента – вот залог успеха в овладении физическим знанием и в усвоении метода, которым оно было получено.

Глава II. Опытно-экспериментальная работа по электризации тел.

2.1. Изучение явления электризации в ходе опытов

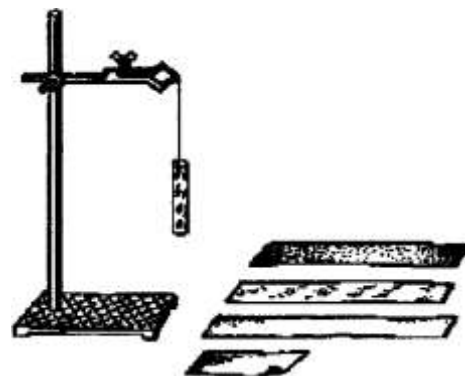
Решая одну из практических задач проекта, мы выбрали и провели ряд экспериментов с целью изучения явления электризации. Многие опыты были описаны В.В. Майером в лекции «Явление электризации тел» [19].

Опыт №1. Исследование электризации различных тел.

Используя в качестве индикатора гильзу из фольги, заряженную положительно, определяем знак электрических зарядов следующих тел: линейки из оргстекла, полосок полиэтилена, бумаги, капрона, резины.

Для успеха опытов по этой и другим работам необходимо соблюдать следующие условия:

1. Перед проведением опытов необходимо хорошо проветрить класс.
2. Исследуемые тела должны быть чистыми и не содержать случайно образовавшиеся заряды. Для снятия зарядов достаточно каждое тело быстро пронести над пламенем спиртовки или спички.
3. Заряженные тела подносят к индикатору не слишком близко, иначе он может перезарядиться другим по знаку зарядом.



Вывод: Полученные результаты занесли в таблицу, из которой видно, каким зарядом по знаку заряжаются тела при трении.

Электризуемые тела	Об оргстекло	О резину	О полиэтилен	О бумагу	О капрон
Оргстекло		+	+	-	-
Резина	-		-	-	-
Полиэтилен	-	+		-	-
Бумага	+	+	+		-
Капрон	+	+	+	+	

Таблица 1. Исследование электризации различных тел

Опыт №2. Наэлектризуем эбонитовую палочку, например, трением о шерсть, и поднесём её к уравновешенному на острой опоре деревянному стержню – стержень повернётся и притянется к палочке. После соприкосновения с наэлектризованной палочкой стержень оттолкнётся от неё.



Вывод:
свуют с наэлек-
сами электризуют-

Опыт №3.
щей из крана струе
эбонитовую палочку и обнаружим, что струя и капли воды притягиваются к палочке и отталкиваются друг от друга.

Любые тела взаимодей-
тризованными телами и
ся.

Поднесём к вытекаю-
наэлектризованную



Вывод:
что не только
жидкости также



Убеждаемся в том,
твёрдые тела, но и
электризуются.

Опыт

ванная пьезоэлектрическая зажигалка может быть использована в качестве источника электричества в демонстрационных опытах.

В пьезоэлектрических зажигалках применяется пьезокерамика, полученная спеканием мелких пьезокристаллов, выращенных искусственно.

№4. Модернизи-



Вывод: В
блюдали пьезо-
фekt - электриза-

ходе опыта мы на-
электрический эф-
фицию давлением.

Опыт №4. На сухой пластиковый стакан положили металлический диск. Шерстяной рукавицей наэлектризовали целлофановую плёнку. Наложили плёнку на диск и поднесли к его краю согнутый палец – проскочила искра. Сняли плёнку с диска и вновь поднесли к нему палец – снова проскочит искра. Наэлектризовав плёнку один раз, опыт можно повторять многократно.

Вывод: Результат эксперимента объясняется тем, что при наложении на металлическую пластину наэлектризованной полимерной плёнки в пластине происходит перераспределение зарядов. На ближайшей к плёнке поверхности пластины появляется заряд противоположного знака, а на удалённой от плёнки поверхности пластины появляется заряд того же знака, которым наэлектризована плёнка. Прикоснувшись к пластине пальцем, отводим этот заряд того же знака, что и заряд плёнки, на землю. Сняв полимерную плёнку с металлической пластины, на пластине оставляем заряд противоположного знака, чем тот, который несёт наэлектризованная плёнка.

Если прикоснуться непосредственно к поверхности наэлектризованной плёнки, то появится слабая искра или её вообще не будет. Это объясняется тем, что плёнка из диэлектрика несёт связанные заряды, которые не могут свободно перемещаться по ней. В проводящей наэлектризованной пластине находится свободный заряд, который в принципе можно полностью передать другому телу.

2.2. Определение электрического заряда и поверхностной плотности липкой ленты (скотча).

Проведя теоретическое обоснование нашего проекта, мы переходим к экспериментальной деятельности, **целью** которой является исследование причины электризации липкой ленты и расчёт электрического заряда отрезка скотча.

Исходя из цели опытной работы, были сформулированы **задачи эксперимента**:

1. Оценить плотность зарядов, появляющихся на поверхности ленты при сматывании с рулона.
2. Убедиться в том, что отрезки лент отталкиваются именно электростатически.
3. Определить электрический заряд полосы скотч длиной 25 см.
4. Проанализировать полученные результаты.

Для достижения поставленной цели были использованы экспериментальные методы: физический эксперимент, наблюдение.

Считаем, что клейкая лента при отрывании от рулона заряжается положительно. Это можно легко проверить, приклеив отрезок клейкой ленты к штативу. Такая свободно висящая лента будет притягиваться к заряженной эбонитовой палочке.

С помощью простого опыта можно оценить плотность зарядов, появляющихся на поверхности ленты при сматывании с рулона. В моём опыте была использована клейкая лента шириной 48 мм и толщиной 38 мкм, сделанная из полиэтилена плотностью 910 кг/м^3 . Характеристика различных видов скотча представлена в приложении 2 к нашему проекту.



Проводя эксперимент, мы приклеили к штативам два отрезка клейкой ленты длиной $L = 25 \text{ см}$ и измерили, на какое расстояние разошлись два свободно свисающих конца (см. рисунок сверху). Верхние концы ленты отстояли на $d_1 = 10 \text{ см}$, а нижние – в среднем на $d_2 = 16 \text{ см}$. Убедиться в том, что отрезки лент отталкиваются именно электростатически очень легко.



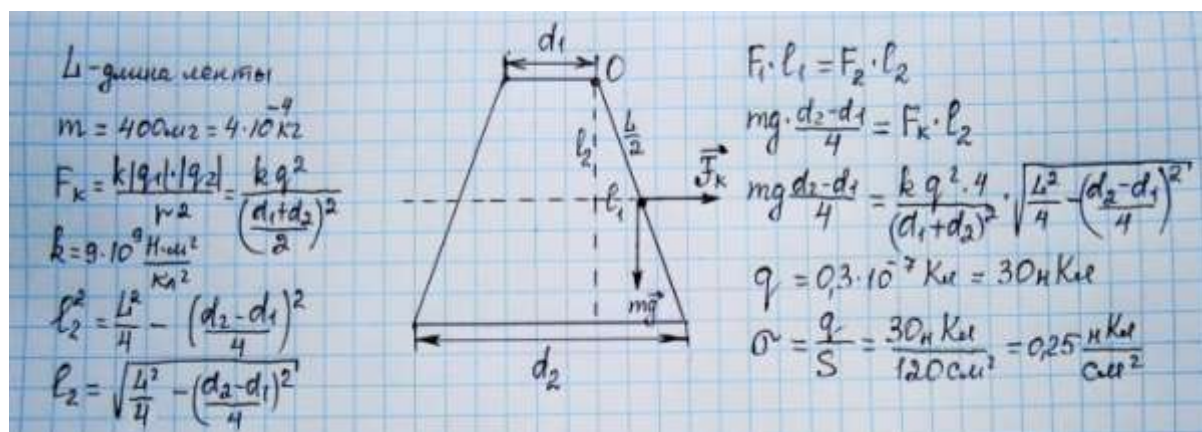
Достаточно зажженную спичку на несколько секунд поместить рядом и между свисающими отрезками лент, и ленты станут параллельными, так как поднимающиеся вверх ионы, заряженные частички пыли и копоти быстро нейтрализуют заряд отрезков лент.

Простые расчёты показывают, что отрезок такой ленты длиной в 25 см имеет массу $m = 0,4 \text{ г}$. Очевидно, что при равновесии момент силы тяжести, действующей на

правый отрезок ленты, относительно точки O должен компенсироваться моментом кулоновских сил относительно т. O , действующих со стороны левого отрезка. Чтобы упростить решение, будем считать, что результирующая F_k кулоновских сил приложена там же, где и сила тяжести – в точке пересечения диагоналей отрезка клейкой ленты. Тогда вышеупомянутое условие равенство моментов можно записать следующим образом:

Полученное уравнение позволяет оценить заряд q , имеющийся на каждом из отрезков клейкой ленты, который оказывается равным около 30 нКл. Так как площадь ленты составляет $4,8 \times 25 = 120 \text{ см}^2$, то плотность зарядов на ленте $0,25 \text{ нКл/см}^2$. Таким образом, чтобы «отрезать» 1 нКл, надо взять примерно 4 см^2 только-что оторванной клейкой ленты, т.е. отрезать полосу шириной $\ell = 0,83 \text{ см}$.

Результаты измерений и вычислений занесём в таблицу 1.



L, см	d ₁ , см	d ₂ , см	m, г	S, см ²	q, нКл	σ, нКл/см ²	ℓ, см
25	10	16	0,4	120	30	0,25	0,83

Таблица 1. Оценка заряда скотча и поверхностной плотности заряда.

Таким образом, в ходе экспериментальной работы мы установили, что липкая лента при разматывании заряжается положительным по знаку зарядом. Определили заряд полосы скотча длиной 25 см, используя правило моментов сил и закон Кулона. Рассчитали поверхностную плотность зарядов и смогли «отрезать» 1 нКл.

Заключение

В ходе работы над проектом, мы проанализировать научно-техническую литературу по исследованию различными учёными электрических явлений, провели ретроспективный анализ развития теории электризации, обобщили основные понятия. Самостоятельно изучили закон Кулона и закон сохранения электрического заряда.

В первой главе особое внимание было уделено рассмотрению причин, а также различных способов электризации тел: трением, электронным ударом, влиянием, соприкосновением, давлением, под действием световой энергии.

Мы убедились, что в научном мире накоплен огромный опыт по данной проблеме. Значение исследований в области электрических явлений неопределимы. Они дали возможность развития техники, перевели её на другой качественный уровень.

Экспериментальная проверка достоверности теоретических сведений была проведена и описана во второй главе. Мы проделали ряд опытов по исследованию электризации, которые могут быть полезны для демонстрации на уроке или кружке по физике при изучении соответствующей темы.

Решая основную экспериментальную задачу проекта - исследование причины электризации липкой ленты и расчёт электрического заряда отрезка скотча, мы оценили плотность зарядов, появляющихся на поверхности ленты при разматывании рулона, и смогли «отрезать» один нанокулон.

Завершив работу над проектом, мы убедились, что проведенные эксперименты подтверждают справедливость теоретических сведений. Думаю, что мои исследования можно использовать при рассмотрении темы «Электризация тел» на уроках физики.

Кроме того, мы подготовили рекомендации «Как избавиться от статического электричества в квартире», которые могут быть полезны, например, моим одноклассникам, так как в квартире возникает при трении либо перемещении предметов одежды, обуви, домашней обстановки эффект статического электричества.

1. Андреев А.Д. Физика. Электростатика. – СПб.: ГУТ, 2004.- 35 с.
2. Бега Р. К., Лебедев В. В., Хлюстиков И. Н. Электростатика.- М.: МЦНМО, 2008. -320 с.
3. Дягилев Ф.М. Из истории физики и жизни её творцов.- М.: Просвещение, 1986.- 255с.
4. Жданов Л.С., Маранджян В.А. Курс физики. Часть II.– М.: Наука, 1970.- 607 с.
5. Изергина Е. Н. Вся физика 7-11 класс Краткий справочник школьника.- М.: АСТ, 2008.- 512 с.
6. Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы. Курс физики . – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 312 с.
7. Кириллова И.Г. Книга для чтения по физике.-М.: Просвещение, 1986.-207с.
8. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики.Т.2. – М.: Физматлит, 2001.-486 с.
9. Савельев И.В. Курс общей физики: в 5 кн. Кн. 2: – М.: ООО «Издательство Астрель», 2004. – 336 с.
10. Сафронов В.П., Конкин Б.Б., Ваган В.А. Физика: Краткий курс.- М.: Феникс, 2009.- 256 с.
11. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Часть 3. Электричество.- М.: Наука, 1983.- 703 с.
12. Спасский Б.И. Физика в ее развитии. Пособие для учащихся. - М.: Просвещение, 1979. - 208с.
13. Черноуцан А.И. Физика для поступающих в вузы. Краткий курс физики.- М.: Физматлит, 2009.- 224 с.
14. Яворский Б.М., Селезнёв Ю.А. Справочное руководство по физике для поступающих в вузы и для самообразования. – М.: Наука, 1989.- 596 с.

Интернет-источники

15. Алакаев Ю.Х. Секреты электризации тел. <http://festival.1september.ru/articles/507016/>
16. Ахметзянов И. История исследования электрических и магнитных явлений. http://www.oovy.ru/istoriya_issledovaniya_elektricheskikh_i_magnitnyh_yavleniy_6448/
17. Богданов К.Ю. Липкая электростатика или как отрезать один нанокulon? http://kbogdanov4.narod.ru/sticky_electricity.htm
18. Исследование явления электризации. <http://yandex.ru/clck/jsreidir?from>
19. Майер В.В. Электростатика: элементы учебной физики. <http://fiz.1september.ru/article.php?ID=200701701>
20. Причины возникновения электризации. <http://ru-safety.info/post/101713400040002/>
21. Электризация тел и электрический заряд. <http://fizika.in/elektrodinamika/elektrostatika/69-elektrizaciya-tel-i-elektricheskiy-zaryad.html>
22. Электричество. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

Из истории открытий электромагнитных явлений (XVII в. -XIX в.)

1600	У. Гилберт	Заложены основы электро- и магнитостатики
1733	Ш. Дюфе	Открытие двух видов электричества, установление притяжения разноименных зарядов и отталкивания одноименных
1745	П.Мушенбрук	Создание первого электрического конденсатора (лейденская банка)
1747	Б. Франклин	Формулирование закона сохранения электрического заряда
1747	Ж. Нолле	Изобретение электроскопа
1781	А. Вольта	Изобретение чувствительного электроскопа с соломинками
1783	А. Вольта	Создание электрического конденсатора
1785	Ш. Кулон	Установлен основной закон электрического взаимодействия (закон Кулона)
1799	А. Вольта	Сконструирован первый источник постоянного электрического тока — «вольтов столб» — прототип гальванического элемента
1820	А. Ампер	Открытие взаимодействия электрических токов и установление закона этого взаимодействия (закон Ампера)
1821	М. Фарадей	Получение вращения проводника с током в магнитном поле, т.е. прообраза электромотора
1822	А. Ампер	Создание первого соленоида
1826	Г. Ом	Экспериментально установлен основной закон электрической цепи, связывающий силу тока, сопротивление и напряжение (закон Ома)
1827	Г. Ом	Введение понятия «электродвижущей силы», падения напряжения в цепи и «проводимости»
1831	М. Фарадей	Открытие явления электромагнитной индукции
1832	Дж. Генри	Открытие явления самоиндукции
1834	М. Фарадей	Введение понятия о силовых линиях (идея поля)
1834	Б. С. Якоби	Создание одного из первых практических электромоторов
1843	М. Фарадей	Подтверждение закона сохранения электрического заряда
1845	В. Вебер	Разработка теории электромагнитных явлений
1845	Г. Кирхгоф	Открытие закономерностей в распределении электрического тока в разветвленной цепи
1860	Дж. Максвелл	Создание теории электромагнитного поля
1879	Т. Эдисон	Изобретение лампы накаливания
1888	Г. Герц	Экспериментально доказано существование электромагнитных волн, предсказанных Дж. Максвеллом
1892	Х. Лоренц	Создание основ классической электронной теории

Приложение 2.

Характеристика клейкой ленты (скотча)

(Из материалов «Википедии»)

Клейкая лента, или скотч - применяемая в быту и на производстве плёночная лента с клеевым покрытием, технологически использующая физическое явление адгезии. Выпуска-

ется, как правило, в форме рулона с внешней неклеевой поверхностью, гораздо реже - с двусторонним нанесением клея. Используется для склеивания предметов вместе, а также защитного или декоративного покрытия предметов.

Клейкость зависит от толщины клеевого слоя (10-30 мкм); клей бывает акриловый или каучуковый. Он наносится на пленку из разного материала — фольги, бумаги, полиэтиленовой плёнки, плёнки ПВХ и др., скотчем обычно называют полипропиленовую ленту.

Свойства скотча:

- низкая плотность (0,9 г/см³);
- прекрасные барьерные свойства по отношению к парам воды, а также запахам;
- физиологическая безвредность – отсутствие запаха и вкуса;
- стойкость к микроорганизмам;
- температурная устойчивость;
- прочность и жесткость;
- отличные оптические характеристики;
- регулируемая усадка;
- стабильность свойств в широком диапазоне условий окружающей среды;
- стойкость к многократным перегибам;
- возможность металлизации и печати.

Хотя «скотч» является товарным знаком компании 3М, в русском языке это слово стало именем нарицательным и обозначает клейкую ленту вообще.

Несмотря на своё распространённое русское название «скотч» (англ. шотландский, шотландец), первая клейкая лента не была изобретена в Шотландии или же шотландцем, но в Германии, аптекарем Оскаром Тропловицем в 1901 году, работающим в то время на фирме Байерсдорф. Назвал он ее *Лейкопласт* и предназначалась она для защиты повреждений кожи. Производство Лейкопласта началось в 1921 году. Изначально клей наносился только на края ленты. За это американцы прозвали первую клейкую ленту, произведённую Диком Дрю в 1925 году, «скотчем» (англ. scotch — шотландский) из-за распространённых легенд о шотландской скупости.

В настоящее время выпускаются ленты различной ширины, прозрачности и липкости на бесцветной или окрашенной основе без надписей или с надписями. Выпускается двусторонняя клейкая лента (для скрепления предметов) на тонкой или более толстой основе; при намотке двусторонней клейкой ленты внешняя липкая сторона покрывается легко отделяемой лентой-прокладкой.

Для проведения малярных работ используется специальный вид клейкой ленты — крепп (малярная лента), которая предотвращает попадание лакокрасочных материалов или штукатурки на чистовые поверхности во время проведения покрасочных работ. Её особенностью является низкий уровень адгезии, что предотвращает появление следов склеивания после удаления креппа по завершении работ.

Клейкая лента хирургическая - предназначена для временного закрепления внутренних тканей, применяется также для частичного пережимания кровеносных сосудов (вместо зажимов, которые пережимают сосуды полностью). Существуют также особо прочные модификации, заменяющие гипсовую повязку при переломах.

В последнее время ленту используют как средство для создания так называемых картин и скульптур из клейкой ленты. В таком необычном виде искусства применяются цветные полупрозрачные ленты разной ширины.

Для обмотки труб, устранения протечек, укрепления стыков и щелей в трубах, герметизации корпусов, панелей и швов, а также для защиты воздушных каналов от воды, пара и

влажности используется сантехническая, или армированная, клейкая лента. В России она имеет обозначение ТПЛ (Тканево-Полиэтиленовая Лента), в быту - демонтажная клейкая лента (демонтажный скотч).

Основные потребители скотча:

1. Пищевая промышленность.
2. Мебельное производство.
3. Производство строительных отделочных материалов .
4. Лакокрасочное производство.
5. Парфюмерно-косметическое производство .
6. Канцтовары.
7. Бытовые услуги.
8. Алкогольная промышленность.
9. Производство синтетических моющих средств.

Приложение 3.

Как избавиться от статического электричества в квартире

Эффект статического электричества в квартире возникает при трении либо перемещении предметов одежды, обуви, домашней обстановки. С точки зрения физики это перенос малейших частиц – электронов с поверхности одного предмета на другой. Такое явление сопровождается неприятным треском, искрообразованием, и может влиять на само-

чувствие человека. Есть несколько советов, которые помогут избавиться от статического электричества в доме.

Совет 1: Основной причиной образования статических зарядов является сильная сухость воздуха в помещении. Справиться с ней можно с помощью регулярных влажных уборок и проветриваний. Попрыскайте из пульверизатора обычной водой из-под крана на все поверхности в квартире, особенно – на ковры. Если позволяют средства, приобретите специальный прибор – увлажнитель воздуха. Он не только уберет статическое электричество, но и значительно оздоровит вашу домашнюю атмосферу.

Совет 2: Верными союзниками в борьбе со статическим электричеством выступают комнатные растения. Хлорофитум, драцена, фикус, спатифиллум способны не только снять статический заряд, но и поглотить частицы тяжелых металлов, дезинфицировать помещение.

Совет 3: Трудно представить интерьер современной квартиры без использования синтетических материалов. Но именно они являются главными виновниками статического электричества. Старайтесь отдавать предпочтение мебели, белью и ковровым покрытиям из натуральных тканей. Природные, экологически чистые материалы – залог отсутствия статического электричества в доме, и соответственно вашего хорошего самочувствия.

Совет 4: Другой важный фактор, влияющий на образование статики в помещении – наличие большого числа электрических приборов, сконцентрированных в одном месте. Если отказаться от части техники вы не в силах, следите за тем, чтобы она не работала одновременно на протяжении долгого времени.

Совет 5: Для того чтобы обезопасить себя от зарядов статического электричества в помещении, носите одежду из натуральных хлопчатобумажных или льняных материалов. Синтетические вещи обрабатывайте специальными спреями – антистатиками, либо поласкайте их, используя кондиционер для белья.

Совет 7: Статическое электричество с одежды можно снять покупным антистатиком. Разбрызгайте его по всей площади одежды, с лицевой и изнаночной стороны. Если антистатика нет, просто проведите по одежде чистой тряпочкой из натурального хлопка. Старайтесь не носить синтетику или искусственный шелк, на них чаще скапливается статика.

Совет 8: Волосы могут «искрить» и приподниматься, особенно после того как вы сняли с них теплую шапку. Чтобы снять с них статическое электричество, пользуйтесь специальными увлажняющими спреями. Сушите волосы феном.