



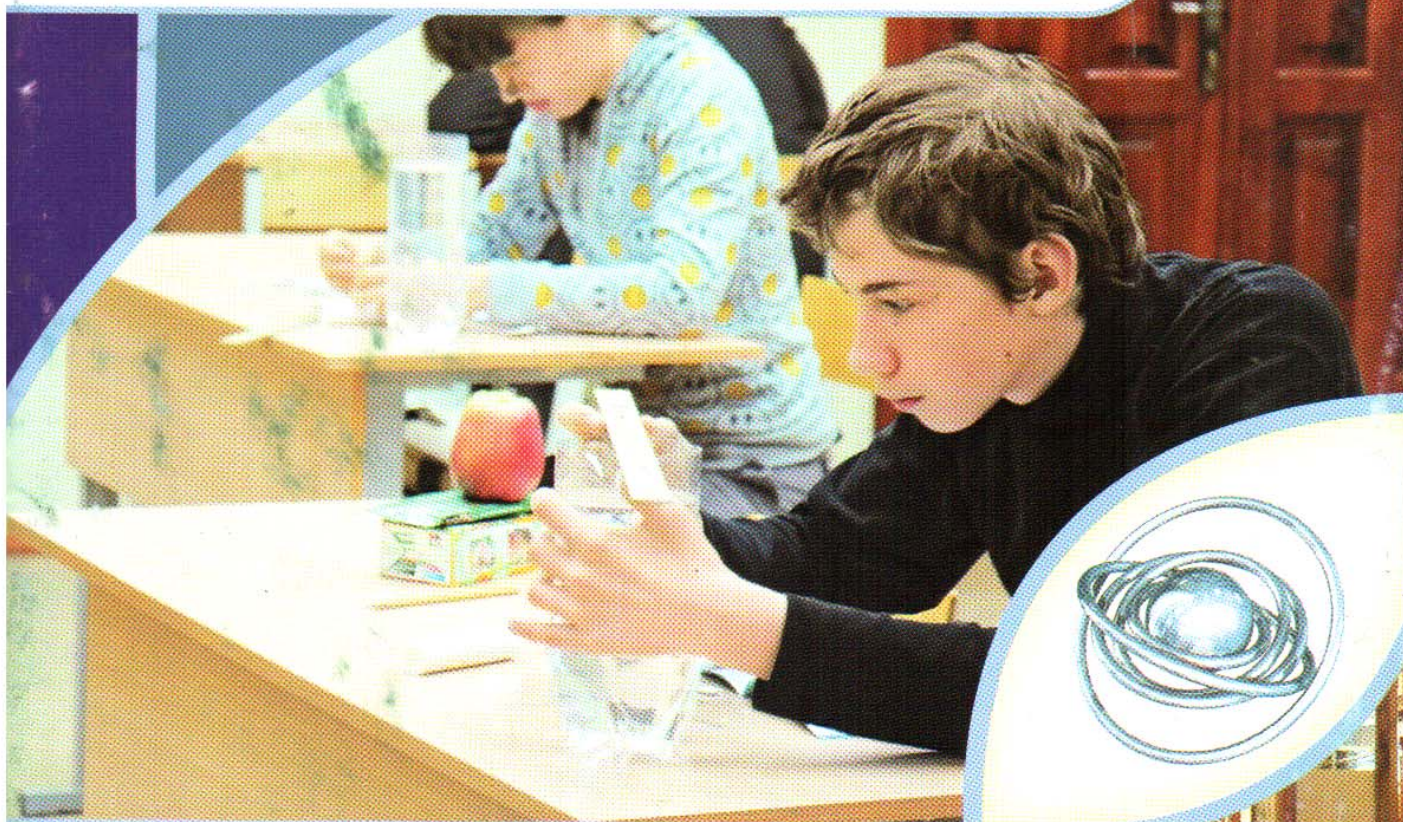
научно-методический журнал

ISSN 0130-5522

4 2013

ФИЗИКА

В ШКОЛЕ



**О космосе, о законах физики
и о рассказах Василия Шукшина**

**Школьный физический эксперимент:
из истории открытий, новые приемы
и примеры использования**



ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОТОКАМИ СЫПУЧЕЙ СРЕДЫ

Ключевые слова: диэлектрики, электризация, сыпучие среды.

В.Л. Рыппо, г. Москва;

А.А. Орлов, г. Москва

Целью статьи является оценка влияния электрических зарядов на изменение параметров физических систем, включающих в свой состав: твердые тела, жидкости и газы.

Можно вспомнить Моисея, несомненно, истинного и искусного электротехника, намного опередившего время.

Н. Тесла [1]

*...В одежду из разнородных нитей,
из шерсти и льна не одевайся.*

Моисей. Библия

Электрострикция диэлектриков

В современном мире широко используются искусственные материалы. Они входят в состав технических устройств, применяются в строительстве, с их применением конструируется одежда. Примерами таких материалов могут служить: полиэтилен, полипропилен, оргстекло, эбонит, гетинакс, текстолит, капрон, нейлон, разные композиционные материалы, используемые в виде панелей, полотен и волокон. Опыт показывает, что большинство искусственных материалов обладает трибоэлектрическим эффектом, т.е. способностью генерировать, накапливать и сохранять электрические заряды, получаемые путем трения. Воздействие электрических полей на людей и технические системы может вызывать нежелательные эффекты.

Целью статьи является оценка влияния электрических зарядов на изменение параметров физических систем, включающих в свой состав: твердые тела, жидкости и газы.

В конце XIX и в начале XX вв. большая группа известных ученых: Максвелл, Гельмгольц, Кирхгофф, Кюри, Рентген и многие другие исследовали физические эффекты, возникающие при воздействии электриче-

ского поля на различные объекты и системы, которые размещались между электродами, соединенными с высоковольтными источниками тока. Например, тела обклеивались станиолом, сосуды заполнялись электропроводными жидкостями или порошками, которые и использовались в качестве электродов [2]. В результате был обнаружен ныне хорошо известный эффект электрострикции (изменение формы тела под воздействием электрического поля). Ученый Ф. Фонтана в 1831 г. обнаружил, что объем лейденской банки или аналогичных приборов при электризации увеличивается [2]. Дальнейшее изучение эффекта электрострикции привело к открытию пьезоэффекта, который каждый может наблюдать, используя газовую пьезозажигалку.

Отличительной особенностью предлагаемого исследования является тот факт, что для электризации физических объектов и систем используются потоки сыпучей среды, взаимодействующие с ними. Использование потоков сыпучей среды (сухого просеянного песка, порошков, стеклошариков и т.п.) для электризации позволяет отказаться от применения высоковольтных источников тока и упростить конструкцию установок для проведения экспериментов.

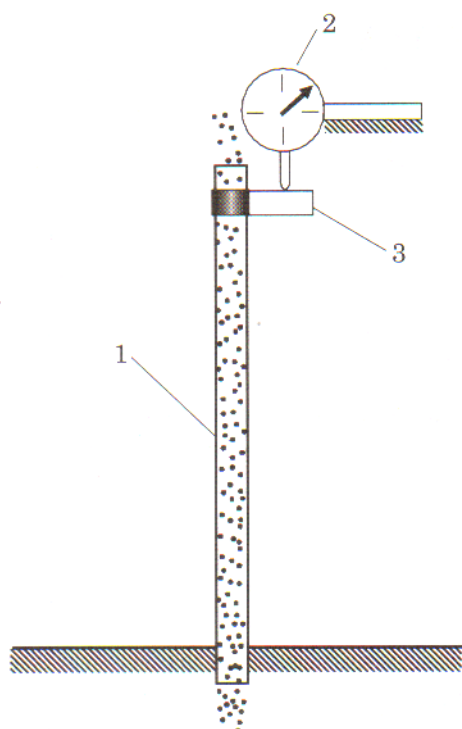


Рис. 1. Электрострикция диэлектриков

На рис. 1 схематически представлена установка для демонстрации эффекта электрострикции. В качестве объекта исследования использовалась стеклянная трубка 1 длиной 1400 мм, диаметром 18 мм при толщине стенки 1,5 мм. Нижним концом трубка жестко закрепляется на штативе. На верхнем конце трубки закреплен хомут с кронштейном (3). В непосредственной близости от хомута 3 установлен индикатор перемещений 2 с ценой деления 0,01 мм. Шток индикатора упирается в кронштейн хомута 3.

При проведении опыта сыпучая среда из верхнего питателя-бункера (на чертеже не показано) запускается в трубку 1 и проходит через нее в бункер сброса. Диаметр выходного отверстия питателя равняется 4 мм. Через несколько минут с помощью индикатора можно наблюдать уменьшение длины трубки 1 на величину от 0,04 до 0,2 мм. Уменьшение длины трубки при опыте зависит от влажности сыпучей среды и окружающей среды.

Возможен другой опыт для демонстрации электрострикции, в котором объектом исследования является не стеклянная, а диэлектрическая эластичная трубка.

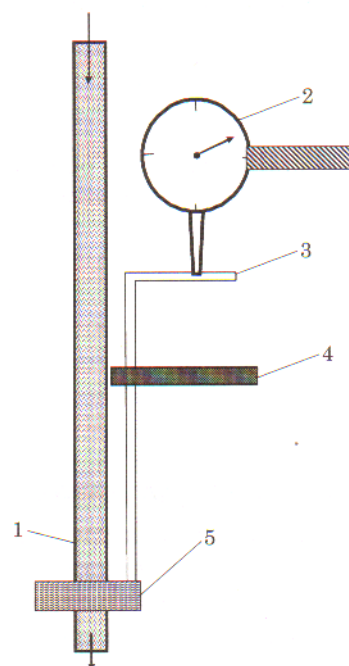


Рис. 2. Электрострикция эластичной трубки

На рис. 2 схематически представлена установка с резиновой трубкой 1. Индикатор 2 жестко закреплен, а его шток удлинен с помощью дополнительного штока 3, который проходит через направляющий кронштейн 4 и упирается в груз 5. В опыте использовалась трубка из медицинской резины длиной 1800 мм.

Также из бункера-питателя сыпучая среда поступает в трубку 1. При течении сыпучей среды по трубке происходит ее электризация. И в результате эффекта электрострикции индикатор 2 показывает удлинение резиновой трубки на 1 мм и более.

Данный опыт является прототипом опыта Рентгена по электризации резиновой ленты. В его опыте широкая резиновая лента закреплялась вертикально на штативе, при этом на ее нижний конец закреплялся груз, натягивающий резину. Металлический гребень соединялся с одним полюсом

электрофорной машины. Экспериментатор перемещал гребень вдоль ленты, соприкасаясь зубцами гребня с резиновой лентой, при работающей электрофорной машине. В ходе опыта наблюдалось заметное удлинение ленты.

Представленные опыты показывают, что явление электрострикции можно продемонстрировать без использования высоковольтных источников тока, а установку для демонстрации может собрать каждый школьник.

Электризация физической системы диэлектрик–жидкость

Для проведения исследований была собрана установка, схематически представленная на рис. 3, вертикально установленная стеклянная трубка 1 заполнена дистиллированной водой.

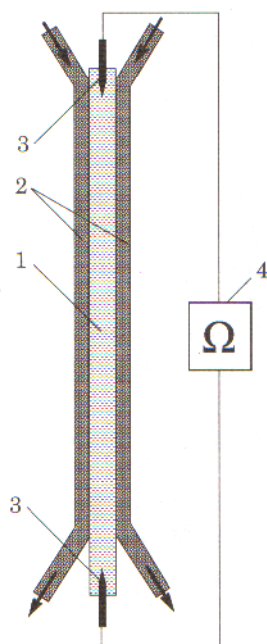


Рис. 3. Электризация физической системы диэлектрик–жидкость

На трубке 1 установлены два полиэтиленовых канала 2 из профилей для прокладки электрических сетей, при этом одна стенка канала 2, расположенная в сторону стеклянной трубки, отсутствует, что позволяет

частичкам сыпучей среды при движении по каналу 2 соприкаться со стеклянной трубкой. С обоих концов трубка 1 закрыта герметичными пробками с медными электродами 3. Электроды соединены с омметром Ω . Трубка 1 имеет длину 1400 мм, диаметр 18 мм и толщину стенки 1,5 мм. В качестве омметра используется ламповый аналоговый вольтметр.

В ходе опыта сыпучая среда направляется в каналы 2 и установлено, что сопротивление жидкости в трубке 1 значительно меняется от подобного воздействия потока сыпучей среды. Первоначально наблюдается нестационарный процесс, при котором стрелка омметра 4 колеблется в пределах 10 МОм до 100 кОм. По истечении нескольких минут процесс стабилизируется, стрелка омметра устанавливается на отметке приблизительно 5 МОм, а затем происходит медленное уменьшение сопротивления на 5–7%. Таким образом, установлено, что электризация стенок стеклянного сосуда значительно изменяет электрическое сопротивление жидкости внутри этого сосуда.

Также известно, что изменение температуры жидкости на один градус Цельсия изменяет ее сопротивление на 2–2,5% [3]. Можно предположить, что повышение температуры человеческого тела, а как следствие изменение электрического сопротивления крови, лимфы нейроволокон, является причиной ухудшения здоровья человека. Если такое предположение справедливо, тогда и статическое электричество может оказывать вредное влияние на человеческий организм.

Электризация физической системы диэлектрик–газ

На рис. 4 представлен схематический чертеж установки для изучения газа под воздействием электрического поля. В качестве объекта исследования использована неоновая лампа 1 длиной 270 мм и диаметром 30 мм.

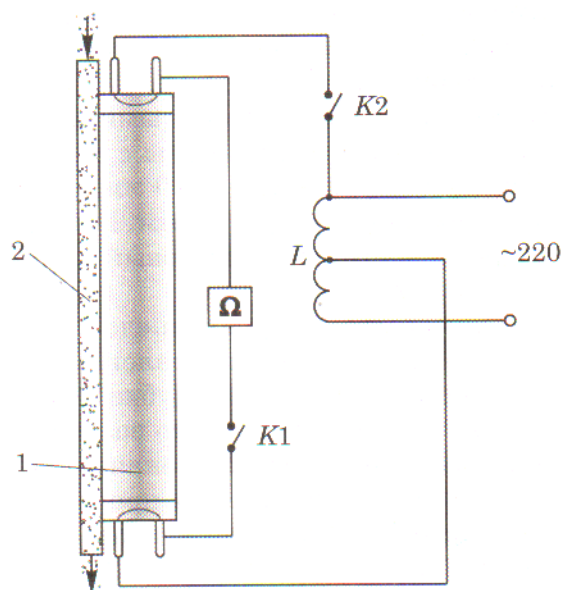


Рис. 4. Электризация физической системы диэлектрик-газ

Вдоль лампы, как и в предыдущем опыте, установлен полиэтиленовый канал 2. К одной паре штырьков лампы 1 через ключ $K1$ подсоединен омметр, в качестве которого в нашем случае выступает стрелочный ламповый вольтметр. Ко второй паре штырьков лампы с помощью ключа $K2$ подсоединен ЛАТР L .

Лампа устанавливается на штатив вертикально. Первоначально замкнут ключ $K1$ и омметр фиксирует сопротивление в лампе между верхним и нижним штырьками, в этом случае оно соответствует бесконечности. При поступлении сыпучей среды в канал 2 омметр регистрирует нестационарный процесс с изменением сопротивления от 30 до 200 МОм. Интересно, что при взаимной замене контактов на омметре регистрируется также нестационарный колебательный процесс, только границы измеряемого сопротивления изменяются от 200 до 500 МОм.

В следующем опыте отключим омметр ключом $K1$ и подключим лампу к ЛАТРу ключом $K2$. Подадим на лампу напряжение 220 В от ЛАТРа и обнаружим, что лампа не загорается. Уменьшим напряжение на лам-

пе до 150 В. По каналу 2 начнем подавать сыпучую среду и медленно повышать напряжение с помощью ЛАТРа. При напряжении 170–180 В обнаруживается слабое свечение лампы, а при 200 В она перегорает с яркой вспышкой.

Похожий опыт можно встретить в демонстрациях по электростатике В.В. Майера, только электризация корпуса лампы осуществляется не потоком сыпучей среды, а наэлектризованным предметом.

Электризация физической системы диэлектрик-полупроводник

На рис. 5 схематически представлена установка для электризации полупроводника, размещенного в диэлектрическом корпусе.

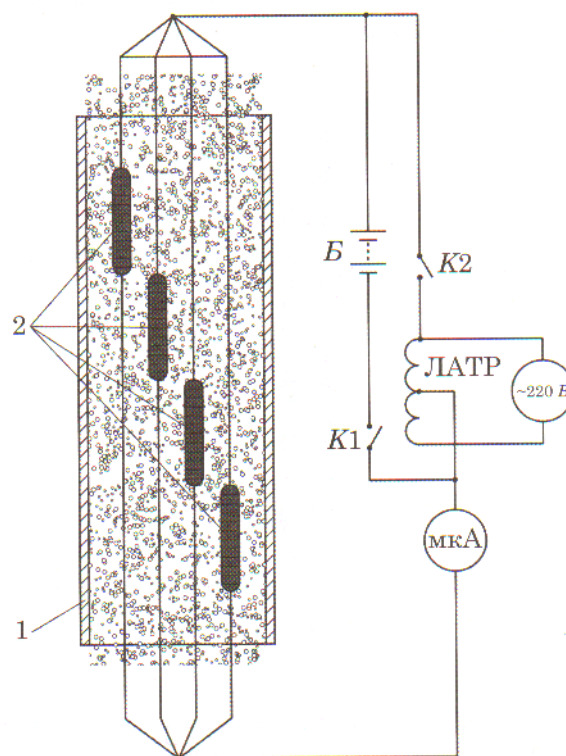


Рис. 5. Электризация физической системы диэлектрик-полупроводник

Установка содержит вертикально установленную стеклянную трубку 1. Внутри трубки в виде гирлянды расположены се-

леновые столбики 2. Селеновые столбики — высоковольтные селеновые выпрямители +АВС-7-3П, соединены параллельно в количестве 4 штук. Соединенные параллельно столбики объединены с электрической цепью, изображенной на рис. 5, где *Б* — источник постоянного тока, состоящий из трех батареек КРОНА, соединенных последовательно. Параллельно источнику тока *Б* подсоединен ЛАТР. Источник тока *Б* и ЛАТР подключаются в цепь с помощью ключей *К1* и *К2* соответственно. Для измерения тока в цепи последовательно подключен микроамперметр с пределом измерения от 0 до 50 мкА.

При замкнутом ключе *К1* и разомкнутом *К2* микроамперметр покажет ток приблизительно 40–42 мкА и стрелка может совершать малозаметные колебания. Направим поток сыпучей среды в трубку (1), при этом электризуются селеновые столбики и стрелка начнет совершать колебательные движения от 36 до 42 мкА. При блокировании потока сыпучей среды стрелка вернется в исходное положение.

Интересный эффект можно наблюдать, когда с помощью ключей *К1* и *К2* вместо батареи *Б* в цепь подключен ЛАТР. Тогда медленно повышая напряжение в цепи, можно заметить, что селеновые диоды откроются при напряжении приблизительно 22 В, что обнаруживается с помощью микроамперметра. Если после этого направить поток сыпучей среды на селеновые столбики 2 без изменения напряжения, то можно получить колебательное движение стрелки

микроамперметра от 0 до 45 мкА. Таким образом, можно утверждать, что электризация корпусов полупроводниковых приборов влияет на их функционирование.

По результатам представленных экспериментов можно сделать следующие выводы:

– потоком сыпучей среды можно достаточно просто электризовать различные физические системы и объекты: диэлектрики, диэлектрик–жидкость, диэлектрик–газ, диэлектрик–полупроводник без использования высоковольтных источников тока;

– при электризации диэлектрического сосуда с жидкостью изменяются форма и размеры сосуда, а также такой параметр как проводимость жидкости, и если толковать этот эффект расширительно, то можно предположить, что наэлектризованная одежда способна оказывать нежелательные воздействия на статические и динамические параметры кровеносных сосудов, лимфатических узлов, нейросетей и т.п.

– технические устройства, включающие в свой состав газонаполненные лампы и полупроводниковые приборы, могут изменять электрические параметры при электризации их корпусов.

Литература

1. *Тесла Н.* Статьи. — Самара: Издательский дом «Агни», 2007.
2. *Хвольсон О.Д.* Курс физики. Т. 4. — Петроград: Издательство К.Л. Риккера, 1915.
3. *Киреев В.А.* Краткий курс физической химии. — М.: Химия, 1978.

