

ISSN 2307-5457	НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ОБРАЗОВАНИЯ
<i>Primus inter pares</i>	 УЧЕБНАЯ ФИЗИКА
Материалы XXVII Всероссийской научно-практической конференции	Январь - март 2022 №2 Издаётся с января 1997 года
„Учебный физический эксперимент: Актуальные проблемы. Современные решения“	

СОДЕРЖАНИЕ

Хроника

М. Д. Даммер	XVI ВСЕРОССИЙСКАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ТЕОРИИ И МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ ИМЕНИ А. В. УСОВОЙ 3
--------------	--

Основная школа

В. В. Майер	ШКОЛЬНЫЙ УЧЕБНИК ФИЗИКИ КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ 16
Е. И. Вараксина	

Старшая школа

В. В. Майер	ПРОСТЫЕ ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ОПЫТЫ НА УРОКАХ ПО ЭЛЕКТРОСТАТИКЕ 24
Е. И. Вараксина	
Ю. А. Корнев	

Высшая школа

С. А. Герасимов	ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ТЕМНОВЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ И МАНИПУЛЯЦИИ СО ВТОРЫМ НАЧАЛОМ ТЕРМОДИНАМИКИ 35
-----------------	--

Компьютер в эксперименте

Ф. А. Сидоренко	ПРЕЗЕНТАЦИИ К <i>ON-LINE</i> УПРАЖНЕНИЯМ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ В КУРСЕ ФИЗИКИ 42
Б. А. Мукушев	ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОСРЕДСТВОМ ПАКЕТА <i>MATHCAD</i> 45

Исследования

П. В. Зуев ПРостые опыты и наблюдения как
 средство повышения эффективности
 экспериментальной подготовки учащихся... 51

А. В. Пауткина ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ
 В ДИСТАНЦИОННОМ ФОРМАТЕ..... 55

Науковедение

Ю. А. Сауров УЧЕНЫЙ — ЭТО ВСЕГДА БОЕЦ ЗА НОВОЕ...
 (Эссе к юбилею профессора В. В. Майера)..... 59

АВТОРЫ ЖУРНАЛА 66

ABSTRACTS 67

Редакция журнала:

В. В. Майер (главный редактор), Р. В. Акатов, Е. И. Вараксина, Л. С. Кропачева

Редакционный совет:

В. Е. Антонов	д.ф.-м.н., с.н.с., ИФТТ РАН, МГУ, Москва
Л. Д. Григорьева	к.ф.-м.н., доцент, МГУ, Москва
С. С. Назин	к.ф.-м.н., доцент, МГУ, Москва
Г. Г. Никифоров	к.п.н., доцент, ИСРО РАО, Москва
А. Ю. Пентин	к.ф.-м.н., доцент, ИСРО РАО, Москва
Ю. А. Сауров	д.п.н., профессор, член-корр. РАО, Киров
Э. В. Суворов	д.ф.-м.н., профессор, ИФТТ РАН, МГУ, Москва
Я. А. Чиговская–Назарова	к.филол.н., доцент, ректор ГППИ, Глазов

Оргкомитет конференции:

М. Д. Даммер	д.п.н., профессор, Челябинск
П. В. Зуев	д.п.н., профессор, Екатеринбург
Н. Я. Молотков	д.п.н., профессор, Тамбов
Ф. А. Сидоренко	д.ф.-м.н., профессор, Екатеринбург
Т. Н. Шамало	д.п.н., профессор, Екатеринбург

Адрес редакции, издателя и типографии: 427621, Удмуртия, Глазов,
Первомайская, 25, Пединститут, Телефон: (341 41) 5–32–29.

E-mail: krova@bk.ru

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Глазовский государственный педагогический институт имени В. Г. Короленко»

Журнал «Учебная физика» зарегистрирован Комитетом Российской Федерации по печати 4 февраля 1997 года, регистрационный № 015686, перерегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 2 мая 2017 года, ПИ № ФС77–69506.

Использование и перепечатка материалов допускаются только по договоренности с редакцией журнала.

Сдано в набор 12.05.22. Подписано в печать 15.06.22. Дата выхода в свет: 27.06.22.
Формат 60 × 90 1/16. Усл. печ. л. 4,25.

Заказ 152. Тираж 200 экз. Цена свободная.

Первая страница обложки: Серия опытов для экспериментального обоснования принципа Гюйгенса (см. статью В. В. Майера, Е. И. Вараксиной и К. М. Курбоналиева, Учебная физика. — 2021. — № 4. — С. 24–30).

УДК 372.853:537

В. В. Майер, Е. И. Вараксина, Ю. А. Корнев
**ПРОСТЫЕ ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ОПЫТЫ
НА УРОКАХ ПО ЭЛЕКТРОСТАТИКЕ**

Показано, что современный курс физики должен быть построен в соответствии с теоретическим циклом научного познания Эйнштейна–Разумовского и тогда его будут понимать все школьники.

Ключевые слова: урок физики, электростатика, демонстрационный опыт, цикл научного познания.

1. Введение

Урок физики можно считать состоявшимся, если на нем был выполнен учебный физический эксперимент, *доказывающий* факт существования физического явления, устанавливающий зависимости между физическими величинами, определяющий значения физических констант или обосновывающий учебную физическую теорию и границы ее применимости. Иными словами, на каждом уроке должен быть реализован полный теоретический или экспериментальный цикл научного познания [1].

Подавляющему большинству учителей, с которыми мы встречались, это требование представляется чрезмерным и нереальным. Поэтому здесь мы решили описать несколько простых и кратковременных демонстрационных опытов, привязав их к соответствующим урокам важной и сложной для обучающихся темы «Электростатика» классического курса «Физика–10» [2]. Для этих опытов необходимо только то оборудование, которое должно быть в любом кабинете физики: эбонитовая и стеклянная палочки, мех, шерсть и сухая бумага, комплект электрометров, электрофорная машина. Напомним также, что школьный учебник излагает электростатику в 16 параграфах, которые изучаются на 6 или 8 школьных уроках базового уровня.

Чтобы статья не казалась слишком архаичной и, следовательно, скучной, в некоторых опытах эбонитовая палочка заменена пластинкой изолона (это вспененный полиуретан, из которого делают туристические коврики) [3] и электрофорная машина — самодельным пьезогенератором [4, 5].

2. Демонстрационные опыты

Итак, начинаем: из реального учебного плана [6] выписываем номер и краткое содержание урока, затем представляем вариант опыта, который возможно использовать на этом уроке и, наконец, формулируем проблему, которую целесообразно решить в совместной проектной деятельности учителя и ученика для последующего использования на уроках физики.

Урок 46. *Электрический заряд и элементарные частицы. Закон сохранения заряда. Закон Кулона. Единицы электрического заряда.*

Опыт 1. Закон сохранения заряда

Выполняют эксперимент. 1) Опускают выводы неработающего пьезогенератора в полые кондукторы двух электрометров одинаковой (или разной) чувствительности и показывают, что их стрелки не отклоняются.

2) Нажимают на клавишу пьезогенератора, и учащиеся видят, что стрелки одинаковых электрометров отклоняются на равные, а разных электрометров — на различные углы (рис. 1.1). Не изменяя давления на клавишу, поднимают пьезогенератор так, чтобы его выводы покинули кондукторы; при этом заряды на электрометрах не изменяются.

3) Натирают мехом пластину изолона и подносят ее к кондуктору одного из электрометров. Если отклонение стрелки уменьшается, значит, на электрометре заряд, противоположный по знаку заряду наэлектризованного изолона (рис. 1.2). Повторяют опыт со вторым электрометром и обнаруживают, что отклонение его стрелки возрастает, следовательно, этот электрометр имеет такой же по знаку заряд, как изолон (рис. 1.3).

4) Повторяют опыт с эбонитовой палочкой, которая при натирании мехом, как известно, электризуется отрицательно. Обнаруживают, что наэлектризованный мехом изолон несет также отрицательный заряд.

5) Соединяют электрометры проводником на изолирующей ручке и показывают, что стрелки электрометров возвращаются на нуль (рис. 1.4).

Проводят анализ эксперимента. Так как при соединении кондукторов проводником стрелки электрометров независимо от угла их отклонения опадают до нуля, то электрометры имели равные заряды противоположных знаков. Разные отклонения стрелок приборов объясняются их различной чувствительностью.

В начале опыта на выводах пьезогенератора зарядов не было, следовательно, при нажатии на клавишу внутри прибора в

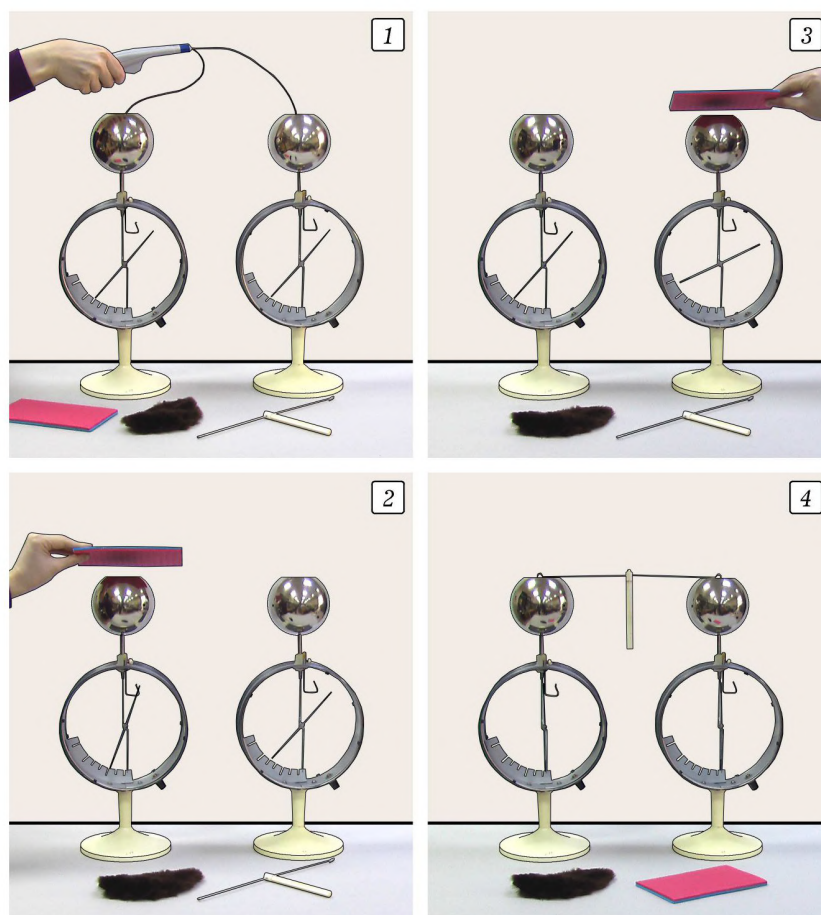


Рис. 1. Демонстрация закона сохранения заряда

каком-то нейтральном теле, а именно, в пьезокерамике происходит разделение равных по модулю положительного и отрицательного зарядов.

Делают вывод. Опыт подтверждает закон сохранения заряда: в замкнутой системе электрический заряд остается неизменным.

Формулируют проблему. 1) Предложите и проверьте другой опыт для демонстрации закона сохранения заряда. 2) Разберитесь с устройством и принципом действия пьезогенератора [5].

Урок 47. *Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Силовые линии.*

Опыт 2. Напряженность электрического поля

Выполняют эксперимент. 1) На штативе располагают металлический стержень, на нем вертикально закрепляют картонный планшет, в нижней части которого сделана горизонтальная шкала с нулем посередине и сантиметровыми делениями. На стержне бифилярно на тонких нитях подвешивают небольшую легкую гильзу из тонкой алюминиевой фольги. Пьезогенератор соединяют с электрометром и располагают так, чтобы металлический шар на его выводе оказался рядом с гильзой (рис. 2.1).

2) Нажимают на клавишу пьезогенератора. При этом гильза притягивается к шару, касается его поверхности и отскакивает от него. Поступательно перемещают пьезогенератор параллельно планшету и показывают, что отсчитываемое по шкале отклонение нити, на которой подвешена гильза, тем больше, чем меньше расстояние от нее до заряженного шара (рис. 2.2).

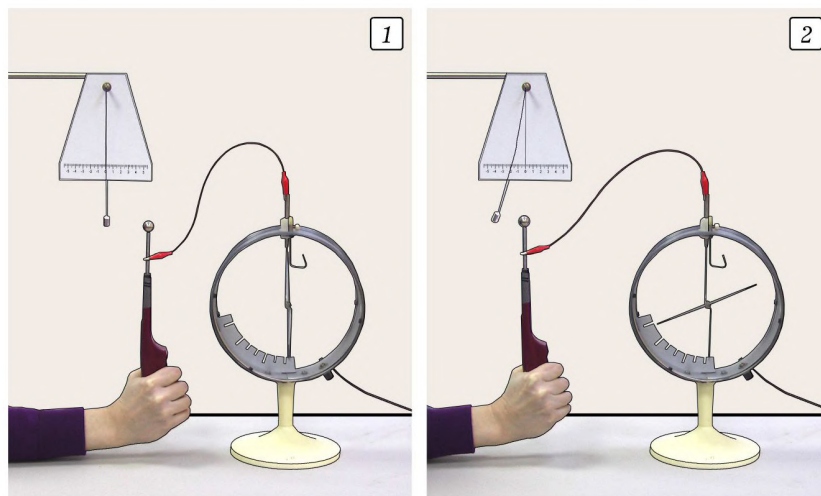


Рис. 2. Напряженность электрического поля, создаваемого шаровым электродом пьезогенератора

Проводят анализ эксперимента. В опыте заряды шара на выводе пьезогенератора и гильзы не изменяются. В первом приближении можно считать, что смещение точки пересечения нити со шкалой пропорционально модулю силы Кулона, действующей на гильзу.

Делают вывод. Отношение силы, с которой электрическое поле заряженного тела действует на пробный заряд, к величине этого заряда является силовой характеристикой поля, которая называется напряженностью.

Формулируют проблему. 1) Докажите, что прибор, с которым выполнен демонстрационный опыт, действительно измеряет силу и может быть отградуирован, например, в миллиньютонх.

2) Как использовать этот прибор для экспериментального обоснования закона Кулона?

3) Почему в опыте вместо пробного заряженного шарика можно применить металлическую гильзу и в чем ее преимущество?

Урок 48. *Поле точечного заряда и заряженного шара. Принцип суперпозиции полей. Проводники и диэлектрики в электростатическом поле.*

Опыт 3. Проводники и диэлектрики в электрическом поле

Выполняют эксперимент. 1) Над кондуктором электрометра располагают наэлектризованную пластину изолона. При этом стрелка электрометра отклоняется, следовательно, приобретает одноименный со стержнем прибора заряд (рис. 3.1). Причиной этого, очевидно, является действие электрического поля, созданного заряженным изоконом.

2) Между изоконом и кондуктором вводят стеклянную пластину и показывают, что отклонение стрелки электрометра немного уменьшается. Следовательно, действие электрического поля на кондуктор незначительно ослабевает (рис. 3.2).

3) Между изоконом и кондуктором вводят тонкую металлическую пластину на изолирующей ручке. Школьники наблюдают, что она также слегка ослабляет электрическое поле наэлектризованного изокона (рис. 3.3).

4) Прикасаются пальцем к металлической пластине, и учащиеся видят, что стрелка электрометра падает до нуля (рис. 3.4).

Проводят анализ эксперимента. Начать удобно с металлической пластины. Школьники знают, что металл является проводником потому, что в нем есть свободные носители заряда — электроны. Они отталкиваются от отрицательно заряженного изокона и перемещаются к нижней поверхности металлической пластины. Рост отрицательного заряда на нижней поверхности и равного ему по модулю положительного заряда на верхней поверхности прекращается, когда результирующая напряженность поля внутри металла становится равной нулю. При этом отрицательный заряд на нижней поверхности металлической пластины создает почти такое же поле, какое было без этой пластины (рис. 3.3).

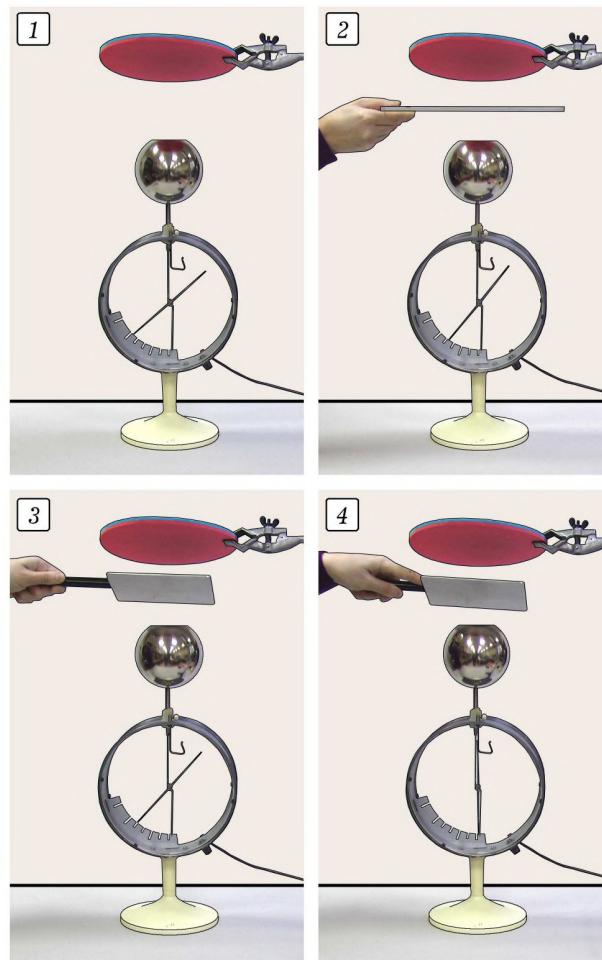


Рис. 3. Диэлектрики и проводники в электрическом поле

Прикосновение пальцем заземляет пластину. Свободные электроны, отталкиваясь от отрицательно заряженного изолона, уходят с нее, и на пластине остается положительный заряд. Вектор напряженности поля этого заряда направлен вниз против вектора напряженности поля изолона и равен ему по модулю. Поэтому за заземленной металлической пластиной электрическое поле отсутствует, и стрелка электрометра возвращается на нуль (рис. 3.4).

Возвращаются к началу эксперимента, когда вместо металлической использовалась стеклянная пластина. Диэлектрик не имеет

свободных носителей заряда, но опыт показывает, что введение его в электрическое поле тоже несколько уменьшает напряженность поля (рис. 3.2). Значит, на поверхностях пластины диэлектрика также возникают заряды, противоположные по знаку и равные по модулю. Но в отличие от металла это не свободные, а связанные заряды. Поверхности пластины становятся полюсами, поэтому явление получило название поляризации диэлектрика.

Делают вывод. При введении в электрическое поле проводника возникает *электростатическая индукция* — перераспределение в проводнике свободных носителей заряда. Если в электрическое поле внести диэлектрик, то он *поляризуется*, то есть на поверхностях диэлектрика возникают связанные заряды.

Формулируют проблему. 1) В каком опыте можно непосредственно доказать, что при электростатической индукции происходит перераспределение зарядов?

2) Как с помощью наэлектризованной эбонитовой палочки передать электрометру не отрицательный, а положительный заряд?

3) Изготовьте одинаковые электростатические маятники, сделав их гильзы из тонкой бумаги и алюминиевой фольги. Выясните, какой маятник предпочтительнее и объясните, почему.

Урок 49. *Потенциальная энергия заряженного тела. Потенциал и разность потенциалов. Эквипотенциальные поверхности.*

Опыт 4. Градуировка электрометра по напряжению

Выполняют эксперимент. 1) Два больших шаровых кондуктора от электрометров ставят на изолирующую пластину. На одном из кондукторов крокодилком закрепляют горизонтальную шкалу с миллиметровыми делениями, а на втором — диэлектрический указатель. К кондукторам подключают выводы пьезогенератора.

2) Нажимают на клавишу пьезогенератора и уменьшают расстояние между кондукторами до тех пор, пока между ними при каждом нажатии и отпускании клавиши не будет проскакивать искра. Это происходит при искровом промежутке, равном примерно 4 мм (рис. 4.1).

3) Один из выводов пьезоэлектрического источника вводят внутрь кондуктора электрометра и нажимают на клавишу пьезогенератора. При этом стрелка электрометра отклоняется на всю шкалу (рис. 4.2).

Проводят анализ эксперимента. Многочисленными опытами установлено, что при нормальных условиях электрический пробой в разрядном промежутке величиной 10 мм между поверхностями металлических шаров радиусом 50 мм происходит, когда

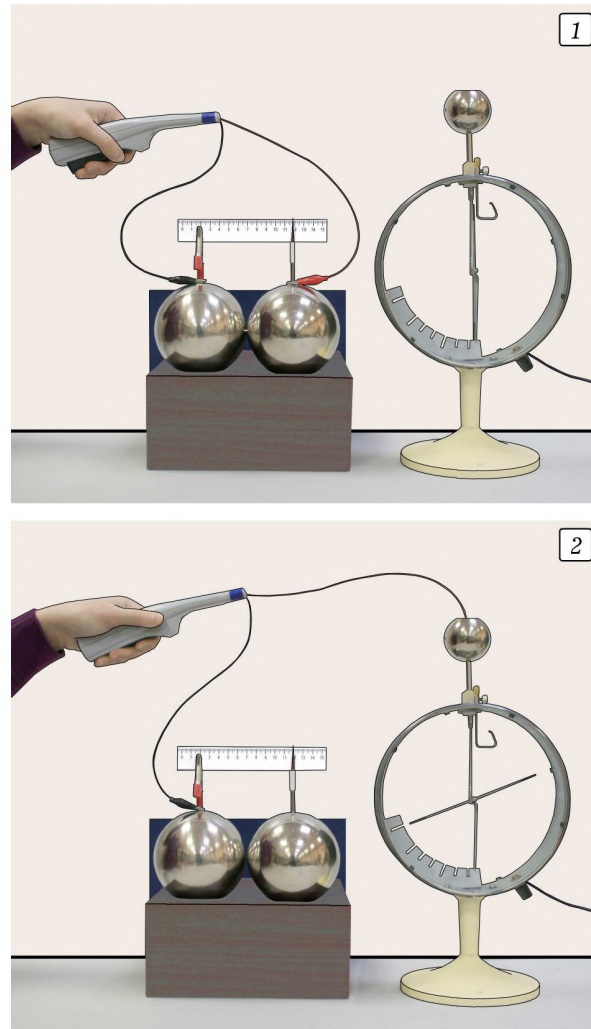


Рис. 4. Определение предела измерения электрометра по напряжению

разность потенциалов между шарами достигает 30 кВ. Следовательно, на 1 мм длины разрядного промежутка приходится примерно 3 кВ. Так как в эксперименте разряд происходит на промежутке 4 мм, то разность потенциалов между выводами пьезогенератора, с которым соединены электроды искрового вольтметра, примерно равна 12 кВ. Следовательно, потенциалы электродов

относительно Земли $+6$ и -6 кВ. С электрометром, корпус которого заземлен, соединен один вывод пьезогенератора, поэтому разность потенциалов между стержнем и корпусом электрометра составляет приблизительно 6 кВ.

Делают вывод: можно считать, что при отклонении стрелки электрометра на всю шкалу напряжение на нем примерно равно 5 кВ.

Формулируют проблему. 1) Выясните, что именно измеряет электрометр: заряд или разность потенциалов. 2) Что нужно знать, чтобы отградуировать электрометр по заряду? 3) Какой максимальный заряд можно измерить электрометром, если его емкость равна 8 пФ?

Урок 50. Емкость. Конденсатор. Энергия заряженного конденсатора. Применение конденсаторов.

Опыт 5. Лейденские банки

1) Разрядный промежуток в электрофорной машине устанавливают 20 – 40 мм. Размыкают перемычку, соединяющую лейденские банки. Приводят машину в действие и показывают тонкие слабые и почти неслышимые искры разряда (рис. 5.1 и 5.2).

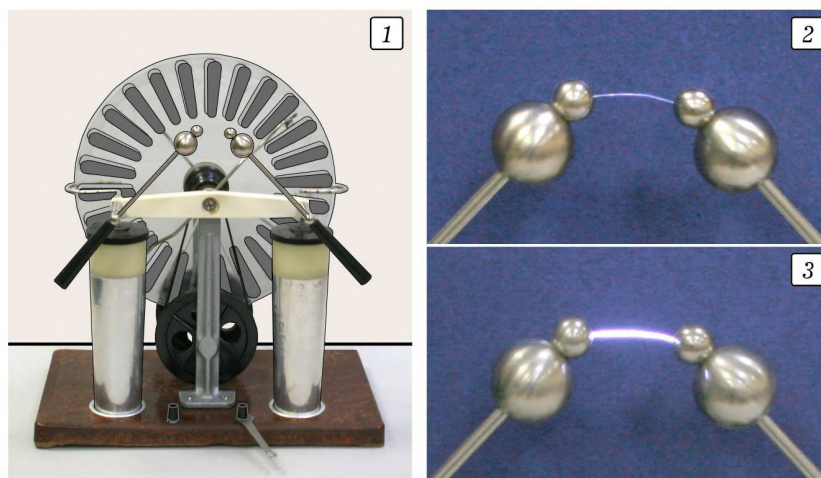


Рис. 5. Демонстрация лейденских банок электрофорной машины

2) Замыкают цепь лейденских банок и повторяют опыт. Теперь учащиеся видят жирные искры и слышат громкий треск разрядов (рис. 5.3).

Проводят анализ эксперимента. Так как разрядный промежуток в опытах не менялся, то напряжение между кондукторами электрофорной машины оставалось неизменным. Тонкие слабые искры дают небольшие заряды, толстые жирные искры создают большие заряды.

Делают вывод. Лейденские банки способны накапливать заряды, то есть могут служить электрическими конденсаторами.

Формулируют проблему. Что нужно сделать, чтобы увеличить электрическую емкость конденсатора, не изменяя его электрической прочности?

Урок 51. Контрольная работа 5 по теме «Электростатика».

Опыт 6. Электризация тел и нейтрализация зарядов

Выполняют эксперимент. 1) Из толстой полиэтиленовой пленки вырезают длинную узкую полоску и складывают ее пополам. За сгиб держат ее вертикально и движениями слегка сжатых сухих пальцев сверху вниз электризуют полиэтилен. Иногда лучше электризацию проводить тремя пальцами, поместив средний между полосками полиэтилена. Нижние концы полоски расходятся (рис. 6.1).

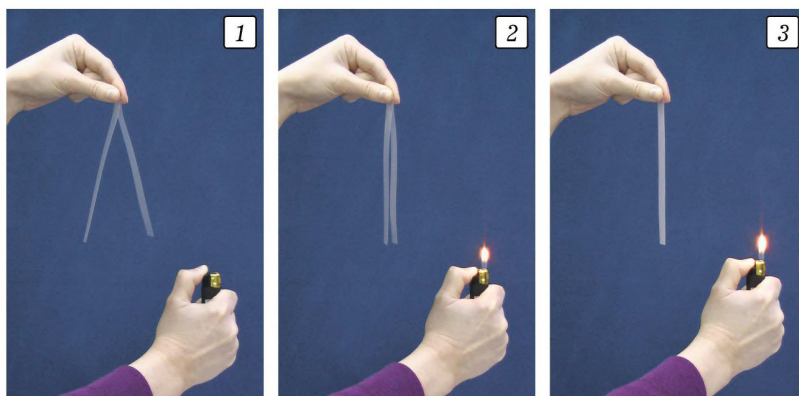


Рис. 6. Демонстрация ионизации воздуха пламенем

2) На расстоянии примерно 20 см от наэлектризованной полоски помещают газовую зажигалку и воспламеняют газ. Учащиеся наблюдают, что немедленно концы полиэтиленовой полоски слипаются (рис. 6.2, и 6.3).

Формулируют проблему. В контрольной работе: 1) решите предложенную задачу; 2) опишите и объясните наблюдаемые в демонстрационном эксперименте явления.

3. Заключение

Еще раз подчеркнем: все описанные в статье демонстрационные опыты (и многие другие!) могут быть выполнены на стандартном оборудовании школьного кабинета физики. Например, для постановки опыта 2 по введению понятия напряженности электростатического поля вместо пьезогенератора можно использовать электрофорную машину или высоковольтный блок питания. В этом случае установка будет выглядеть так: на изолирующей стойке закрепляют полый кондуктор диаметром 50 мм, его соединяют с положительным полюсом, например, электрофорной машины и подводят к нему цилиндрическую гильзу из алюминиевой фольги, подвешенную на нити. После соприкосновения с кондуктором гильза заряжается одноименно с ним и отскакивает от кондуктора. Напряженность электростатического поля на разных расстояниях гильзы от кондуктора оценивают по углу отклонения нити от вертикали.

Наконец, не следует забывать, что теоретический цикл научного познания Эйнштейна–Разумовского обязательно включает в себя физический эксперимент. Отсюда мораль: если на уроке физики эксперимента нет, а познание есть, то оно, увы, не научное, следовательно, урок не тот, которого от всех нас требует ФГОС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разумовский В. Г., Майер В. В. Физика в школе. Научный метод познания и обучение. — М.: Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2004. — 463 с.
2. Мякишев Г. Я. Физика. 10 класс: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый уровень / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Просвещение, 2016. — 416 с.
3. Майер В. В., Вараксина Е. И. Простые опыты с электрофором // Потенциал. — 2012. — № 1. — С. 55–63.
4. Майер В. В. Пьезоэлектрический источник для опытов по электростатике // Физика в школе. — 1994. — № 6. — С. 43–44.
5. Майер В. В. Электризация давлением в школьном курсе физики // Учебная физика. — 2004. — № 1. — С. 12–21.
6. Куликова Е. А. Рабочая программа по физике https://myotveti.ru/wp-content/uploads/2021/06/рабочая-программа-физика-10-11класс-2021_2021_ФГОС.pdf

ABSTRACTS

Dammer M. D. XVI All-Russian Student Olympiad on the theory and methodology of teaching physics named after A. V. Usova. The results of the XVI All-Russian Student Olympiad on the theory and methodology of teaching physics named after A. V. Usova are discussed. The characteristics of tasks and the results of their implementation by the participants of the Olympiad are given, the peculiarities of the preparation and performance of teams in competitions are analyzed, winners and prize-winners are listed. *Keywords:* A. V. Usova, All-Russian Olympiad, theory and methodology of teaching physics, pedagogical education.

Mayer V. V., Varaksina E. I. School physics textbook as a means of developing critical thinking. It is shown that descriptions of some demonstration experiments in school physics textbooks can become the basis of research projects that develop students' critical abilities. *Keywords:* school physics textbooks, demonstration experiments, research projects, critical abilities.

Mayer V. V., Varaksina E. I., Kornev Yu. A. Simple demonstration experiments in electrostatics lessons. It is shown that a modern physics course should be built in accordance with the theoretical cycle of scientific knowledge of Einstein and Razumovsky and then all schoolchildren will understand it. *Keywords:* physics lesson, electrostatics, demonstration experiment, cycle of scientific knowledge.

Gerasimov S. A. Experiments with dark current and manipulations with second law of thermodynamics. An amazing thing — the contact of aluminum with distilled water produces electrical energy that does not disappear for weeks and even months. It remains to be seen why this is happening and what it has to do with the second law of thermodynamics. An attempt to change the shape of aluminum electrodes contributes to the solution of this problem. *Keywords:* distilled water, aluminum, voltage, temperature of liquid, dark electric current.

Sidorenko F. A. Presentations to on-line exercises for solving problems in the course of physics. It is proposed to use animated presentations as a reference component when conducting remote practical classes with engineering students. The didactic principles of slide construction and methods of working with an online audience are considered. *Keywords:* presentation, slide, animation.

Mukushev B. A. Study of physical processes using the MathCAD package. The computational capabilities of the MathCAD application software package are analyzed and the main characteristics of these

programs are described. Examples from physics are presented, where the MathCAD package is presented as a tool for studying physical processes and phenomena. *Keywords:* MathCAD application software package, standard mathematical language, formula editor, animation model.

Zuev P. V. Simple experiments and observations as a means of increasing the effectiveness of experimental training of students.

The article discusses the problem of increasing the level of experimental training of students in physics using simple experiments and observations. The features of the experiments and their importance for increasing the effectiveness of experimental training are indicated. *Keywords:* motive, entertainment, engineering education, problem, simple experiments.

Pautkina A. V. Laboratory workshop for schoolchildren in a remote format.

The method of organizing a laboratory workshop in physics for schoolchildren in a remote format is described. *Keywords:* laboratory workshop in physics, video clips, methodological support, distance learning.

Saurov Y. A. A scientist is always a fighter for new things... (Essay on the anniversary of Professor V. V. Mayer).

In the form of an essay, the creative fate and professional activities of Professor V. V. Mayer in Glazov State Pedagogical Institute named after V. G. Korolenko are considered. *Keywords:* history and methodology of methods of teaching physics, scientific and methodological activity, systems of methodological knowledge.