



СОДЕРЖАНИЕ

Основная школа

В. В. Майер Е. И. Вараксина	СТРОБОСКОПИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ 3
--------------------------------	---

Старшая школа

И. Д. Бородин А. В. Попова Ф. А. Сидоренко	ШАРИК НА МАГНИТОСТРИКЦИОННОМ ВИБРАТОРЕ 11
В. В. Майер Е. И. Вараксина И. А. Васильев Ю. А. Корнев	РЕМОНТ ШКОЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОФОРНОЙ МАШИНЫ КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ 14

Высшая школа

С. М. Кокин С. Г. Стоюхин С. В. Мухин	ПОСТАНОВКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЛЯРНОЙ МАССЫ ВОЗДУХА» ... 38
---	---

А. Р. Аржаник С. Г. Катаев А. В. Штак	ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УЧЕБНОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ УСТАНОВКИ В ФИЗИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ И МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ КУРСАХ .. 45
---	---

Науковедение

Ю. А. Сауров М. П. Уварова	О СТРУКТУРНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯХ ФИЗИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ В ОБУЧЕНИИ.....55
-------------------------------	--

АВТОРЫ ЖУРНАЛА	63
----------------------	----

ABSTRACTS	64
-----------------	----

Редакция журнала:

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

Редакционный совет:

И. В. Гребенев	д.п.н., профессор, Нижний Новгород
М. Д. Даммер	д.п.н., профессор, Челябинск
П. В. Зуев	д.п.н., профессор, Екатеринбург
Ю. А. Сауров	д.п.н., профессор, член-корр. РАО, Киров

Оргкомитет конференции:

Н. Я. Молотков	д.п.н., профессор, Тамбов
Г. Г. Никифоров	к.п.н., доцент, ИСРО РАО, Москва
А. Ю. Пентин	к.ф.-м.н., доцент, ИСРО РАО, Москва
Ф. А. Сидоренко	д.ф.-м.н., профессор, Екатеринбург
Я. А. Чиговская-Назарова	к.филол.н., доцент, ректор ГГПИ, Глазов
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: kropa@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 19.06.23. Подписано в печать 26.06.23. Дата выхода в свет: 27.06.23. Формат 60 × 90 1/16. Усл. печ. л. 4,0.

Заказ 158. Тираж 200 экз. Цена свободная.

Первая страница обложки: Кольца Ньютона в красном и зеленом свете.

УДК 372.853

В. В. Майер, Е. И. Варакина
И. А. Васильев, Ю. А. Корнев

РЕМОНТ ШКОЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОФОРНОЙ МАШИНЫ КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ

Рассмотрена технология ремонта школьной электрофорной машины, направленная на развитие инженерной компетенции при изучении физики в средней общеобразовательной и высшей педагогической школе.

Ключевые слова: инженерная компетенция, развитие, электрофорная машина, ремонт.

1. Введение

Любой школьный кабинет физики всегда имеет богатый набор физических приборов, вышедших из строя. Организованная учителем внеурочная деятельность по ремонту таких приборов — первый шаг в формировании инженерной компетенции обучающихся. В настоящей статье подробно рассмотрены основные действия при ремонте школьной электрофорной машины. В этом приборе сконцентрированы непростые для средней школы закономерности электростатики и довольно сложные конструктивные решения, выдержавшие более чем столетнюю проверку временем. Успешное возвращение к жизни неисправной электрофорной машины, подготовленной для списания и уничтожения, бесспорно, развивает любовь к технике, углубляет осознание значимости физики, повышает самооценку обучающихся, и тем самым способствует развитию инженерной компетенции школьников.

Деятельность обучающихся по ремонту электрофорной машины целесообразно организовать в форме серии теоретических и экспериментальных заданий. Каждое из них должно включать краткую информацию о содержании предстоящей работы, четко сформулированное задание и возможный вариант его выполнения.

Есть две категории учащихся, которые с удовольствием приступят к выполнению проекта по ремонту электрофорной машины. Во-первых, это ребята, любящие технику и стремящиеся понять, почему она работает так, как это было задумано. Во-вторых, это школьники, которые предпочитают разобраться в физической сущности явлений, обеспечивающих работу этой техники. Роль учителя физики состоит в том, чтобы и те, и другие исполнители проекта смогли максимально удовлетворить свои стремления.

Поэтому сам учитель должен еще в педагогическом вузе усвоить принцип действия, научиться разбирать, собирать и налаживать не только электрофорную машину, но и любой другой прибор школьного кабинета физики, который в принципе может быть отремонтирован в *домашних* условиях. Это *основная воспитательная задача*, которую обязан решить педагогический вуз в отношении своих выпускников — будущих учителей физики.

2. Физические принципы работы электрофорной машины

Информация

В основу электрофорной машины положены три принципа: электростатическая индукция, накопление зарядов противоположных знаков, положительная обратная связь [1].

Задание

Изучите явление электростатической индукции. Познакомьтесь с устройством и принципом действия электрофора. Вспомните, что такое конденсатор, электрическая емкость, лейденская банка. Выясните, для чего конденсаторы соединяют в батареи. Разберитесь с понятиями положительной и отрицательной обратной связи.

Выполнение

1. **Электростатическая индукция** — перераспределение зарядов в проводнике, находящемся в электрическом поле электрического заряда [2].

2. **Конденсатор** — прибор для накопления зарядов противоположных знаков, который состоит из двух металлических обкладок, разделенных слоем диэлектрика. Емкость C конденсатора равна: $C = q/U$, где q — заряд одной обкладки, U — напряжение между обкладками [2].

3. **Батареи конденсаторов** образованы параллельно и (или) последовательно соединенными конденсаторами. При последовательном соединении одинаковых конденсаторов емкость батареи

уменьшается в два раза, но рабочее напряжение увеличивается также в два раза [2].

4. **Лейденская банка** — первый конденсатор, созданный в 1745 году в Лейдене и имеющий форму сосуда [3].

5. **Обратная связь** — воздействие управляемого процесса на орган управления. Если при этом интенсивность управляемого процесса растет, то обратная связь называется *положительной*, в противном случае обратная связь в системе считается *отрицательной* [4].

3. Почему машина называется электрофорной?

Информация

Обычно думают, что электрофорная машина вырабатывает электричество благодаря трению между металлическими щетками и металлическими лепестками на дисках. Это совершенно не соответствует действительности. Электрофорная машина работает потому, что содержит большое количество маленьких электрофоров, каждый из которых передает возникающие на нем заряды двум конденсаторам. Для того, чтобы собрать и исследовать электрофор, нужно приготовить пластину *изолона* (это вспененный полиуретан, из которого делают туристические коврики), *металлический диск с изолирующей ручкой* (подойдет подходящая алюминиевая крышка с пластмассовой ручкой) и отрезок меха или шерсти.

Задание

Выясните, что собой представляет изобретенный А. Вольта электрофор, и исследуйте работу этого «неиссякаемого» источника электрических зарядов [5].

Выполнение

Натрите поверхность изолона мехом, положите на нее металлическую пластину с изолирующей ручкой и поднесите палец к пластине. Вы увидите искру, услышите треск и почувствуете легкий укол. Поднимите за ручку пластину и вновь поднесите к ней палец — снова между ними проскочит искра и вы пронаблюдаете только что перечисленные явления. Убедитесь, что однократная электризация изолона позволяет многократно получать примерно равные по величине электрические заряды. Объясните действие электрофора явлением электростатической индукции. Попробуйте зарядить от электрофора подходящий конденсатор [1].

4. Инструкция к малой электрофорной машине

Информация

Машина электрофорная малая выпускалась заводом «Физ-прибор» (г. Киров) в советский период. Мы нашли руководство по эксплуатации этой машины, изданное в 1985 году [6]. В нем приводится схематическое изображение машины (рис. 1), кратко говорится о назначении отдельных ее элементов и рассматриваются основные правила ее применения.

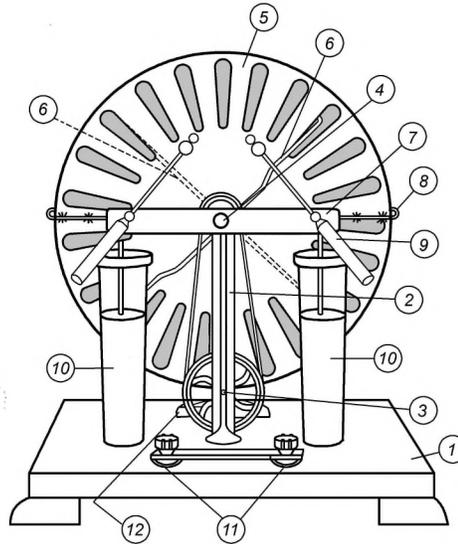


Рис. 1. Взятая из инструкции [6] схематическое изображение электрофорной машины. Полезно сопоставить обозначенные здесь детали с указанными на рис. 3, где не выделены только клеммы 11 с откидной перемычкой

Задание

Пользуясь руководством [6], изучите назначение, устройство, работу машины, ее применение, а также меры безопасности, правила хранения машины и ухода за ней.

Выполнение

1. Назначение. Машина электрофорная малая предназначена прежде всего для демонстрационных опытов по электростатике в основной и старшей школе.

2. Устройство. Машина содержит два одинаковых диска диаметром 275 мм из оргстекла, установленных параллельно на расстоянии примерно 5 мм. На дисках электропроводной краской,

содержащей порошок алюминия, выделены 26 одинаковых узких секторов, разделенных примерно равными им по ширине изоляционными промежутками. Ручной привод обеспечивает вращение дисков в противоположных направлениях с одинаковой скоростью. Машина снабжена двумя одинаковыми соединенными последовательно лейденскими банками емкостью 500 пФ каждая, к которым подключен разрядник. Гарантированная производителем длина искры между электродами разрядника не более 50 мм.

3. Работа машины. Для получения зарядов нужно вращать ручку машины по часовой стрелке, установив между электродами разрядника минимальное расстояние. После появления искры это расстояние можно увеличить. Прикасаться к электродам разрядника при работе машины нельзя. Если машина не дает искру, необходимо зарядить секторы одного из дисков наэлектризованной палочкой. Определить полярность машины можно, если разъединить лейденские банки, сблизить кондукторы разрядника и медленно вращать диски: в темноте на отрицательном шарике появится слабо светящееся фиолетовое пятно, а на положительном шарике образуются небольшие искры, ветвящиеся к концам.

4. Применение машины. Из руководства по эксплуатации видно, что электрофорная машина обеспечивает выполнение всех опытов по электростатике, в которых необходимо высокое напряжение [7].

5. Меры безопасности. Прикасаться можно только к изолирующим ручкам разрядника. После завершения демонстрации опыта необходимо сразу разрядить лейденские банки машины, и только потом производить любые другие действия.

6. Хранение и уход за машиной. Электрофорную машину следует предохранять от пыли и влажности. Если кисти на концах стержней не касаются дисков, то их нужно заменить новыми.

5. Названия основных деталей машины

Информация

На рис. 2 приведена сделанная сбоку фотография отремонтированной нами старой школьной электрофорной машины. Даже беглый взгляд на машину показывает, что она отличается высокой степенью симметрии.

Мысленно разделим машину пополам вертикальной плоскостью, проходящей посередине между ее дисками. *Передней стороной* машины будем считать ту ее половину, которая содержит разрядник и обращена к обучающимся. Противоположную половину машины, которая содержит ручку и обращена к учителю,

будем называть ее *задней стороной*. Аналогичным образом горизонтальной плоскостью, проходящей посередине стоек, разделим машину на *верхнюю и нижнюю части*. Очевидно, чтобы идти дальше, нужно договориться о названиях всех деталей этой машины.



Рис. 2. Вид сбоку на отремонтированную электрофорную машину: показаны передняя (справа) и задняя (слева) стороны, верхняя и нижняя части машины

Задание

На рис. 3 изображены отдельные части и детали разобранной электрофорной машины. Запомните или придумайте собственные названия этих элементов. Понятно, что лучше всего поискать и найти для них общепринятые технические термины.

Выполнение

В этой статье используются следующие названия: *1* — основание машины с закрепленными на нем двумя металлическими стойками; *2* — диск передний из оргстекла; *3* — диск задний из оргстекла; *4* — шкивы малые (*ступицы*), закрепленные круглыми металлическими гайками на дисках; *5* — прокладка картонная,

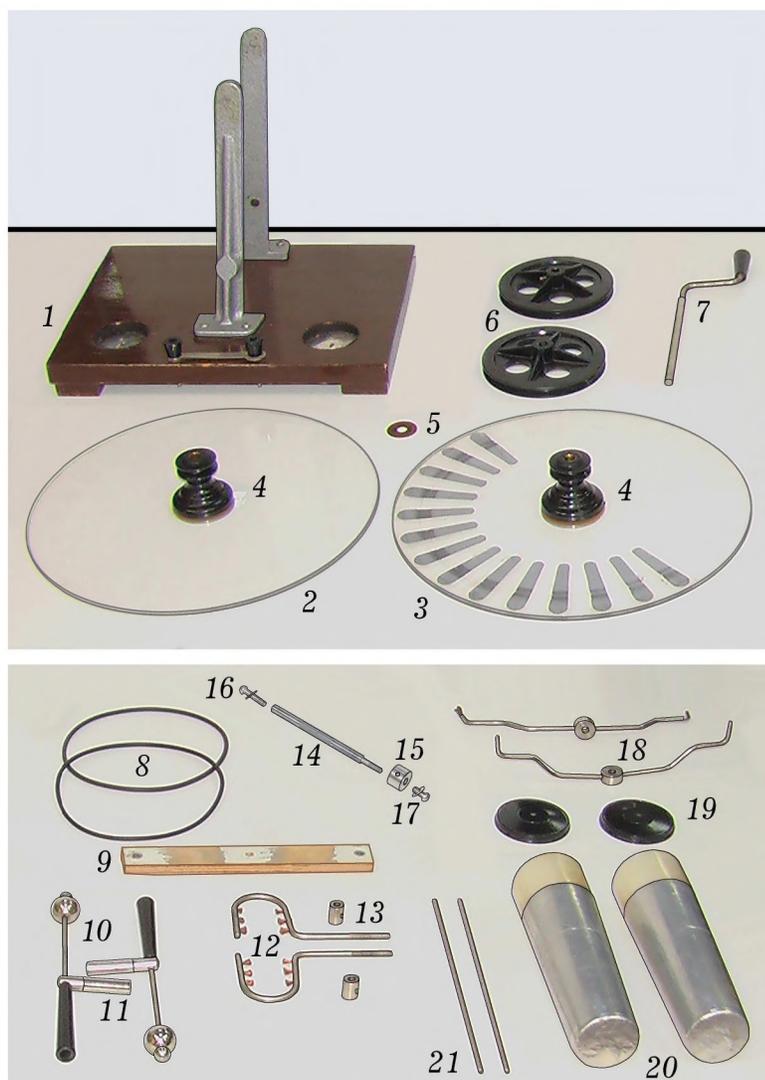


Рис. 3. Детали старой неработающей машины, показанной на следующем рисунке

пропитанная маслом, расположенная между круглыми гайками, которыми к дискам крепятся шкивы малые; *б* — шкивы большие; *7* — ось нижняя с отвертывающейся рукояткой, на этой оси закрепляются шкивы большие; *8* — ремни резиновые приводные;

9 — планка диэлектрическая для крепления электродов разрядника; 10 — электроды разрядника с шаровыми кондукторами и изолирующими ручками; 11 — втулки, в которых установлены электроды разрядника; 12 — гребни на дугах для съема зарядов с лепестков на дисках; 13 — гайки для регулировки положения гребней; 14 — ось верхняя, на которой вращаются диски; 15 — гайка цилиндрическая, наворачиваемая на передний конец оси верхней; 16 — винт для крепления верхней оси в стойке задней; 17 — винт для крепления планки 9 к гайке цилиндрической; 18 — нейтрализаторы, на концах которых закреплены проволочные щетки; 19 — крышки лейденских банок; 20 — банки лейденские; 21 — выводы внутренних обкладок банок металлические.

На фотографии (рис. 3) изображены детали разобранной машины, показанной на рис. 4. Это старая неработающая машина с самодельной фанерной планкой для крепления электродов. Обратите внимание, что в круглых углублениях основания 1 находится смятая алюминиевая фольга, которая обеспечивает контакт внешних обкладок лейденских банок 20 с лежащими на дне металлическими дисками. Эти диски под основанием соединены проводами с двумя клеммами (на рис. 1 они обозначены цифрами 11), ко-



Рис. 4. Старая неработающая машина, детали которой показаны на рис. 3, отремонтированный экземпляр — на рис. 2

торые расположены сверху основания и замкнуты между собой металлической перемычкой. Так осуществляется последовательное соединение лейденских банок.

И последнее: предназначенные для съема зарядов устройства *12* на дугах представляют собой короткие пучки тонкой медной проволоки, каждый из которых можно заменить острой иглой, отсюда и название — *гребни*.

6. Внешний осмотр и разборка машины

Информация

На рис. 4 приведена фотография неработающей школьной электрофорной машины. На ней видно, что машина уже подвергалась ремонту, так как пластмассовая планка для разрядника заменена держателем из толстой фанеры. Заметно, что нанесенные на диски электропроводные лепестки сильно стерты щетками нейтрализаторов. Однако сохранились приводные ремни, и остальные детали машины внешне выглядят вполне исправными, хотя и сильно загрязненными. Ремонт машины следует начинать с ее разборки. Если есть желание и подходящий инструмент, то разобрать каждый сумеет все что угодно. А вот сможете ли вы собрать разобранный так, чтобы изделие вновь заработало? Чтобы облегчить дело, подсказем, что все винтовые соединения в машине с правой резьбой. Кроме того, важно помнить, что прежде чем разбирать какой-нибудь узел, следует разобраться, для чего он нужен, как он работает и так ли необходима его разборка.

Задание

Разберите неработающую электрофорную машину на части и отдельные детали так, чтобы неисправные элементы можно было исправить или заменить и затем заново собрать из отдельных деталей машину.

Выполнение

1. Снятие передней части машины. Открутите винт *17*, который крепит планку *9* для электродов разрядника *10* (рис. 3). Аккуратно, перемещая вверх, снимите переднюю часть машины, состоящую из лейденских банок *19–21*, разрядника *10* с втулками *11*, планки *9* и гребней *12*. На рис. 5 приведена фотография, показывающая, что именно должно быть отделено от машины.

2. Разборка передней части машины. Просто снимите с металлических стержней *21*, идущих внутрь лейденских банок *20*, планку *9*, на которой закреплены электроды разрядника (рис. 6). Обратите внимание: эти стержни входят в отверстия, сделанные



Рис. 5. При разборке машины снята ее передняя часть

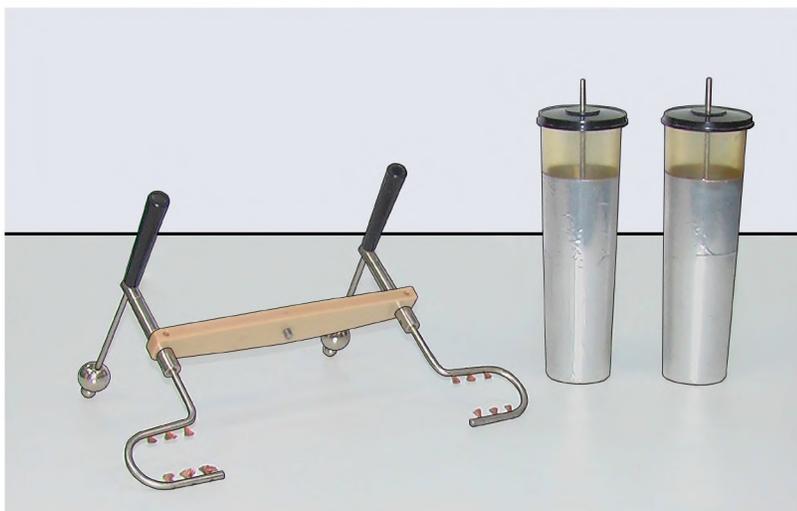


Рис. 6. Разъединены планка с разрядником и лейденские банки

в планке так, что они касаются металлических втулок *11*, с которыми соединены электроды разрядника.

3. Разборка разрядника и одного из гребней. Разборку этого узла произведите, как показано на рис. 7. Для этого в отверстие гайки *13*, накрученной на хвостовик гребня *12* (рис. 3), вставьте конец прочного металлического прутка (удобно использовать хвостовую часть подходящего по диаметру сверла) и отверните гайку. Затем разъедините втулку *11* электрода, планку для разрядника *9* и гребень *12*. Внимательно изучите это соединение и разберитесь, как оно позволяет регулировать положение гребня относительно дисков машины.

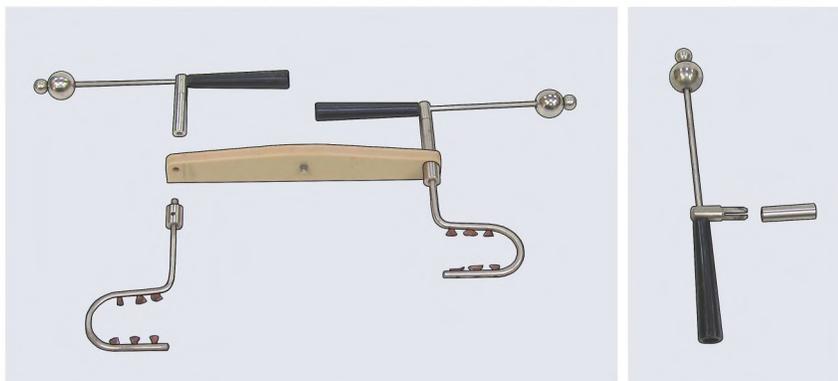


Рис. 7. Показаны соединения разрядников с планкой и гребнями, а также крепление разрядника во втулке

4. Отделение разрядника от втулки. На фотографиях (рис. 6 и 7) не показано, как разрядник *10* можно отделить от втулки *11*. Делается это растягивающим усилием, так как их соединение осуществлено посредством штекера типа *банан*. Такое соединение обеспечивает надежный электрический контакт, но со временем оно заметно ослабевает.

7. Ремонт и сборка передней части машины

Информация

Передняя часть машины служит для съема зарядов гребнями с лепестков на дисках, накопления электрических зарядов в конденсаторах типа лейденских банок и получения мощных искровых разрядов между кондукторами разрядника. Лейденские банки *19–21* имеют емкость примерно 500 пФ каждая и своими внешними

обкладками 20 соединены последовательно. Внутренние обкладки банок посредством стержней 21 соединены с гребнями 12 и электродами разрядника 10.

Задание

Проверьте, отремонтируйте и наладьте переднюю часть школьной электрофорной машины.

Выполнение

1. Очистка деталей. В первую очередь очистите все детали передней части от грязи, жира и ржавчины, используя для этого подходящие чистящие средства.

2. Ремонт планки для электродов. Штатную планку 9 обычно изготавливают из тонкой пластмассы, которая со временем трескается или вообще ломается. Эту деталь проще всего не ремонтировать, а сделать заново из любого хорошего диэлектрика: оргстекла, винилпласта, гетинакса и т. п. Например, на рис. 6 и 7 изображена планка, изготовленная из пластинки винилпласта размером $10 \times 30 \times 210$ мм.

3. Ремонт фиксаторов электродов. Электроды разрядника 10 закреплены во втулках 11 с возможностью поворота вокруг горизонтальных осей. Для этого использованы штекеры типа *банан*, что приводит к недостаточно прочной фиксации электродов разрядников в нужных положениях. Поэтому перед сборкой машины ножки штекеров необходимо несколько раздвинуть.

4. Ремонт гребней. Гребни 12 для съема зарядов с лепестков изготовлены из металлических дуг с отогнутым под прямым углом концом. Острия гребней выполнены из трех пар пучков тонкой медной проволоки, закрепленных в отверстиях дуг. Слегка распушенные концы этих пучков обращены навстречу друг другу (рис. 7) и в действующей машине направлены к лепесткам на дисках 2 и 3. Ремонт гребней обычно состоит в очистке и распутывании медной проволоки, из которой составлены пучки. При отсутствии одного или нескольких пучков их нужно изготовить из медной проволоки без изоляции диаметром примерно 0,12 мм. Подойдет провод специальной оплетки для удаления припоя, которую можно приобрести в радиомагазине.

5. Крепление гребней на планке для электродов. Вернемся к п. 6 статьи: перед разборкой передней части машины вы наверняка обратили внимание на то, что гребни 12 для съема зарядов расположены симметрично относительно дисков 2 и 3 машины и расстояние от концов гребней до поверхностей дисков составляет примерно 5 мм. Понятно, что узел, состоящий из планки, электродов и гребней, если он исправен, разбирать не нужно. Однако, если пришлось заменить неисправную планку 9 новой, то разбор-

ка и сборка этого узла неизбежны. При этом следует помнить, что основная функция обсуждаемого узла состоит в симметричной настройке гребней относительно дисков машины. Достигается это тем, что хвостовик гребня *12* снабжен длинной наружной резьбой, на которой находится регулировочная гайка *13*. Хвостовик продевается в отверстие планки *9* и на него наворачивается втулка *11* электрода разрядника, которая имеет внутреннюю резьбу. Положением гайки *13* на хвостовике определяется расстояние между гребнем и планкой. Обратите внимание на отверстие, сделанное сбоку в гайке *13*: оно предназначено для затягивания и фиксации этой гайки в найденном положении.

6. Проверка лейденских банок. Перед любыми действиями, связанными с лейденскими банками, их надежно разряжают, соединяя проводом в изоляции внешнюю обкладку с выводом, идущим от внутренней обкладки. Как ни странно, но внутри лейденских банок скапливаются грязь и мусор. Поэтому в первую очередь банки нужно очистить и при необходимости подправить их обкладки. Далее мультиметром измеряют сопротивления банок, которое для постоянного тока должно быть бесконечно большим. Взяв подходящий мультиметр (например, типа DT9208A), можно также измерить емкости каждой банки и убедиться, что они примерно одинаковы.

8. Дальнейшая разборка машины

Информация

Следующий этап разборки машины необходим, если лепестки на дисках повреждены щетками нейтрализаторов, или порваны и утеряны резиновые ремни, передающие вращение от нижних шкивов к верхним.

Задание

Внимательно рассмотрите верхнюю часть электрофорной машины. Найдите места крепления верхней оси *14* к стойкам. Найдите крепежные гайку *15* и винт *16*, подумайте, как открутить эти элементы. Подготовьте емкости для их временного хранения. Разберите верхнюю часть машины и разместите детали так, чтобы их не перепутать при сборке.

Выполнение

1. Освобождение приводных ремней. Снимите приводные ремни *8* сначала с малых верхних шкивов *4*, закрепленных на дисках, а затем с больших нижних шкивов *6* так, чтобы они висели на верхней оси *14* (рис. 8).

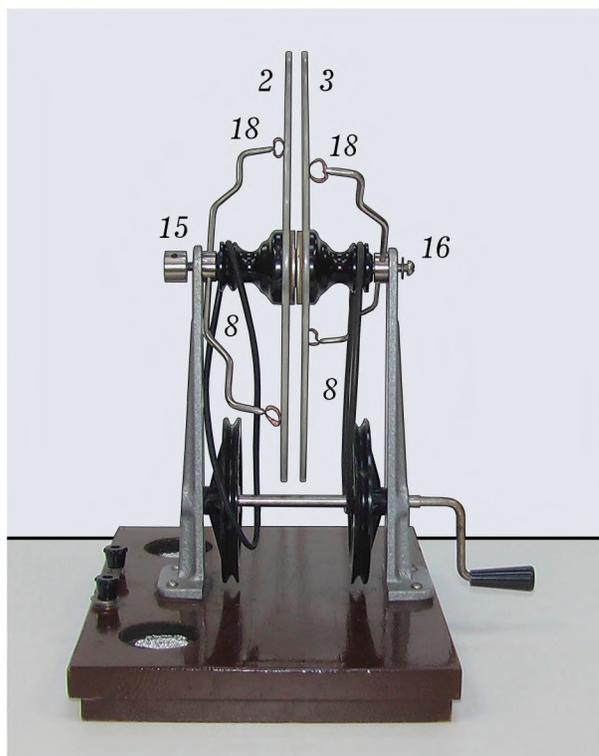


Рис. 8. Электрофорная машина без передней части

2. Освобождение оси с дисками. На рис. 8 показан вид сбоку электрофорной машины без передней части. Хорошо видно, что при разборке вначале нужно открутить расположенную на верхней оси 14 спереди круглую гайку 15. Для этого в имеющееся сбоку гайки цилиндрическое углубление вставьте конец стального стержня (хвостовик подходящего сверла) и, действуя этим стержнем как рычагом, произведите откручивание. Затем, придерживая диски рукой, отверткой выверните винт 16 с шайбой из заднего конца верхней оси.

3. Снятие дисков. Ось 14 с дисками 2 и 3 выведите из области между стойками, затем снимите с нее нейтрализаторы 18, приводные ремни 8, диски с малыми шкивами 4 и находящуюся между дисками промасленную картонную прокладку 5 (рис. 3). Резиновые ремни просто положите на основание машины (рис. 9).

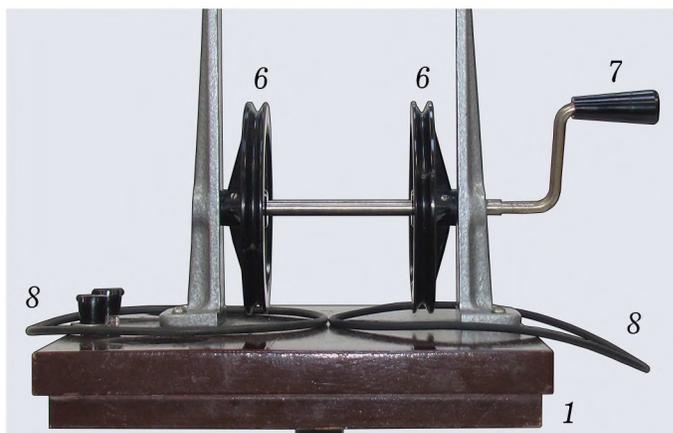


Рис. 9. Большие шкивы, закрепленные на нижней оси с рукояткой; снятые с них и верхних шкивов резиновые ремни лежат на основании машины

4. Освобождение дисков от шкивов. Диски 2 и 3 соединены с малыми шкивами 4 посредством круглых металлических гаек с диаметрально расположенными на них отверстиями (рис. 10). Эти гайки можно открутить специальным инструментом, но его трудно найти, поэтому мы использовали большой пинцет, вставив его ножки в отверстия гаек. На рис. 11 приведена фотография диска с отделенным от него шкивом. Однако если соединения дисков со шкивами надежны, то особой необходимости в разборке этого узла нет.

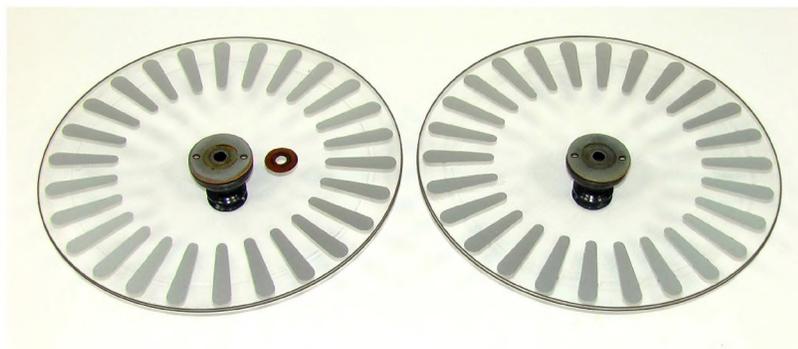


Рис. 10. Диски с закрепленными на них шкивами: на одном из дисков лежит промасленная картонная прокладка

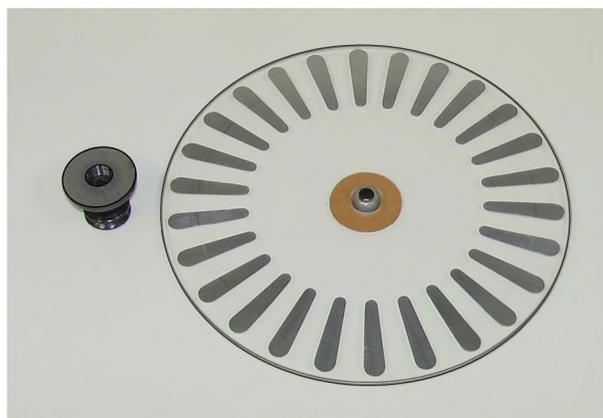


Рис. 11. Малый шкив (ступица) отделен от диска

9. Ремонт нейтрализаторов и дисков машины

Информация

Щетки нейтрализаторов 18, подобно гребням 12 для съема зарядов, изготовлены из пучков тонкой медной проволоки диаметром примерно 0,12 мм без изоляции — *мишуры*. Раньше мишура была общедоступна, так как применялась в елочных украшениях. Мы не знаем, где сейчас можно достать или приобрести проводочную мишуру. Аккуратно снять изоляцию с тонкого длинного провода, чтобы сделать даже одну щетку — весьма проблематично.

Как уже говорилось, лепестки на диски нанесены специальной электропроводной краской. В условиях учебной лаборатории для изготовления подобных лепестков проще всего использовать *скотч металлический 50 мм × 10 м с алюминиевым слоем толщиной 50 мкм* (другое название: металлизированная лента 50 мм × 10 м *Klebebander*). Такой скотч (рис. 16) применяется при ремонте помещений и его можно приобрести в магазине хозяйственных товаров.

Задание

Разработайте технологию и произведите ремонт нейтрализаторов и дисков электрофорной машины, у которой повреждены снимающие заряды щетки и лепестки, несущие заряды.

Выполнение

1. Ремонт нейтрализаторов. Щетки нейтрализаторов должны касаться лепестков, но не оказывать на них большого давления. В магазинах радиотоваров имеется *оплетка для удаления припоя* (диаметр 1 мм, длина 1,5 м, фирма *S-Linc*), изготовленная

из тонкого мягкого медного провода без изоляции. Из этого материала щетки нейтрализаторов можно выполнить в виде колец или распушенных метелок, как это показано на рис. 12 и 13.

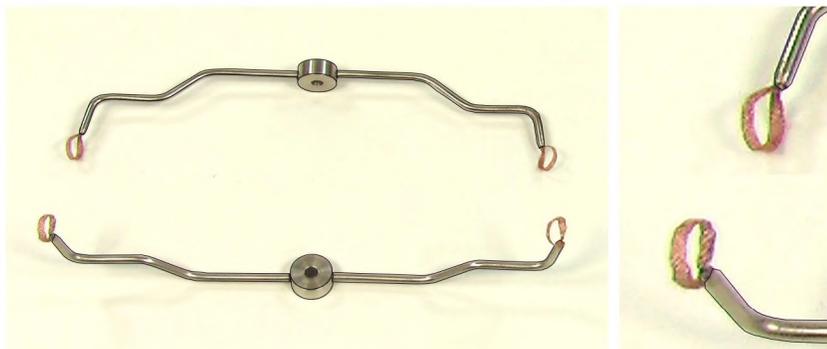


Рис. 12. Нейтрализаторы с кольцевыми проволочными щетками на их концах

2. Очистка дисков от старых лепестков. Если нет особой необходимости, то соединения дисков с малыми шкивами (ступицами) оставьте нетронутыми. В противном случае открутите плоскую круглую гайку, скрепляющую диск со ступицей (рис. 11). Далее диски нужно очистить от старых лепестков так, чтобы на оргстекле не осталось никаких следов. Поэтому лепестки удалите с дисков косметической жидкостью для снятия лака (*Antishellac*), которая не растворяет оргстекло.



Рис. 13. Нейтрализаторы с кистевыми проволочными щетками на их концах

3. Изготовление шаблона для наклейки лепестков на диски. На листе бумаги начертите окружность радиусом 138 мм и разделите

ее на 26 равных частей по числу лепестков на дисках. По обозначенным делениям проведите радиусы и начертите еще две окружности радиусами 133 мм и 78 мм (рис. 14). Вы получили шаблон, обозначающий положения лепестков и их осей на дисках.

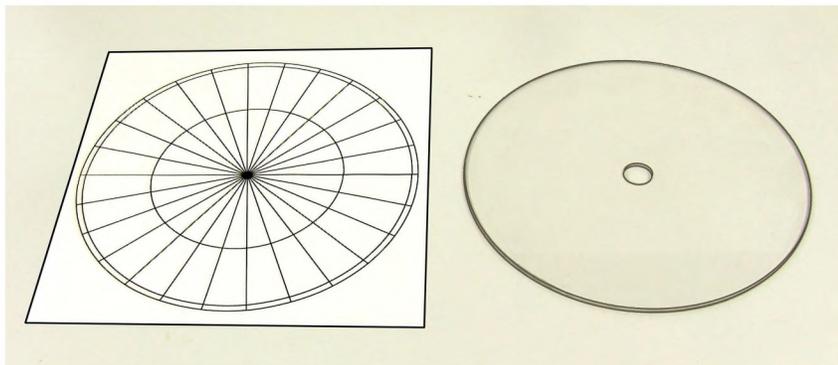


Рис. 14. Шаблон и чистый диск

4. Подготовка металлических лепестков. Вначале из тонкого оргстекла или другого подходящего материала изготовьте шаблон точно по размерам нанесенных на диски лепестков (рис. 15). Подберите материалы и инструмент для изготовления лепестков (рис. 16). Отрежьте от металлизированного скотча листок размером 50×50 мм, наложите на него шаблон лепестка и специальным резак вырежьте в металлическом слое три лепестка так, чтобы не повредить бумажную основу скотча.

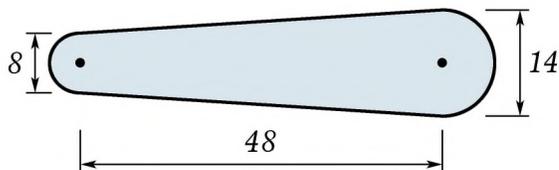


Рис. 15. Шаблон лепестка

5. Наклейка металлических лепестков на диск. Диск внутренней стороной положите на бумажный шаблон для наклейки лепестков и надежно скрепите их вместе небольшими отрезками малярного скотча. Верхнюю поверхность диска, на которой находились штатные лепестки, протрите спиртом и в дальнейшем старайтесь не прикасаться к ней пальцами. Край одного из лепест-

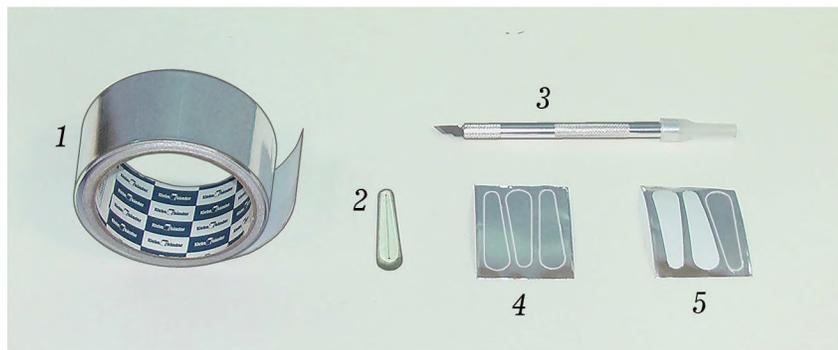


Рис. 16. Процесс изготовления лепестков из скотча: 1 — металлизированный скотч; 2 — шаблон лепестка; 3 — нож канцелярский; 4 — листок скотча; 5 — вырезанные лепестки перенесены на диск

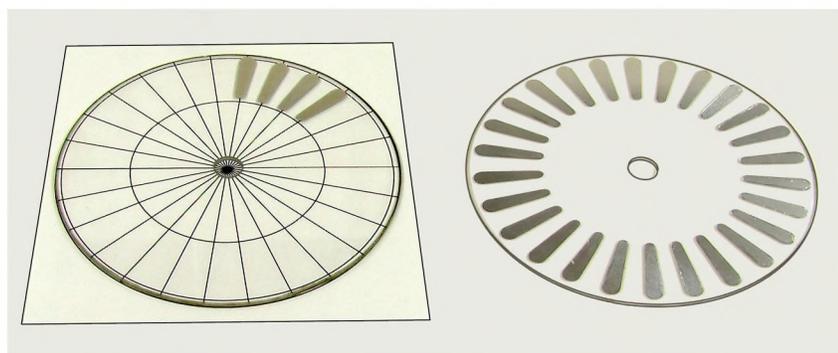


Рис. 17. Наклеивание новых лепестков из металлизированного скотча на чистый диск из оргстекла

ков, вырезанных в металлическом слое скотча, подденьте концом резака и отделите от основы скотча (рис. 16). Этот лепесток наложите на диск так, чтобы он был расположен между окружностями шаблона симметрично относительно одного из обозначенных на нем радиусов. Далее, разглаживая лепесток, приклейте его к оргстеклу. Выдавленный при этом за край лепестка клей удалите смоченной керосином ваткой. Один за другим аккуратно отделяйте от скотча металлические лепестки и наклеивайте их на диски между обозначенными на шаблоне окружностями симметрично относительно их радиусов (рис. 17). Полностью восстановленный диск протрите спиртом, чтобы снять остающиеся после работы следы.

10. Ремонт приводных ремней

Информация

Со временем резина приводных ремней растрескивается, ремни рвутся и теряются. Найти в продаже приводные ремни для дисков электрофорной машины мы не смогли. Зато оказались вполне доступными *резиновые шнуры для рукоделия*, предназначенные для различных поделок. Наиболее удобен *шнур резиновый 3(4) мм без отверстия, черный 8(4) м*, из которого можно склеить кольцо нужного диаметра *секундным клеем Космофен «Cosmo CA-500.200»* (рис. 18).

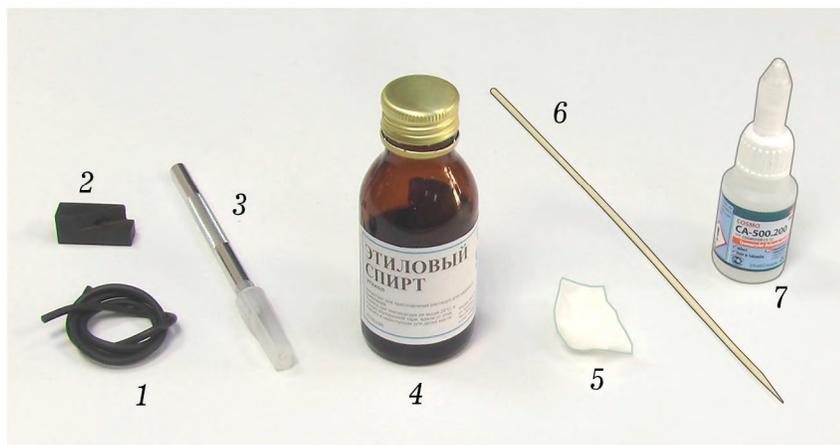


Рис. 18. Принадлежности для изготовления приводного ремня: 1 — шнур резиновый; 2 — приспособление для резки шнура; 3 — нож концевой; 4 — спирт этиловый; 5 — ватка; 6 — палочка для нанесения клея; 7 — клей Космофен

Задание

Разработайте технологию и изготовьте резиновые приводные ремни, предназначенные для приведения во вращение дисков электрофорной машины.

Выполнение

1. Порядок склеивания резины. В Интернете найдите ролики, в которых приведена инструкция по применению клея *Космофен* и показано, как склеивать резиновые ремни. Изучите их, особое внимание обратите на два положения: 1) рекомендованный клей является сильнодействующим ядом; 2) при попадании между пальцами он способен намертво склеить их кожу. Поэтому при склейке необходимо строгое соблюдение мер безопасности и гигиены.

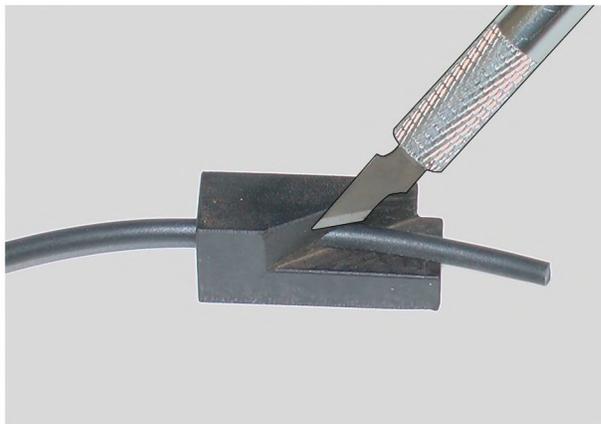


Рис. 19. Обрезание концов резинового шнура под нужным углом

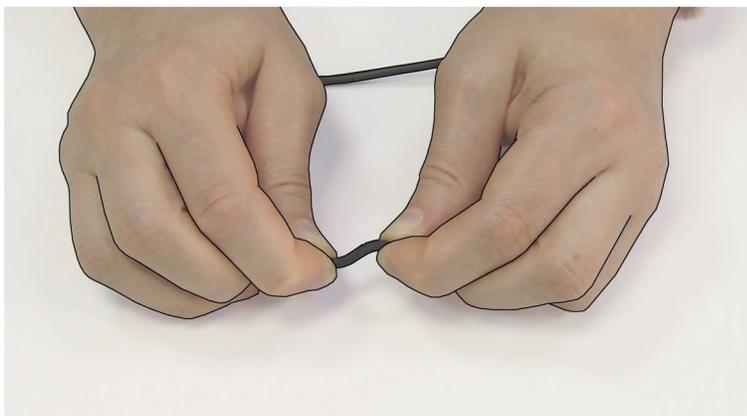


Рис. 20. Склеивание приводного ремня

2. Подготовка резинового шнура. Приводные ремни машины представляют собой кольца диаметром 160 мм из резинового шнура диаметром примерно 5 мм. Приготовьте отрезок такого шнура диаметром 4 мм длиной 500 мм, очистите его от загрязнений и протрите спиртом концы этого отрезка. Острым тонким лезвием чистого канцелярского ножа срежьте концы шнура под углом 30° . Чтобы обеспечить точность и чистоту срезов, удобно использовать простое приспособление, устройство которого показано на рис. 19.

3. Изготовление нового приводного ремня. Нанесите на один из срезов и размажьте по его плоскости небольшую каплю клея. Дайте клею просохнуть в течение 10–15 минут. Наложите срезы друг на друга и, крепко сжав их руками между собой, выдержите под давлением место склея в течение примерно 30 с (рис. 20). Конечно, прежде чем клеить приводной ремень, нужно потренироваться на обрезках резинового шнура.

11. Сборка и проверка отремонтированной машины

Информация

Для правильной и быстрой сборки электрофорной машины из отдельных деталей необходимо повторить в обратной последовательности все те действия, которые были произведены при разборке машины. Поэтому так важно, разбирая машину, точно зарисовывать (или фотографировать) и описывать отдельные ее узлы. Проверку и налаживание отремонтированной машины лучше всего произвести, имея перед глазами *Руководство по эксплуатации* этого физического прибора [6].

Задание

Соберите электрофорную машину из очищенных и отремонтированных деталей. Наладьте машину так, чтобы она давала жирную искру длиной не менее 50 мм.

Выполнение

1. Сборка нижней части машины. На стойки накиньте приводные резиновые ремни, в отверстие задней стойки проденьте нижнюю ось и последовательно наденьте на нее задний и передний большие шкивы. Введите конец оси в отверстие на передней стойке и винтами закрепите шкивы на оси так, чтобы концы винтов вошли в предназначенные для них углубления (рис. 8).

2. Сборка передней части машины. Переднюю часть электрофорной машины соберите в последовательности, показанной на рис. 6 и 5.

3. Сборка дисков. На отремонтированных дисках круглыми гайками закрепите малые шкивы или ступицы (рис. 11 и 10).

4. Сборка верхней части машины. На верхнюю ось машины последовательно наденьте передний диск с малым шкивом, промасленную картонную прокладку и задний диск с малым шкивом. Затем на верхнюю ось накиньте без перекручивания передний ремень и с перекручиванием задний ремень (рис. 8). После этого на ось наденьте передний и задний нейтрализаторы. Далее резьбовой конец верхней оси с установленными на ней деталями введите в отверстие в передней стойке машины и второй конец оси расположите так, чтобы его отверстие с внутренней резьбой оказалось против отверстия в задней стойке машины. Закрепите верхнюю ось

с дисками винтом с шайбой к задней стойке и круглой гайкой к передней стойке. На рис. 8 приведена фотография, которая позволяет наглядно представить последовательность выполнения описанных здесь действий. Накиньте передний неперекрытый резиновый ремень сначала на нижний большой шкив и затем на верхний малый шкив. Аналогичным образом соедините верхний и нижний задние шкивы перекрытым ремнем.

5. Установка передней части машины. Собранный переднюю часть машины лейденскими банками установите в углубления основания и планку с электродами закрепите винтом в резьбовом отверстии гайки, которая крепит верхнюю ось (рис. 8).

6. Настройка и проверка машины. Рукоятку электрофорной машины удобно вращать по часовой стрелке. Тогда, если перекрытый ремень находится спереди, то передний диск вращается против часовой стрелки. Чтобы машина работала, передний нейтрализатор должен быть расположен под углом 45° к горизонту так, чтобы его левый конец находился возле верхней половины диска, а задний нейтрализатор нужно повернуть перпендикулярно переднему (рис. 4).

Тот же результат получится, если, не меняя направление вращения рукоятки машины, перекрытый ремень переместить на задний шкив (рис. 1 и 5), а нейтрализаторы повернуть в противоположные стороны по часовой стрелке на 90° .

Для проверки исправности машины установите разрядный промежуток размером примерно 5 мм и приведите машину в действие. После получения короткой искры электроды разрядника раздвиньте и определите максимальный размер искры.

Если машина не работает, к вращающемуся диску поднесите напротив нейтрализатора наэлектризованное тело, например, эбонитовую палочку, потертую мехом.

12. Заключение

Важной характеристикой любой внеурочной деятельности школьников является время, необходимое для ее осуществления. Проведенный нами хронометраж ремонта электрофорной машины с исправными приводными ремнями дал следующие результаты: 1) очистка дисков — 17 мин.; 2) выравнивание щеток на гребнях — 30 мин.; 3) вырезание 54 лепестков — 70 мин.; 4) наклейка лепестков на оба диска — 93 мин.; 5) замена щеток на нейтрализаторах — 35 мин.; 6) сборка и проверка машины — 30 мин. Таким образом, чистое время работы опытного лаборанта по восстановлению электрофорной машины составило 275 минут или 4,5 часа. Звену из двух старшеклассников для этого потребуется в 2–3 раза больше времени, что вполне приемлемо.

Кратко перечислим знания и умения, которые приобретут школьники, выполнившие ремонт неисправной или возрождение старой электрофорной машины.

Знания: 1) основные принципы работы электрофорной машины; 2) явление электростатической индукции; 3) принцип действия электрофора; 4) положительная обратная связь; 5) конденсаторы и батареи конденсаторов; 6) механика электрофорной машины; 7) шкивы и приводные ремни; 8) передача синхронного вращения дисков в противоположные стороны; 9) техника безопасности.

Умения: 1) разборка, сборка и налаживание сложного высоковольтного электро-механического устройства; 2) использование металлизированного скотча; 3) изготовление шаблонов; 4) изготовление металлических лепестков; 5) наклейка лепестков на диски из оргстекла; 6) использование оплетки для удаления припоя; 7) изготовление металлических гребенок и щеток; 8) использование резинового шнура для рукоделия и секундного клея; 9) склейка резиновых ремней; 10) меры предосторожности в работе.

Мы твердо уверены, что эти и подобные им знания можно получить, а умения сформировать еще в школе, работая под руководством учителя физики с развитой экспериментальной компетенцией. Приобретенный при этом опыт физико-технической деятельности, бесспорно, окажется полезным будущему инженеру — создателю новой техники и новых технологий.

Исследование выполнено на базе Федеральной инновационной площадки «Школа учебного физического эксперимента» по проекту «Методика проведения новых физических опытов в школе как средство формирования инженерных компетенций обучающихся», который реализуется при финансовой поддержке Министерства просвещения Российской Федерации в рамках государственного задания (дополнительное соглашение Министерства просвещения Российской Федерации и ФГБОУ ВО «Глазовский государственный педагогический институт имени В. Г. Короленко» № 073-03-2023-026/2 от 20.06.2023 к соглашению № 073-03-2023-026 от 27.01.2023, регистрационный № НИОКТР 1022080500004-8-5.3.1).

ЛИТЕРАТУРА

1. Майер В. В., Варакина Е. И., Корнев Ю. А. Физическое моделирование электрофорной машины // Учебная физика. — 2023. — № 1. — С. 43–44.
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. Льюис М. История физики. — М.: Изд-во «Мир», 1970. — 464 с.
4. Физический энциклопедический словарь. Обратная связь. <http://es.niv.ru/doc/dictionary/physical/articles/35/obratnaya-svyaz.htm>
5. Майер В. В., Варакина Е. И. Простые опыты с электрофором // Потенциал. — 2012. — № 1. — С. 55–63.
6. Машина электрофорная (малая). Руководство по эксплуатации. — М.: Просвещение, 1983. — 8 с.
7. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. Т. 2. Электричество. Оптика. Физика атома. Пособие для учителей / под ред. А. А. Покровского. — М.: Просвещение, 1972. — 448 с.

Глазовский государственный
педагогический институт

Поступила в редакцию 28.04.23.

ABSTRACTS

Mayer V. V., Varaksina E. I. Stroboscopic method of investigation of rectilinear motion. It is proposed to use the method of stroboscopic photographing for the educational study of rectilinear motion. The basis of the installation is a straight chute with magnetic rails and a trolley with a magnetic suspension taken from the well-known set of «Mechanics». A self-luminous strobe light is fixed on the trolley, the rectilinear movement of which students photograph with digital cameras of tablets or smartphones. *Keywords:* chute with magnetic rails, maglev trolley, self-luminous strobe light, digital camera.

Borodin I. D., Popova A. V., Sidorenko F. A. A ball on a magnetostrictive vibrator. An educational study of the behavior of a steel ball located at the end of a vertical ferrite rod carrying out magnetostrictive vibrations under the influence of a high-frequency field of the coil has been implemented. At the same time, it is possible to observe random bounces of the ball to heights up to tens of centimeters. These observations introduce students to the physics of the impact of the ball on the rod and the phenomenon of magnetostriction. *Keywords:* magnetostrictive vibrator, ferrite rod, frequency 14.75 kHz, steel ball.

Mayer V. V., Varaksina E. I., Vasiliev I. A., Kornev Yu. A. Repair of a school electrophoretic machine as a means of developing engineering competence. The technology of repair of a school electrophoretic machine aimed at the development of engineering competence in the study of physics in secondary and higher pedagogical schools is considered. *Keywords:* engineering competence, development, electrophoretic machine, repair.

Kokin S. M., Stouykhin S. G., Mukhin S. V. Setting up laboratory work «Determination of the molar mass of air». The paper describes the work for a student laboratory workshop on physics of «molar mass of air». The work can be attributed to the branches «Molecular physics» and «Vibrations and waves». The installation was created at the Department of «Physics» of RUT (MIIT). *Keywords:* laboratory work, molar mass of air, ideal gas, Lissajous figures.

Arzhanik A. R., Kataev S. G., Shtak A. V. Prospects for application of the training X-ray installation in physical workshop and interdisciplinary courses. The experience of using an educational X-ray installation in a physics workshop and for demonstrating the properties of X-ray radiation for students of pedagogical universities is presented. *Keywords:* X-ray radiation, physical workshop, demonstration experiment.

Saurov Yu. A., Uvarova M. P. On structural representations of physical thinking in learning. Physical thinking is a complex structural formation of intellectual processes. Depending on the specifics of the subject activity, its structure and content can be refined and technologically presented in the form of certain components. Therefore, for the practice of teaching physics, it is so important to identify the components of physical thinking, in fact, «learning outcomes», and on this basis to build methods for the formation (assignment) of thinking as a «kind of experience». *Keywords:* methodology of activity, physical thinking, theoretical generalizations, structures of thinking, orientations of educational activity.