

АКАДЕМИЯ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ НАУК РСФСР

Н О В Ы Е ШКОЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

ПО ФИЗИКЕ
И АСТРОНОМИИ



АКАДЕМИЯ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ НАУК РСФСР
ИНСТИТУТ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ

ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА УЧИТЕЛЯ

Н О В Ы Е ШКОЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ПО ФИЗИКЕ И АСТРОНОМИИ

Под редакцией
А. А. ПОКРОВСКОГО

ИЗДАТЕЛЬСТВО
АКАДЕМИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ НАУК РСФСР
Москва 1959

*Печатается по решению
Ученого совета
Института методов обучения
АПН РСФСР*

Сборник содержит описания новых оригинальных учебных приборов по физике (механике, гидро- и аэродинамике, теплоте, электричеству, оптике и др.) и астрономии, разработанных учителями, аспирантами и научными сотрудниками. Среди других описаны приборы для демонстрации законов равномерного движения по кругу, для электронской обработки металла, действующие модели гидротурбины, парового котла, модель автомобиля, управляемого по радио, демонстрационный фотометр, фотореле с приспособлением для сортировки деталей, армиллярная сфера и др.

Книга предназначена для учителей физики и астрономии, преподавателей и студентов пединститутов.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Широкое осуществление задач политехнического обучения, поставленных XXI съездом КПСС, требует не только изменения содержания обучения многих предметов, улучшения методов преподавания, замены учебников и т. п., но и введения нового весьма разнообразного оборудования.

Особенно резко выявляется необходимость в новых демонстрационных и лабораторных приборах для учебных предметов естественного цикла и среди них в первую очередь для физики. Без новых приборов по физике почти невозможно в конкретной форме показать учащимся тесную связь физики с техникой, производством; трудно осуществить необходимую наглядность в преподавании, невозможно привить в процессе обучения необходимые умения и навыки.

Чтобы школа как можно быстрее получила оборудование, полностью отвечающее современным требованиям, надо всемерно развивать конструирование учебных приборов и пособий. Необходимо шире привлекать к разработке и обсуждению новых учебных пособий учителей школ. Надо систематически осведомлять конструкторов и изобретателей с тем, что уже сделано в настоящее время в области учебных пособий и что предстоит сделать. Следует тщательно разработать тематику наиболее актуальных новых приборов и приборов, подлежащих реконструкции, и рекомендовать ее для выполнения, чтобы не было повторения уже сделанного.

Одним из мероприятий, направленных на осуществление указанных задач, является настоящий сборник по физике и астрономии, подготовленный в отделе учебного оборудования Института методов обучения Академии педагогических наук РСФСР

В сборнике приняли участие: В. А. Буров — учитель средней железнодорожной школы ст. Кратово, Московской области; А. И. Глазырин — старший научный сотрудник Института методов обучения АПН, пенсионер; А. Г. Дубов — старший научный сотрудник Института методов обучения АПН; Б. С. Зворыкин — научный сотрудник Института методов обучения и учитель средней школы № 315 Москвы; С. Е. Каменецкий — учитель средней школы № 212 Москвы; Г. Н. Костин — преподаватель Краснодарского пединститута; Б. Ю. Миргородский — учитель средней школы № 18 г. Сумы; В. П. Орехов — преподаватель Рязанского пединститута; П. П. Орлов — преподаватель Сталинградского пединститута; В. Г. Разумовский — аспирант Института методов обучения АПН; И. М. Румянцев — аспирант Института методов обучения АПН; М. М. Терентьев — преподаватель Московского городского пединститута, учитель средней школы № 443 Москвы; В. Г. Холяпин — преподаватель Балашевского пединститута; Н. М. Шахмаев — научный сотрудник Института методов обучения АПН и учитель средней школы № 215 Москвы; И. А. Войтенко — учитель средней школы, пенсионер; И. И. Старостин — преподаватель Московского пединститута им. В. И. Ленина; А. Д. Могилко — аспирант пединститута им. В. И. Ленина в Москве; Н. К. Семакин — заведующий народной астрономической обсерваторией Дворца культуры Московского автозавода им. Лихачева.

Многие из описанных в сборнике физических приборов разработаны под непосредственным руководством старшего научного сотрудника лаборатории методики физики кандидата педагогических наук А. А. Покровского.

Отдел учебного оборудования и лаборатория методики физики просят присылать отзывы о сборнике, замечания о помещенных в нем приборах и предложения по адресу: Москва, Лобковский пер., д. 5/16, Институт методов обучения.

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И НАБОРЫ

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ С ПРИНАДЛЕЖНОСТЯМИ

Основой прибора служит электродвигатель мощностью 75 вт, выпускаемый промышленностью для швейных машин. К электродвигателю прикреплен стальной стержень диаметром 14 мм, длиной 160 мм, в который ввернуты два винта с крупными зажимными гайками (рис. 1). Стержень дает возможность устанавливать электродвигатель в любом положении с помощью универсального штатива, гайки позволяют укреплять на электродвигателе различные принадлежности.

К электродвигателю присоединены два шнура. Один из них заканчивается штепсельной вилкой и служит для включения в розетку осветительной сети (127 в и 220 в)

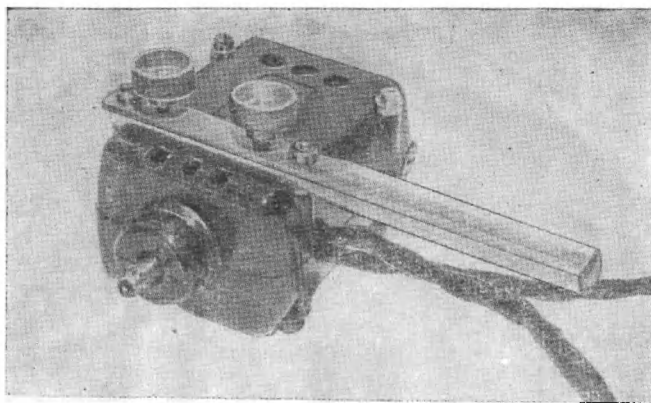


Рис. 1. Универсальный электродвигатель

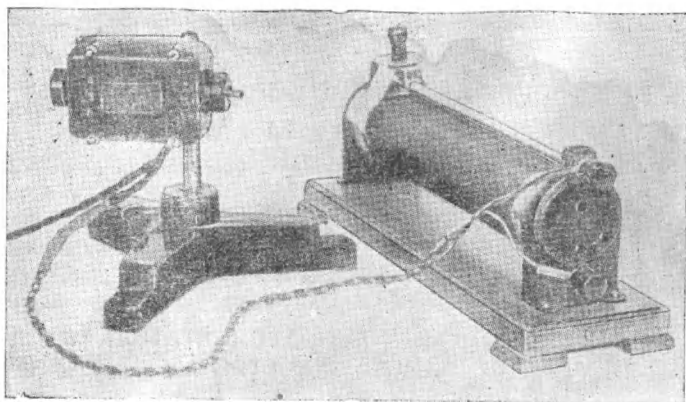


Рис. 2. Электродвигатель с реостатом

или для присоединения к автотрансформатору (ШРН и ЛАТР), а другой — снабжен наконечниками для присоединения к реостату (рис. 2). Если электродвигатель

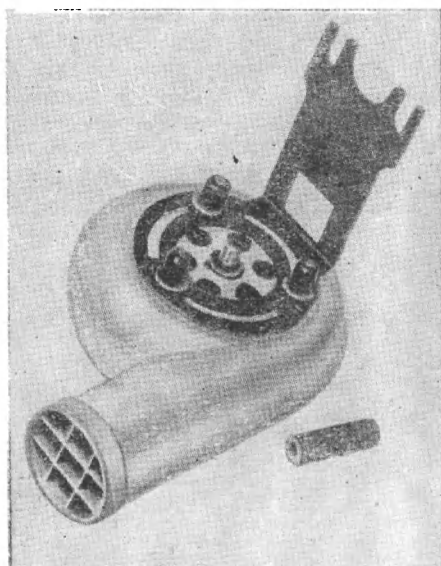


Рис. 3. Фен с кронштейном и соединительной трубкой

работает от автотрансформатора, то концы шнура соединяются между собой.

С помощью автотрансформатора можно плавно изменять скорость вращения электродвигателя в широких пределах, от 100 до 5000 об/мин.

К универсальному электродвигателю прилагается коническая насадка, надеваемая на выступающий конец вала. Она служит для крепления приборов, снабженных коническим хвостовиком.

Универсальный электродвигатель предназначен для приведения в действие ряда приборов, краткое описание которых приведено ниже.

Фен для опытов по аэродинамике

Прибор (рис. 3) представляет собою небольшую круглую плоскую камеру из жести с четырехлопастной крыльчаткой, вал которой установлен в двух бронзовых подшипниках. При вращении крыльчатки воздух засасывается внутрь камеры сквозь отверстия, имеющиеся вблизи подшипников, и прогоняется сильным потоком через широкий патрубок. С целью ослабления вихрей в воздушном потоке патрубок снабжен спрямляющей решеткой.

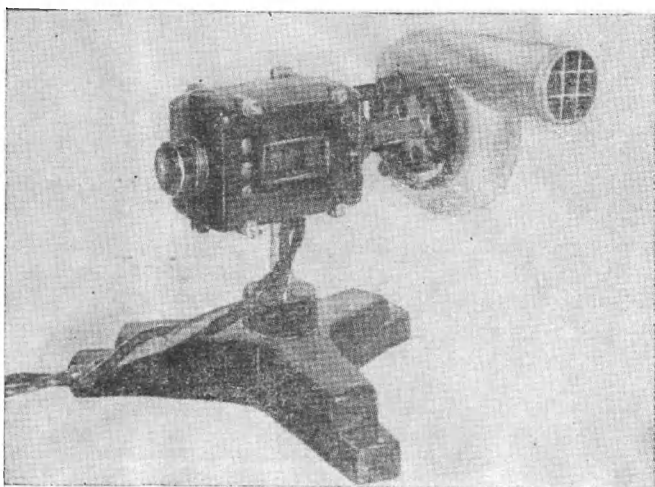


Рис. 4. Фен на электродвигателе

Фен приводится в действие универсальным электродвигателем (рис. 4), с которым он соединяется посредством кронштейна. Кронштейн укреплен на фене; он имеет вырезы, которые входят под зажимные гайки электродвигателя, а также простое устройство, позволяющее в случае необходимости поворачивать фен относительно кронштейна на 90° . Вал крыльчатки соединяется с валом электродвигателя небольшим отрезком толсто-стенной резиновой трубки. Такое соединение оказывается наиболее удачным.

Вентиляторная насадка

Вентиляторная насадка (рис. 5) представляет собою три лопасти из листовой резины, скрепленные обоймой с муфтой. Посредством муфты насадка укрепляется на валу универсального электродвигателя. Вентиляторная насадка может использоваться в ряде опытов по физике: при получении воздушных потоков разной скорости, при охлаждении жидкости, демонстрации действия ветро-насосной станции и др.

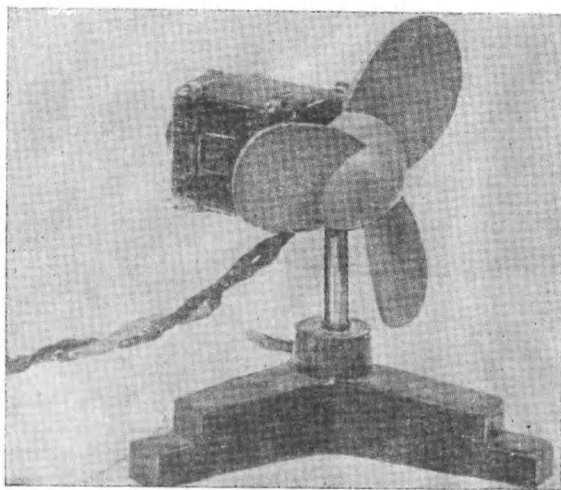


Рис. 5. Вентилятор

Центробежный водяной насос

Корпус насоса диаметром 85 мм изготовлен из алюминия, а передняя стенка—из органического стекла (рис. 6). Сквозь нее виден ротор с четырьмя изогнутыми лопастями. Дно корпуса насоса, основание ротора и лопасти имеют контрастную окраску, позволяющую лучше рассмотреть детали.

Для приведения насоса в действие его скрепляют с универсальным электродвигателем при помощи кронштейна. Вал насоса соединяют с валом электродвигателя коротким отрезком толстостенной резиновой трубки.

Перед пуском на входной патрубок насоса надевают резиновую трубку. Другой конец ее опускают в сосуд с водой. Насос помещают ниже уровня воды в сосуде и заполняют водой. После включения электродвигателя насос дает сильную струю воды, которая может быть направлена вверх для получения фонтана, в какой-либо резервуар или по замкнутой системе труб.

Прибор служит для демонстрации устройства и действия центробежного водяного насоса, а также применяется при изучении центробежных механизмов; он мо-

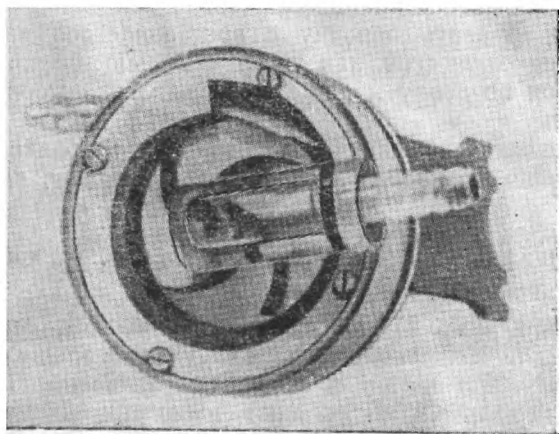


Рис. 6. Центробежный водяной насос на кронштейне

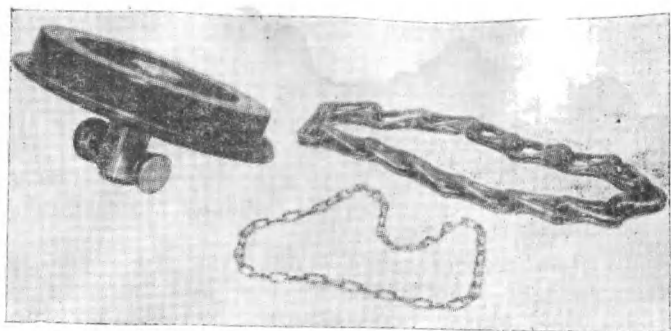


Рис. 7. Диск с цепочками

жет служить аналогом источника тока в специальной установке для демонстрации водяной аналогии электрической цепи и т. п.

Диск с цепочкой

Прибор (рис. 7) представляет собой диск с одним небольшим бортиком, по форме он напоминает вагонное колесо. На диск надевается металлическая цепочка. С помощью муфты прибор насаживается на выступающий конец вала универсального электродвигателя и приводится в быстрое вращение.

Если сбросить цепочку с вращающегося диска, то она будет вести себя, как упругое кольцо: подпрыгивая, покатится по столу и даже преодолит невысокие препятствия.

Цепочка окрашена белой эмалью, благодаря чему она хорошо видна на фоне черного диска и классной доски.

Эксцентрик для возбуждения механических колебаний

Прибор (рис. 8) состоит из небольшого диска 1 с муфтой для насаживания на вал универсального электродвигателя и планки 2 с пальцем 3. На палец надет ролик для закрепления поводка 4. Палец на диске расположен эксцентрично. Путем поворота планки расстояние пальца от оси вращения можно менять. С помощью эксцентрика можно периодически возбуждать пружи-

ны, шнуры и т. п. и демонстрировать явление механического резонанса, образование стоячих волн на шнуре и другие опыты.

Применение универсального электродвигателя не ограничивается приведением в действие описанных выше приборов. С его помощью можно также приводить в действие школьные генераторы тока, вращать различные стробоскопические диски, демонстрировать разрыв парафинового диска и др.

Однако универсальный электродвигатель не заменяет, а дополняет школьную центробежную машину; он применяется в тех случаях, когда машина не может обеспечить достаточной скорости, необходимой равномерности и длительности вращения.

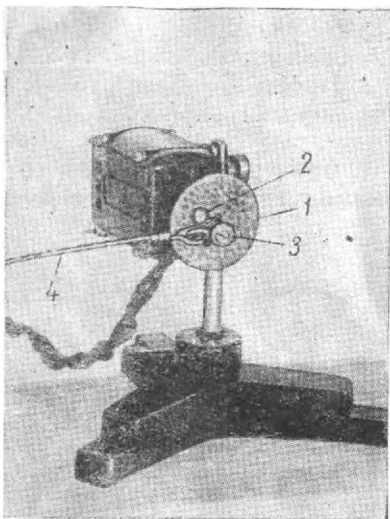


Рис. 8. Эксцентрик на оси электродвигателя

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ НАБОР ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ СТРЕЛОЧНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Универсальный набор состоит из вертикальной деревянной панели, хорошо видимой на рис. 12, и отдельных деталей (рис. 9).

Во многих стрелочных измерительных приборах легко усмотреть одни и те же общие части: 1) передаточный механизм, представляющий собой чаще всего систему рычагов или зубчатых колес; 2) приспособления, противодействующие перемещениям в передаточном механизме (чаще всего это различные пружины); 3) приспособления для отсчета (шкала с указателями). Сборка таких приборов из деталей предлагаемого набора дает возможность познакомить учеников с перечисленными общими частями стрелочных приборов и, следовательно,

дать учащимся обобщенные и систематизированные знания об особенностях конструкции этих приборов.

Набор позволяет также собирать модели некоторых технических приборов, с которыми весьма желательно познакомить учеников (манометров, биметаллического термометра, центробежного тахометра, технического динамометра с пластинчатыми пружинами).

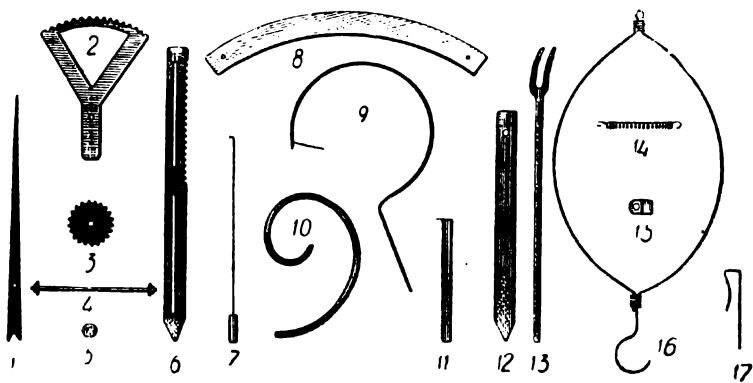


Рис. 9. Детали набора

При демонстрации моделей, собранных из деталей данного набора, иногда приходится пользоваться и некоторым общепринятым оборудованием физического кабинета: штативами, катушками трансформаторов и т. п.

Вертикальная панель изготавливается из фанеры толщиной не менее 5 мм. На панели при помощи гаек крепятся 12 винтов, расположение которых показано на рис. 10. Высота над панелью 7-го винта—25, 2 и 3-го—20 и остальных—15 мм. Конец 7-го винта длиной в 5 мм обточен в виде цилиндрика диаметром в 2,5 мм. Общей для всех собираемых моделей является стрелка 1, имеющая пять отверстий и щель (рис. 11). Диаметр 1, 3 и 5-го отверстий должен соответствовать диаметру 7-го винта. 1-е отверстие просверлено в центре тяжести стрелки. При помощи одного из данных отверстий стрелка крепится на оси. При помощи 2 и 4-го отверстий и щели она присоединяется к передаточным механизмам. Стрел-

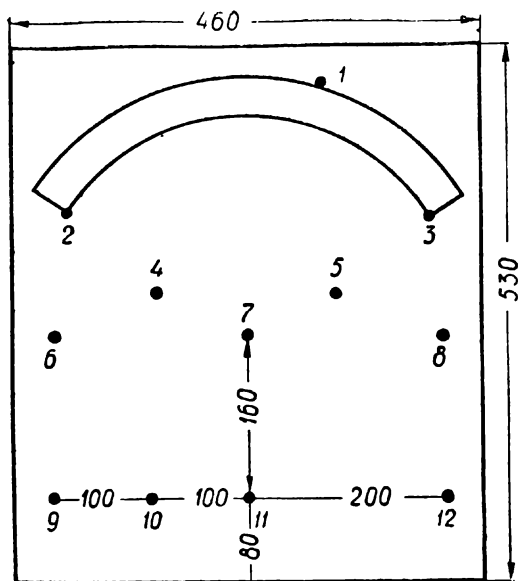


Рис. 10. Схема вертикальной панели

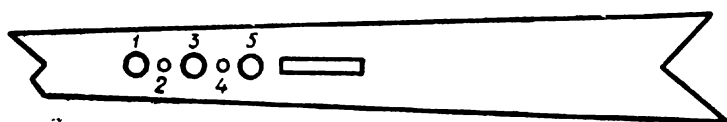


Рис. 11. Стрелка

ку лучше всего изготовить из дюралюминия толщиной 1—1,5 мм.

Демонстрации с универсальным набором полезно разделить на основные и дополнительные. Дополнительные демонстрации отмечены звездочкой.

Прибор для упражнения в отсчете показаний по различным шкалам

Прибор (рис. 12) собирается из стрелки 1, оси 4 и зеркальной шкалы 8 (см. рис. 9). На нем легко показать ученикам возникновение ошибок «на параллакс» и приемы отсчета по зеркальным шкалам.

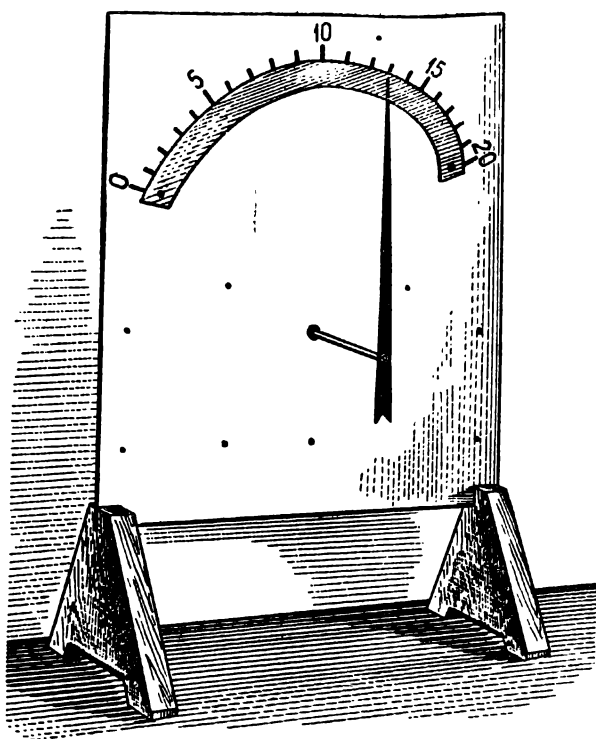


Рис. 12. Модель для упражнения в отсчетах по шкале

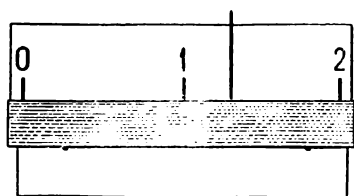


Рис. 13. Шкала с указателем и закрытыми мелкими делениями

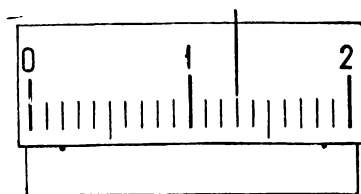


Рис. 14. Шкала с указателем и открытыми мелкими делениями

Изготовив из бумаги шкалу того или иного измерительного стрелочного прибора, впервые изучаемого школьниками, и поместив ее на панель, можно провести коллективные упражнения в отсчетах по данной шкале. Особенно это полезно, если шкала прибора неравномерна и цена ее делений на различных участках различна.

Чтобы провести упражнение в глазомерном определении долей наименьшего деления шкалы прибора, наверху панели помещается шкала (0—1—2) и указатель 17, как это показано на рис. 13. Нижняя часть шкалы с контрольными мелкими делениями закрывается белой полоской. Полоска снимается после того, как вызванный ученик определит на глаз долю наименьшего деления (рис. 14).

* Модель индикатора

В модели (рис. 15) использованы детали 1, 2, 3, 12. Перемещая под вертикальным стержнем 12 брусок, имеющий неровности на своей поверхности, можно за-

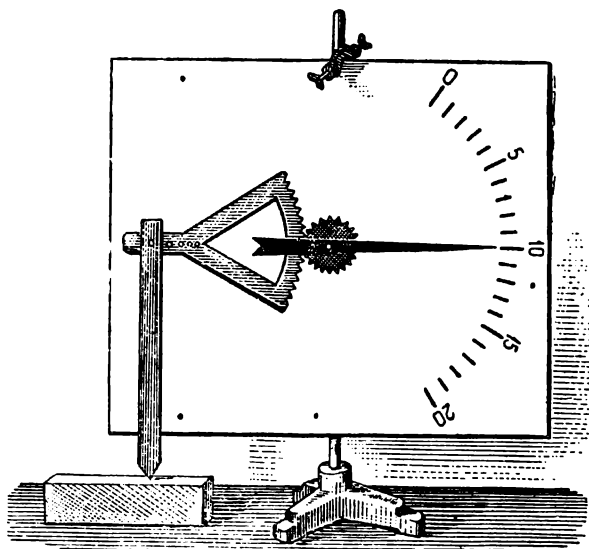


Рис. 15. Модель индикатора

метить перемещение стрелки по шкале и тем самым дать ученикам некоторое представление о принципе действия технического индикатора, позволяющего определять разность длин с точностью до 0,01 мм.

*** Прибор для определения положения равновесия колеблющейся стрелки**

Панель прибора вставляется в пазы подставок шкалою вниз, как это показано на рис. 16. Стрелка должна быть надета на конец оси отверстием 3. При этом стрелка, предварительно выведенная из положения равновесия, будет совершать медленные затухающие колебания, подобные колебаниям стрелки технических весов.

Положение равновесия стрелки может быть найдено достаточно точно по трем или пяти последовательным полуразмахам. Если желательно, чтобы в положении равновесия стрелка не стояла на нуле (дел. 10), то под одну из ножек подставки можно подложить клинышек.

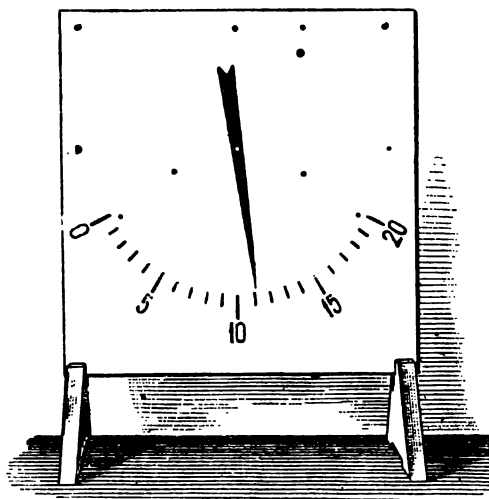


Рис. 16. Модель для определения положения равновесия колеблющейся стрелки

Модель технического динамометра

В модели (рис. 17) использованы детали 1, 3, 6 и 16. Деталь 16 представляет собой пружину из стальной проволоки или двух пластин. Подвешивая на крюк динамометра грузы, можно показать ученикам принцип градуировки этого прибора.

Модели мембранных манометров

Используя в качестве мембранной коробки какой-либо сосуд, затянутый резиновой перепонкой и имеющий ниппель для откачки или нагнетания воздуха (цилиндр Герике, капсюль к манометру, воронку для наливания жидкости), можно собрать три модели мембранного манометра (рис. 18 а, б, в), отличающиеся по своему передаточному механизму.

В первой модели (18 а) использованы детали 1 и 7, во второй (18 б) — детали 1, 3, 6, в третьей (18 в) — 1, 2, 3 и 7. В третьей модели вместо тяги 7 можно было бы применить деталь 12. Тогда передаточный механизм ма-

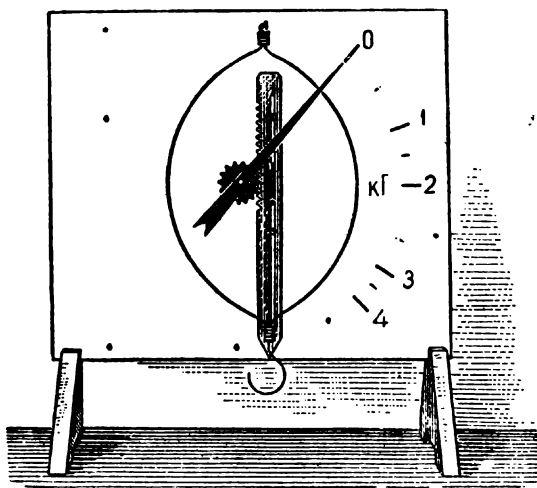


Рис. 17. Модель технического динамометра

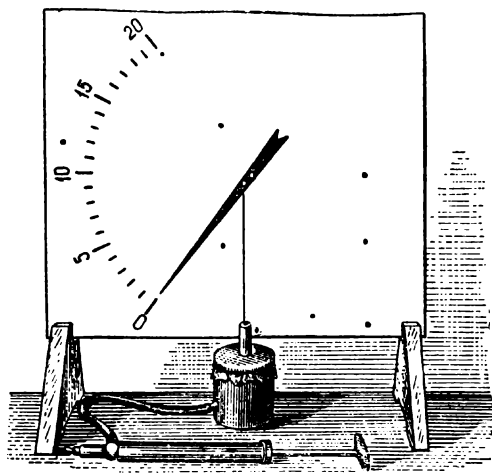


Рис. 18а

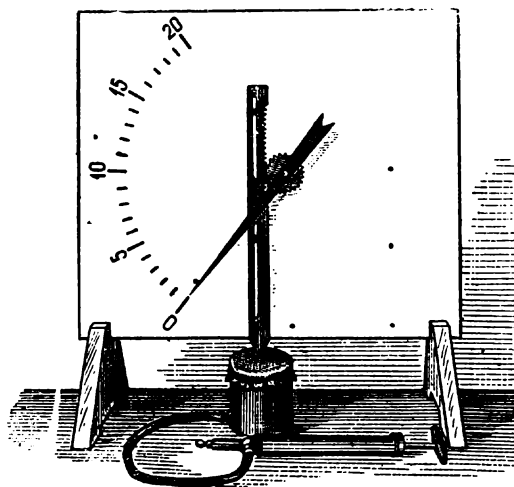


Рис. 18б

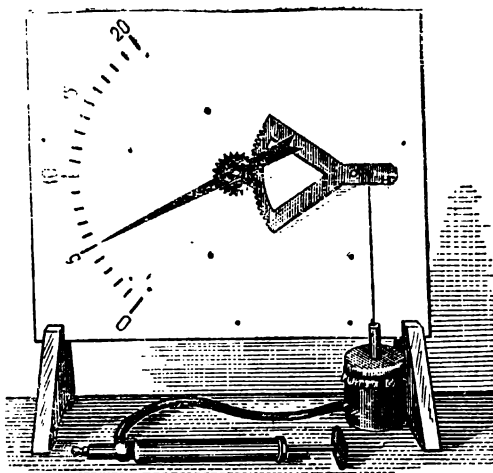


Рис. 18в

нометра в точности соответствовал бы передаточному механизму модели индикатора (рис. 15).

Модель трубчатого манометра

В модели трубчатого манометра (рис. 19) применяется резиновая трубка спиральной формы (10). Для придания трубке нужной упругости ее следует обернуть стальной проволокой. Изогнутый конец трубки завязывается наглухо. На конце трубки должен быть выступающий перпендикулярно ее плоскости стерженек, который вставляется в щель стрелки. Последняя надевается на ось пятым отверстием. Для того чтобы стрелка не задевала за трубку, под нее нужно подложить шайбу 5. Трубка крепится на панели при помощи скобы 15.

* Модель самопишущего манометра

В модели (рис. 20) использованы стрелка 1 и тяга 7. Ось стрелки зажимается в лапке штатива. На конец стрелки надевается кисточка, смоченная краской. Запись производится на бумажном цилиндре, надетом на вращающееся восьмигранное зеркало или какой-либо

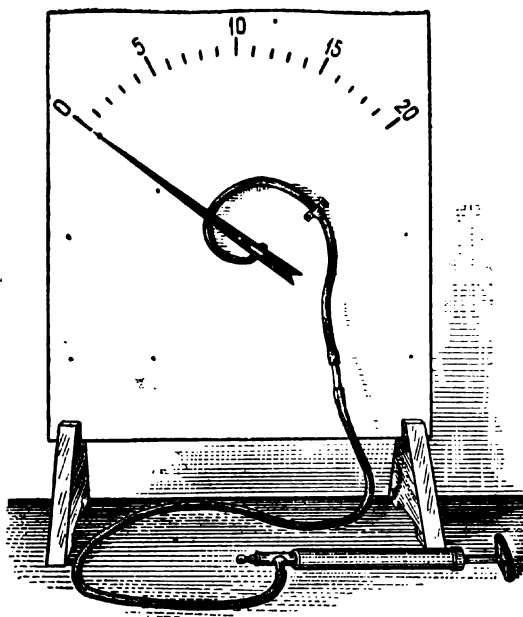


Рис. 19. Модель трубчатого манометра

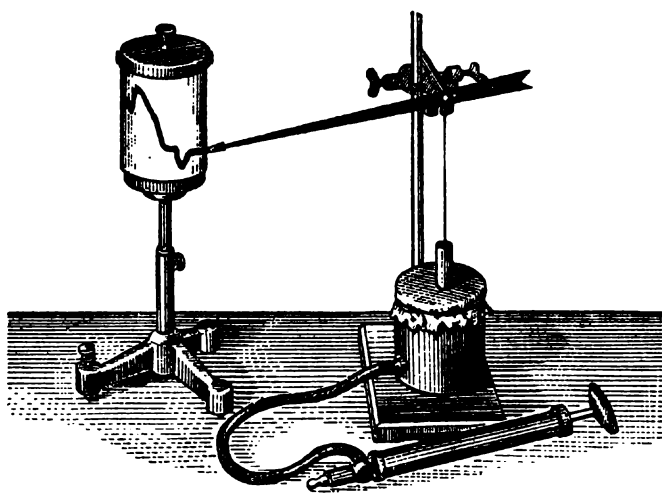


Рис. 20. Модель самопишущего манометра

иной вращающийся барабан. Зеркало приводится во вращение от руки или при помощи центробежной машины — весьма распространенного прибора в физических кабинетах, не показанного на рисунке.

Модель центробежного тахометра

Модель технического центробежного тахометра с двумя грузами может быть собрана по рис. 21 из деталей 1 и 13, учебной модели регулятора Уатта и центробеж-

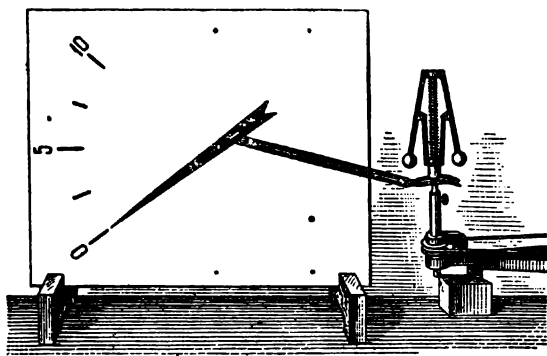


Рис. 21. Модель центробежного тахометра

ной машины. Перемещение от регулятора передается стрелке при помощи вилки 13, имеющей выступ, который вставляется в щель стрелки.

* Прибор, поясняющий действие биметаллической пластинки

В приборе (рис. 22) использованы стрелка 1, биметаллическая пластинка 11 и шайба 5; его устройство аналогично устройству прибора, который выпускается Главучтехпромом.

Демонстрация этого прибора должна подготовить учеников к пониманию устройства и принципа действия биметаллического термографа, широко применяемого в научно-исследовательских работах и технических устройствах.

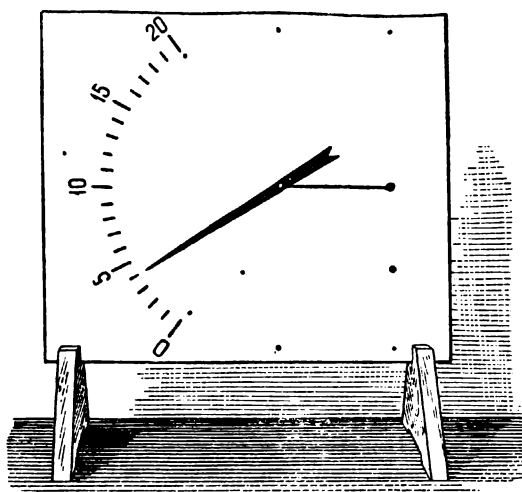


Рис. 22. Прибор с биметаллической пластинкой

* Модель термографа

В модели (рис. 23) используется стрелка 1, биметаллическая пластинка 11 и вращающийся бумажный цилиндр, как и в модели самопишущего манометра.

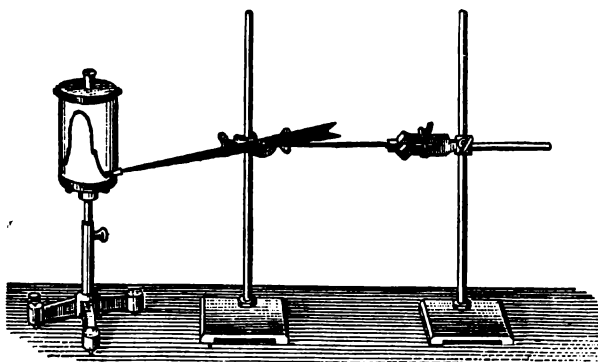


Рис. 23. Модель термографа

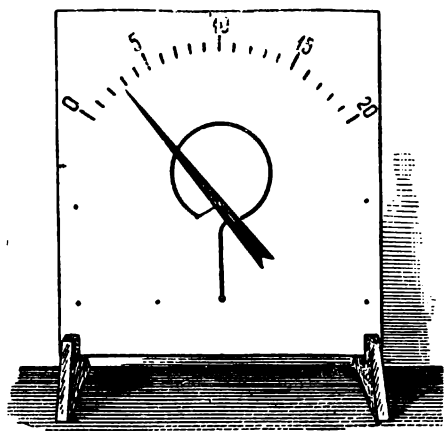


Рис. 24. Модель биметаллического термометра

Модель биметаллического термометра

В модели биметаллического термометра (рис. 24) используется стрелка 1, изогнутая биметаллическая пластинка 9 и шайба 5.

При демонстрации термометра его надо облучать отражательной электрической печкой или мощной электролампой с рефлектором.

Модель электромагнитного электроизмерительного прибора

Устройство прибора ясно из рис. 25. В приборе использованы детали 1, 7 и 14. Чтобы лучше было видно втягивающийся сердечник, на него полезно надеть бумажный цилиндр.

* Модель теплового амперметра

Модель теплового амперметра общеизвестной конструкции легко собирается по рис. 26. В ней использованы детали 1 и 14, а также проводники соответствующего сечения.

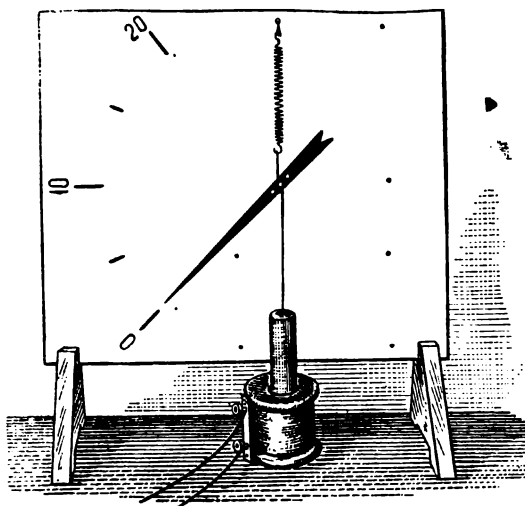


Рис. 25. Модель электромагнитного электроизмерительного прибора

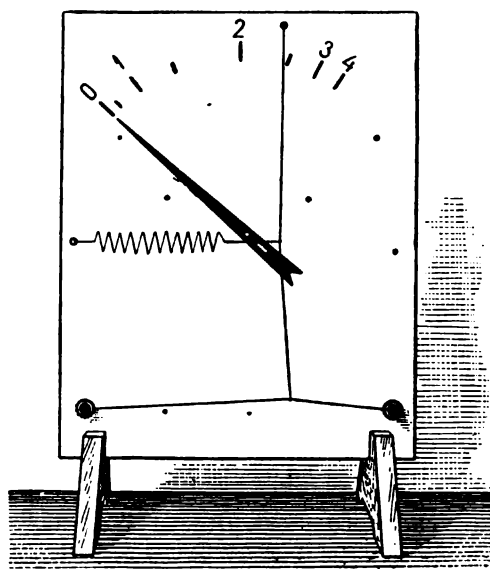


Рис. 26. Модель теплового амперметра

При демонстрации теплового амперметра сначала полезно показать перемещение стрелки по шкале при нагревании проволоочки от спички. Модель может служить и для демонстрации расширения тел от нагревания.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПРОЕКЦИОННЫЙ ГАЛЬВАНОМЕТР

Схема устройства универсального проекционного гальванометра показана на рис. 27, где цифрой 1 обозначена лампа осветителя, 2 — конденсор, 3 — объектив, 4 — магнитоэлектрический прибор, 5 — шкала, 6 — экран.

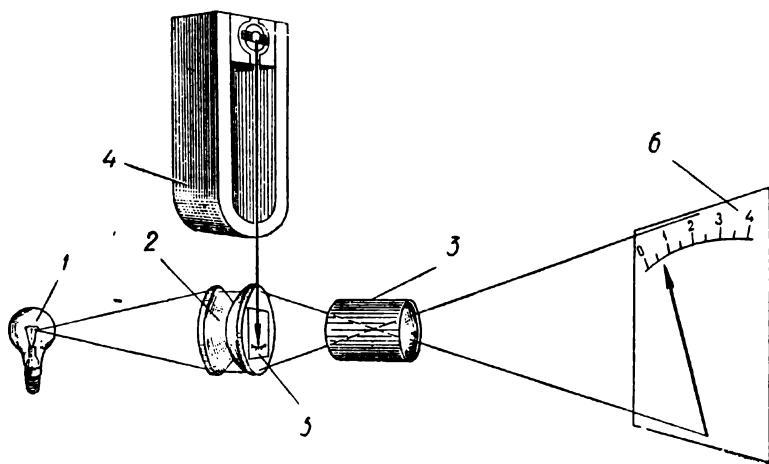


Рис. 27. Схема устройства проекционного гальванометра

Стрелка прибора магнитоэлектрической системы введена в область конденсора проекционного фонаря, где помещена подобно диапозитиву шкала, изготовленная фотографическим способом.

На экране наблюдают изображение шкалы и стрелки. При таких условиях незначительное перемещение стрелки в приборе становится хорошо видимым на экране.

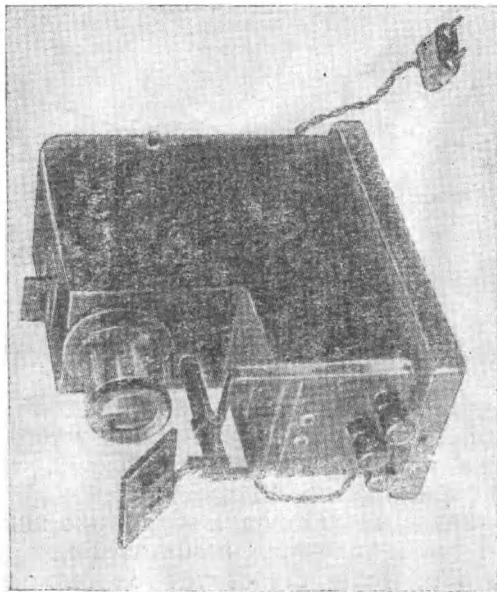


Рис. 28. Внешний вид проекционного гальванометра (1-й вариант)

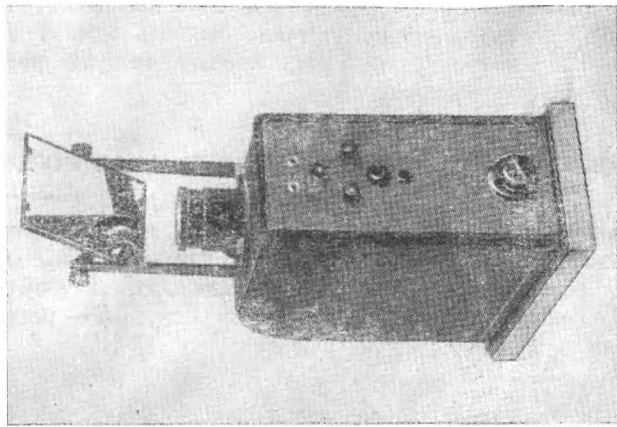


Рис. 29. Внешний вид проекционного гальванометра (2-й вариант)

Внешний вид проекционного гальванометра, смонтированного в корпусе вместе с осветительной системой, показан в двух вариантах на рис. 28 и 29.

Из опыта известно, что для одних шкальных демонстраций по физике требуется гальванометр с большой чувствительностью по току, для других — по напряжению. Например, прибор (милливольтметр), позволяющий обнаруживать термоотоки при небольшой разности температур спаев термодпары, почти не будет реагировать на ток от электрофорной машины. И наоборот, прибор (микроамперметр), позволяющий осуществить опыт А. Г. Столетова по фотоэффекту, оказывается мало пригодным для опыта с рамкой, вращающейся в земном магнитном поле.

В проекционном гальванометре это обстоятельство учтено: рамка измерительного прибора состоит из двух последовательно соединенных обмоток (рис. 30). Первая обмотка состоит из 18 витков медной эмалированной проволоки диаметром 0,2 мм и имеет сопротивление около 1 ом, а вторая — содержит около 2000 витков провода диаметром 0,04 мм с общим сопротивлением 2700—2800 ом. Система с такой двойной рамкой, переделанной из промышленного вольтметра типа М-110, имеет следующую чувствительность: отклонение стрелки прибора на 90° соответствует 50 мка или 3 мв. Однако на экран проектируется поворот стрелки лишь на 10°, причем стрелка перемещается по шкале с несколькими десятками делений, поэтому чувствительность проекционного гальванометра достигает порядка 10^{-8} а и 10^{-6} в на одно хорошо видимое деление шкалы, проецируемой на экран.

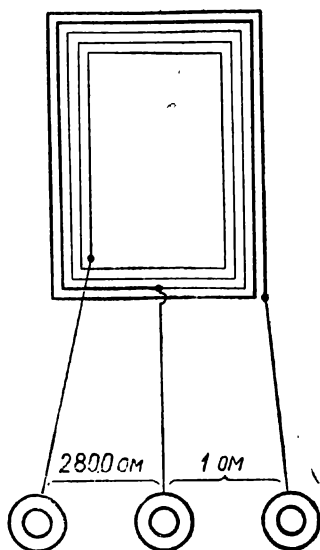


Рис. 30. Схема двойной обмотки рамки

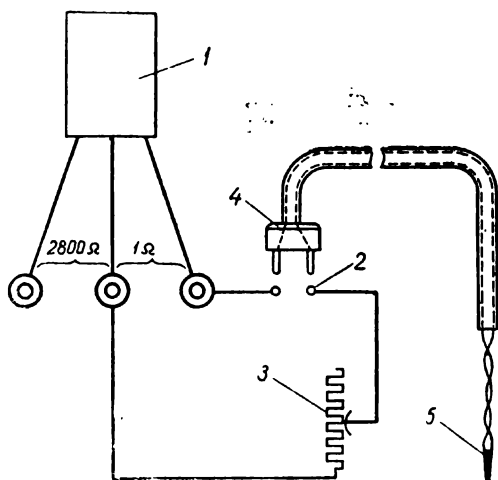


Рис. 31. Схема подключения термопары к гальванометру

Кроме двойной рамки, в проекционном гальванометре имеется специальный корректор, позволяющий устанавливать стрелку в любом месте шкалы, и дополнительное переменное сопротивление на 15 ом , включенное в цепь низкоомной обмотки гальванометра, как показано на рис. 31. Эти приспособления значительно расширили область применения прибора, в частности, позволили успешно применить его в качестве демонстрационного термометра. В связи с этим к прибору прилагаются термометрические шкалы на разные пределы измерения и термопара (железо-константан). На рис. 31 обозначены: гальванометр—1, гнезда для включения термопары—2, дополнительное сопротивление 15 ом —3, вилка у свободных концов термопары—4; спай термопары—5.

Во время проведения опытов в классе прибор устанавливается на демонстрационном столе объективом к классу. С помощью плоского зеркала свет направляется на небольшой ($64 \times 40\text{ см}$) экран, укрепленный, например, на штативе сзади прибора (рис. 32).

Когда необходимо применить гальванометр в качестве демонстрационного термометра, в прибор следует вставить термометрическую шкалу, установить стрелку

прибора на деление, соответствующее температуре свободных концов термопары, и вставить вилку термопары в соответствующие гнезда на передней панели гальванометра. При разности температур спая и свободных концов термопары более чем на 12° стрелка прибора выходит за пределы шкалы. Поэтому при измерении температур в более широких пределах в цепь термопары последовательно вводится дополнительное сопротивление, которое снижает чувствительность термопары в соответствии с ценой деления выбранной шкалы.

Высокая чувствительность описанного гальванометра, простота в обращении позволяют поставить с ним в школьных условиях почти все демонстрационные опыты, для которых ранее применялся зеркальный гальванометр. Это подтвердили испытания прибора в средней школе № 315 Москвы.

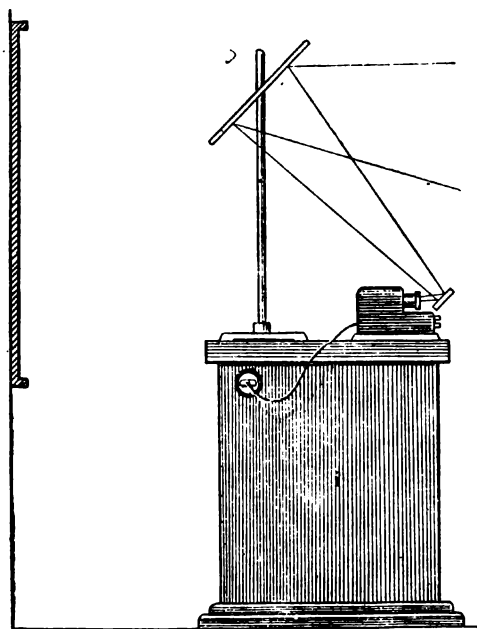


Рис. 32. Установка проекционного гальванометра на демонстрационном столе

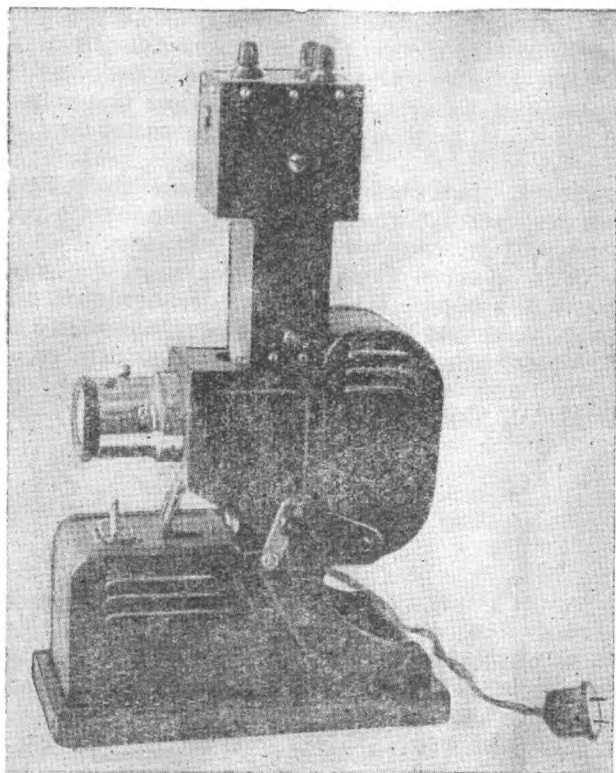


Рис. 33. Проекционный гальванометр, установленный в фильмоскопе Главучтехпрома

Проекционный гальванометр можно сделать из различных магнитоэлектрических приборов и проекционных аппаратов.

Хороший проекционный гальванометр получается из амперметров или вольтметров типа М-110, М-113 и других аналогичных приборов с никель-алюминевым магнитом.

В качестве проектора можно взять фильмоскоп, выпускаемый Главучтехпромом. Осветитель и оптика этого проекционного фонаря обеспечивают хорошую видимость шкал на экране с любого места в классе при днев-

ном освещении даже в солнечный день. Внешний вид проекционного гальванометра, установленного в фильмоскопе, показан на рис. 33.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ

При конструировании описанного ниже прибора решалась следующая задача: создать для физического кабинета средней школы удобный, надежный и безопасный источник постоянного тока, который мог бы заменить собою электрофорную машину и индукционные катушки ИВ-50 и ИВ-100, выпускаемые в настоящее время промышленностью.

Схема такого высоковольтного выпрямителя показана на рис. 34, а внешний вид—на рис. 35 (шарики показывают отсутствие высокого напряжения на электродах). Это обычный кенотронный выпрямитель с удвоением напряжения. Особенностью схемы является наличие сопротивления R в цепи первичной обмотки главного повы-

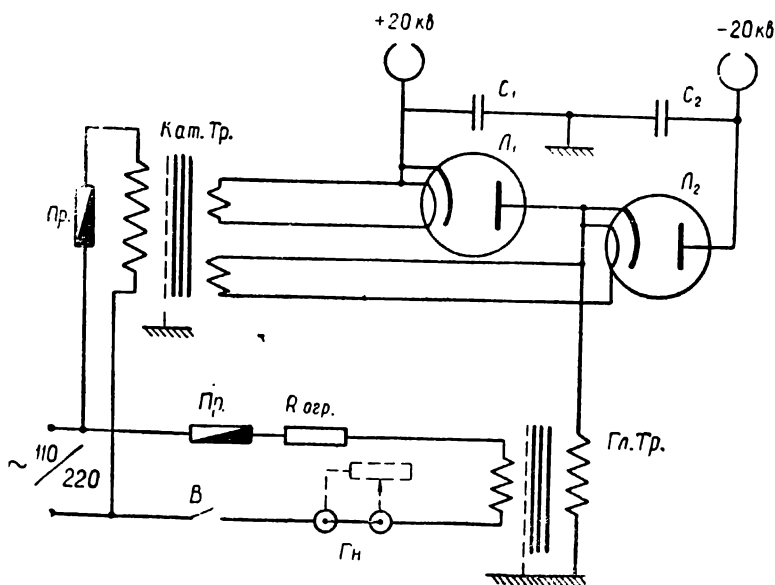


Рис. 34. Схема высоковольтного выпрямителя

шающего трансформатора. Величина сопротивления подобрана таким образом, чтобы ток во вторичной обмотке не мог быть больше $0,01\text{ а}$, т. е. являлся безусловно безопасным для экспериментатора. Ток достигает такой величины при коротком замыкании концов вторичной обмотки главного трансформатора. В это время благодаря возрастанию тока в первичной обмотке все напряжение сети падает на сопротивление R , и напряжение, приложенное к первичной обмотке главного трансформатора, будет практически равно нулю. Поэтому сопротивление носит название ограничивающего сопротивления.

Выключатель B необходим потому, что высокое напряжение, даваемое выпрямителем, включается на уроках только для проведения наблюдения и по окончании опыта тотчас выключается. Катодный же трансформатор остается включенным все время, пока не минует необходимость в высоковольтном выпрямителе. Поэтому нет необходимости выключать его в течение урока и выключатель для него не нужен. В штепсельные гнезда ($Гн$) обычно вставлена короткозамкнутая вилка. Но при необходимости с помощью этих гнезд в цепь первичной обмотки главного трансформатора может быть последовательно включен дополнительный реостат (показан пунктиром), что позволит регулировать напряжение и ток в нагрузке.

Описание отдельных деталей

1. Л а м п а. Схема удвоения, выбранная для выпрямителя, удобна тем, что обратное напряжение, приложенное к лампам, равно в ней выпрямленному напряжению 40 кв . Для выпрямителя требуется кенотрон, который мог бы работать при таком высоком обратном напряжении. Если основываться на паспортных данных, то можно прийти к заключению, что нужный кенотрон удастся найти только среди мощных ламп. Однако практические испытания показали, что в рассмотренной схеме прекрасно работает кенотрон $2Ц2С$ (L_1 и L_2). В паспорте его указано, что для него обратное напряжение не должно превышать $12,5\text{ кв}$, но фактически он начинает разрушаться только при напряжении 50 кв . При обратном напряжении 40 кв кенотрон будет работать,

имея вполне достаточный запас прочности в 25%. Необходимо только помнить, что, прежде чем ставить его на работу, надо тщательно промыть стеклянный баллон и после промывки уже не прикасаться к нему голыми руками, чтобы не мог образоваться разряд по поверхности стекла.

2. Главный трансформатор. Расчет этого трансформатора проводится несколько иначе, чем расчет обычных технических высоковольтных трансформаторов. Кроме того, нормы запаса прочности берутся такие, какие приняты для трансформаторов в рентгеновских установках. Главный трансформатор проектируется сухим, двухстержневым, причем на одном стержне размещается первичная обмотка, а на другом — вторичная. Это уменьшает расход меди. Междуслойная изоляция делается из парафинированной бумаги.

Выполненная обмотка изолируется также парафинированной бумагой.

Вторичная обмотка должна быть проварена в парафине или битуме.

Важной особенностью трансформатора является наличие надежного экрана, защищающего первичную обмотку и ее выводы от высокого напряжения.

Добавим ко всему сказанному несколько примерных цифр, предполагая, что напряжение питания равно 220 в (для сети 110 в данные будут другие):

Длина стального стержня	74 мм
Сечение стального стержня	18,4 кв. см
Коэффициент трансформации	107,2

Число витков в первичной обмотке (провод ПЭЛ 0,96 мм)	249
--	-----

Ток короткого замыкания вторичной обмотки	10 ма
--	-------

Число витков во вторичной обмотке (провод ПЭЛ 0,09 мм)	26 750
---	--------

Амплитуда напряжения во вторичной об- мотке при холостом ходе	20 кв
--	-------

3. Ограничивающее сопротивление. У выпрямителя, питаемого от сети 220 в, это сопротивление должно иметь величину 205 ом и быть рассчитанным на ток 1,072 а. Рабочая температура не должна быть очень высокой (допустимо 70—80°), чтобы не повредить пропитку обмоток трансформаторов.

4. К а т о д н ы й т р а н с ф о р м а т о р. Как видно из схемы, главная особенность катодного трансформатора состоит в том, что обе его обмотки находятся при работе под высоким напряжением: одна — под постоянным напряжением ± 20 кВ, а другая — под переменным напряжением ± 20 кВ, поэтому первичная обмотка защищена экраном, а вторичные, уложенные поверх первичной рядом друг с другом, надежно изолированы и друг от друга и от первичной обмотки.

В случае, если напряжение сети 220 в и используются кенотроны 2Ц2С, катодный трансформатор характеризуется следующими цифрами:

Длина стального стержня	41 мм
Сечение стали	4,2 кв. см
Число витков в первичной обмотке (провод ПЭЛ 0,27 мм)	1830
Число витков каждой из вторичных об- моток (провод ПЭЛ 1,25 мм)	21

5. К о н д е н с а т о р ы. Конденсаторы (C_1 и C_2) имеют рабочее напряжение 20 кВ, необходимая емкость 250—300 пф. Вместо конденсаторов с указанными параметрами могут быть использованы керамические опрессованные малогабаритные высоковольтные конденсаторы КОБ, предназначенные для телевизоров. Их емкость 500 пф, рабочее напряжение постоянного тока — 12 кВ. Два таких конденсатора, соединенных последовательно, могут заменить требующийся.

6. К о р п у с, п р о х о д н ы е и з о л я т о р ы и д р у г и е м е л к и е д е т а л и. Корпус должен иметь сравнительно большие размеры, так как расстояние деталей от стенок должно быть достаточным для предотвращения пробоя. Ограничиваясь нормой в 60 мм для расстояния проводника, находящегося под напряжением 20 кВ, от заземленного корпуса, приходим к следующим размерам: высота 360 мм, ширина 240 мм, глубина 180 мм. Передняя и задняя стенки делаются съёмными.

Ограничивающее сопротивление располагается в коробке из листового металла, в верхней задней части корпуса. Гнезда, предохранители и выключатель главного трансформатора располагаются в этой же коробке, но на боковой стенке корпуса (на левой, если смотреть со стороны учащихся). Входные контакты штепсельного разъема находятся на той же боковой стенке корпуса,

внизу и тоже защищены коробкой из листового металла. Все провода, соединяющие перечисленные детали друг с другом и с трансформаторами, заключаются в металлические трубки.

Высокое напряжение выводится наружу через проходные изоляторы из органического стекла длиной 120 мм. Толщина стенки изолятора между проводом и стенкой корпуса может быть всего 10 мм.

Выходные электроды выпрямителя сделаны в виде полых металлических никелированных и полированных шаров диаметром 50 мм. Внутри каждого шара имеется два гнезда: одно — диаметром 3,5 мм — для обычной стандартной штепсельной вилки; второе гнездо — коническое, для установки электрических султанов и других электростатических приборов.

Корпус выпрямителя имеет клемму для заземления.

Правила обращения с высоковольтным выпрямителем

Необходимо, прежде всего, напомнить, что электрическая цепь переменного тока напряжением 110 в и тем более 220 в является опасной. Поэтому для включения высоковольтного выпрямителя, как и других приборов, в сеть нужно пользоваться исправными штепсельными разъемами и проводами с хорошей изоляцией.

Поставив высоковольтный выпрямитель на демонстрационный стол, сначала следует заземлить его корпус и убедиться, что главный трансформатор выключен, а предохранители исправны и соответствуют нормам. После этого прибор включают в сеть.

Выждав 2—3 мин., включают главный трансформатор. Если выпрямитель в исправности, на электродах появляется высокое напряжение. Приближая разрядник к электродам, наблюдают искру. По ее длине можно приблизительно судить о даваемом выпрямителем напряжении. Если напряжение соответствует норме (40 кВ), включают главный трансформатор, оставляя выпрямитель включенным в сеть. На этом подготовка выпрямителя к работе заканчивается.

Нужно отметить, что катоды кенотронов высокая температура разрушает меньше, чем многократное на-

гревание и охлаждение при включении и выключении. Вредным является также действие на кенотрон высокого напряжения при холодном катоде. Поэтому выгоднее выпрямитель оставлять включенным в сеть все время, в течение которого он может понадобиться.

Хотя высоковольтный выпрямитель и безопасен со стороны высокого напряжения, все же при работе с ним следует придерживаться следующих правил.

Главный трансформатор включается только на время наблюдения и тотчас выключается по окончании наблюдений¹. Все соединения, разборка установки и пр. про-

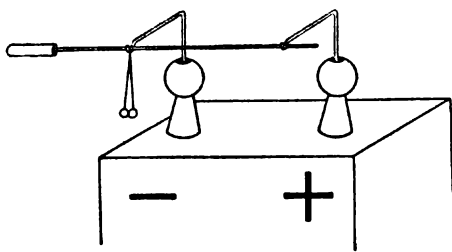


Рис. 35. Закорачивание электродов выпрямителя разрядником

изводятся только при выключенном главном трансформаторе. В качестве индикатора, показывающего наличие высокого напряжения, можно пользоваться двумя небольшими шариками, подвешенными на крючок на одном из электродов (рис. 35).

На время производства переключений электроды выпрямителя замыкают накоротко разрядником, представляющим собой кусок прямого провода длиной 300 мм и диаметром 3—4 мм, укрепленным на изолирующей ручке из органического стекла длиной не ме-

¹ При наличии высокого напряжения в деталях выпрямителя идет процесс разрушения изоляции; в целях сохранения изоляции очень важно, чтобы высокое напряжение действовало возможно более короткое время.

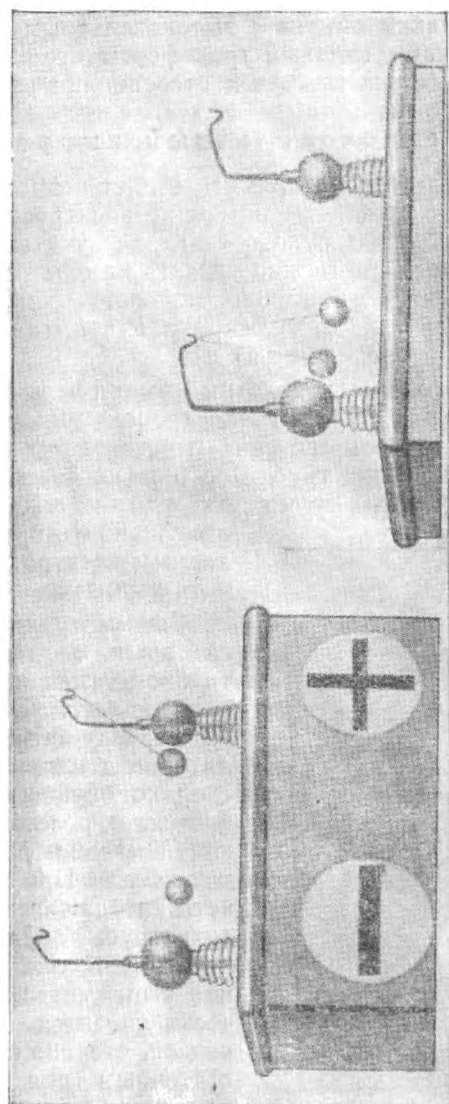


Рис. 36. Шарики, заряженные от выпрямителя

нее 250 мм. Для замыкания высоковольтного выпрямителя разрядник накладывают на выходные электроды.

По окончании опытов с высоковольтным выпрямителем выключают главный трансформатор, затем отключают выпрямитель от сети и отсоединяют заземление.

Опыты с высоковольтным выпрямителем

Высоковольтный выпрямитель дает возможность осуществить все школьные опыты по электростатике, описанные в различных руководствах для учителей физики. В качестве примера можно указать на опыт с шариками (рис. 36, слева разноименно заряженные шарики притягиваются друг к другу, справа одноименно заряженные шарики отталкиваются).

Кроме того, высоковольтный выпрямитель позволяет осуществить ряд опытов с электровакуумными приборами. Легко получить свечение перегоревших ламп дневного света, свечение трубки со щелью, со звездой, свечение гейслеровских трубок и т. п. Для этого достаточно присоединить прибор к выходным электродам и включить выпрямитель (рис. 37).

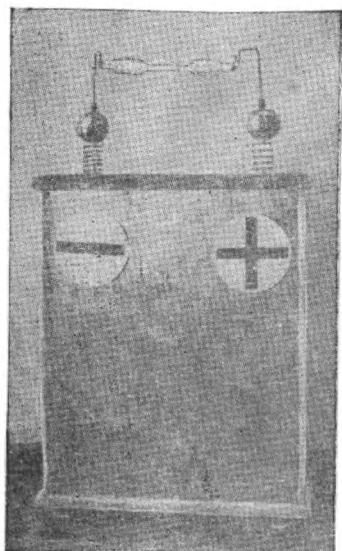


Рис. 37. Свечение гейслеровской трубки от выпрямителя

Самым трудным является опыт с рентгеновской трубкой, имеющей накаливаемый катод. В цепь катода ставится батарея аккумуляторов с напряжением несколько большим, чем требуется, и реостат, позволяющий плавно регулировать ток накала. При сильном накале катода через рентгеновскую трубку пойдет чрезмерно большой ток, и напряжение выпрямителя автоматически снизится. Может случиться, что оно станет недостаточным для получения заметного потока рентгеновских лучей. Наилучшие результаты получаются при

токе от 0,1 до 1 *ма*. Если есть возможность, то полезно шунтировать трубку конденсатором емкостью 1000 *нф* на рабочее напряжение 40 *кв*. Нужно только помнить, что заряд такого конденсатора представляет большую опасность.

Итак, высоковольтный выпрямитель заменяет собою электрофорную машину и школьные индукционные катушки. Но, кроме этого, он позволяет провести некоторые опыты, которые нельзя осуществить с электрофорной машиной и индикаторами. В качестве примера приведем такую демонстрацию.

Если составить цепь из демонстрационного гальванометра, бобины от двигателя внутреннего сгорания, гейслеровской трубки и взять в качестве источника тока для этой цепи высоковольтный выпрямитель, то можно одновременно наблюдать и магнитное поле тока, и электрическое поле источника тока. Попутно наблюдается свечение гейслеровской трубки под действием тока.

Для наблюдения магнитного поля служит бобина, являющаяся в этом опыте электромагнитом. Наличие магнитного поля обнаруживается отклонением магнитной стрелки и притяжением легких кусков железа¹.

Электрическое поле вокруг электродов выпрямителя обнаруживается или заряженным шариком, или с помощью стрелки из диэлектрика. В последнем случае необходимо показать учащимся, что такая стрелка не отклоняется под действием магнитного поля.

Сравнительно большая величина тока выпрямителя позволяет наблюдать электролиз (образование гремучего газа, изменение окраски индикаторов у электродов). Однако для этого требуется большое количество времени (20—25 мин.).

В заключение надо сказать, что работать с высоковольтным выпрямителем очень удобно. Значительная мощность прибора обеспечивает четкую картину всех электростатических и других явлений вне зависимости от условий погоды. Работает выпрямитель бесшумно, подготовка его к работе очень проста.

¹ Дно бобины для лучшего действия нужно срезать. Вместо бобины можно воспользоваться вторичной обмоткой индукционной катушки или сделать из провода 0,008 *мм* специальную катушку для школьного кольцевого магнита, тогда возможно удерживать груз до 500 *г*.

Важным преимуществом по сравнению с электрофорной машиной является то, что в соответствующем месте курса физики все особенности работы выпрямителя можно легко объяснить учащимся.

ШКОЛЬНЫЙ ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОСЦИЛЛОСКОП

Осциллоскоп (рис. 38 и 40) представляет собой прибор, позволяющий провести многие необходимые демонстрационные опыты при изучении следующих тем курса физики: «Колебания и волны», «Звук», «Электромагнитные колебания и волны», «Переменный ток».

Относительно большой диаметр экрана и яркость свечения люминофора обеспечивают хорошую видимость для всех учащихся класса.

Как видно из принципиальной схемы (рис. 39), осциллоскоп состоит из следующих блоков: телевизионной трубки 18ЛК15 с магнитным отклонением луча, блока

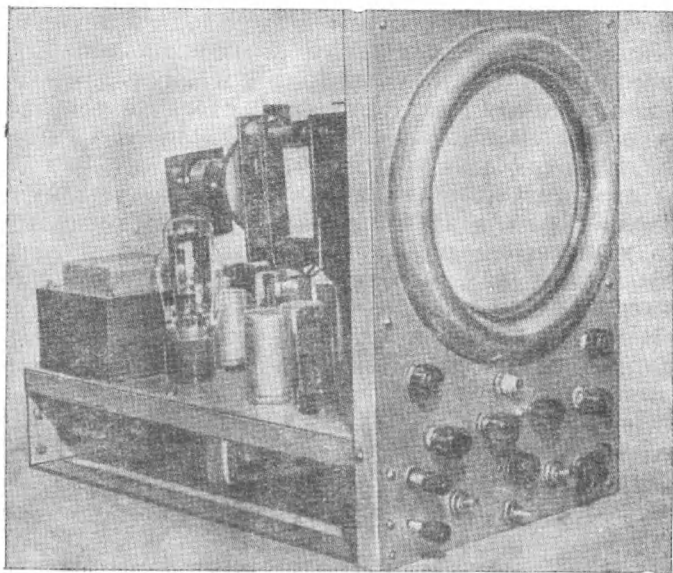


Рис. 38. Общий вид осциллоскопа

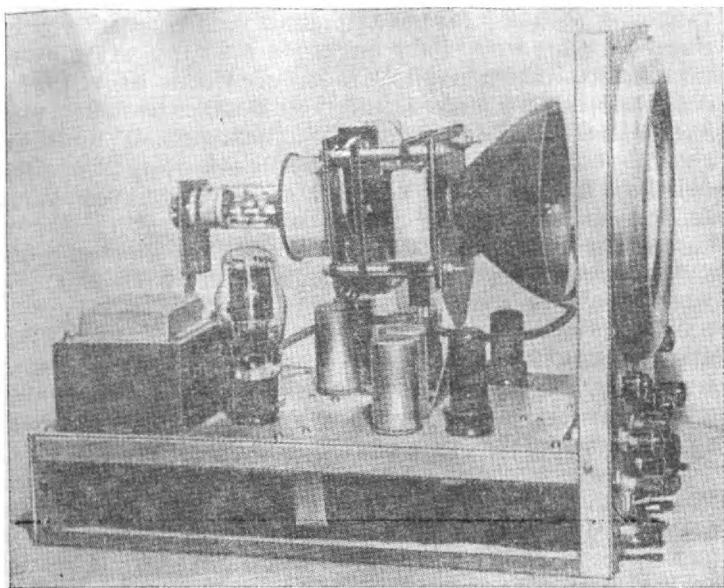


Рис. 40. Вид осциллоскопа сбоку

горизонтальной развертки на двух лампах L_2 и L_3 , усилителя вертикального отклонения на лампе L_1 , высоковольтного преобразователя напряжения на лампах L_5 и L_6 и кенотронного выпрямителя на лампе L_4 .

Применение телевизионной трубки в данной конструкции не является случайным. Приобрести трубку с экраном большого диаметра с электростатическим отклонением луча довольно трудно, кроме того, получить необходимой величины пилообразный ток для трубки с магнитным отклонением луча несколько легче, чем высокое пилообразное напряжение для трубки с электростатическим отклонением.

Ток, график которого желают получить на экране, подается на зажимы входа усилителя вертикального отклонения и далее через разделительный конденсатор C_1 на потенциометр регулировки усиления R_1 . Подвижной контакт этого потенциометра соединен с управляющей сеткой лампы L_1 усилителя вертикального отклонения. Анодной нагрузкой лампы L_1 служат активные сопро-

тивления R_2 и R_3 . После усиления исследуемый ток снимается с анода лампы и подается на пару катушек вертикального отклонения. Чтобы получить от усилителя, собранного на одной лампе, как можно большее усиление и избежать значительных искажений, применена лампа 6П9 с большой крутизной характеристики (11 ma/v). Усилитель на этой лампе дает возможность не только получить достаточный размер изображения на экране в вертикальном направлении, но также обеспечивает нагрузку подключенного к нему 1—2-ваттного динамического громкоговорителя.

Таким образом, при изучении, например, темы «Звук» можно подключить к входу осциллооскопа пьезоэлектрический звукоусилитель и одновременно с прослушиванием грамзаписи наблюдать соответствующие звуковым кривые на экране осциллооскопа.

Генератор горизонтальной развертки собран по схеме транзитронинтегратора, который генерирует пилообразный ток, необходимый для горизонтального отклонения луча. С анода выходной лампы генератора пилообразный ток подается на пару катушек горизонтального отклонения луча.

Примененный генератор, обладая сравнительно простой конструкцией, позволяет получить ток высокой линейности и, что главное, не требует почти никакого наладивания. При указанных на схеме значениях $C_9—C_{14}$ генерируется пилообразный ток с частотой 15—500 $гц$. Такого диапазона частот вполне достаточно для проведения большинства школьных демонстраций. Грубое изменение частоты производится переключателем P , а плавное—переменным сопротивлением R_{21} .

В осциллооскопе предусмотрен переход с линейной развертки на синусоидальную с частотой сети переменного тока. С помощью тумблера T_3 первая лампа генератора L_2 отключается, и на управляющую сетку лампы L_3 подается переменный синусоидальный ток с цепи накала лампы.

Синхронизация генератора развертки в осциллооскопе осуществляется подачей на защитную сетку лампы L_2 исследуемого тока с катода лампы L_1 или тока с накальной цепи лампы; подача производится через конденсатор C_8 . Переход с одного вида синхронизации на другой осуществляется с помощью тумблера T_1 .

Яркость изображения на экране регулируется потенциометром R_8 , а фокусировка—потенциометром R_{11} .

Для питания анода электронно-лучевой трубки применен высокочастотный преобразователь напряжения, дающий около 5 кВ. Преобразователь содержит высокочастотный генератор на лампе 6П6 и выпрямитель на лампе 1Ц1С. Благодаря тому, что выпрямлению подвергается высокочастотный ток (порядка 100—150 кГц), емкость конденсатора-фильтра может быть незначительной, порядка 1000 пФ и даже ниже, при этом пульсации тока, снимаемые с выпрямителя, получаются незначительными. Малая емкость конденсатора-фильтра, в котором запасается небольшая энергия, делает безопасной работу с таким источником высокого напряжения, что имеет существенное значение при применении осциллоскопа в школе.

В осциллокопе предусмотрена также возможность гашения изображения луча обратного хода. Это достигается следующим образом. Отрицательные импульсы напряжения, которые возникают на аноде лампы L_2 генератора развертки во время обратного хода, через конденсатор C_3 подаются на управляющий электрод электронно-лучевой трубки, которую они запирают на все время обратного хода. Отключение цепи гашения луча обратного хода осуществляется с помощью тумблера T_2 .

С помощью потенциометра R_{14} и R_{16} осуществляется смещение изображения на экране трубки вправо—влево и вверх—вниз.

Эксплуатация описываемого осциллокопа в условиях школы показала его надежность в работе, простоту в обращении. Осциллокоп прост в изготовлении и наладивании, не содержит сложных и дорогостоящих деталей. Он с успехом и без больших затрат может быть изготовлен во многих школах.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ РОТАЦИОННЫЙ КОММУТАТОР К ОСЦИЛЛОГРАФУ

Электронный осциллограф, точнее осциллокоп, представляет собой прибор, служащий для наблюдения кривых мгновенных значений исследуемого переменного напряжения или тока.

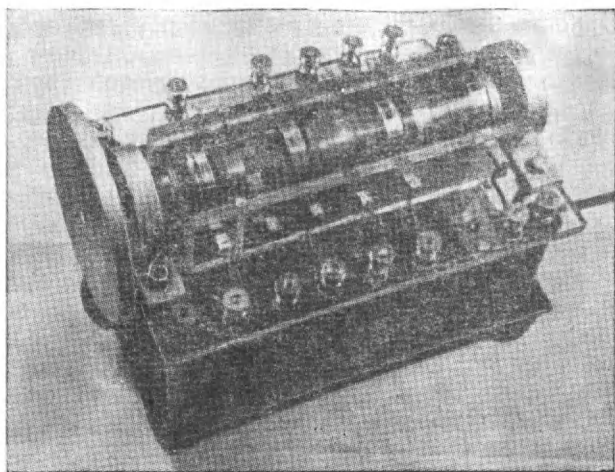


Рис. 41. Внешний вид УРК

При изучении некоторых электрических процессов возникает необходимость наблюдать на экране осциллографа несколько колебаний одновременно, чтобы можно было нагляднее сравнить их величину, форму и, что особенно важно, фазовые сдвиги.

Для этого обычно пользуются тем или иным коммутатором, при помощи которого через определенные промежутки времени на пластины электронно-лучевой трубки подается поочередно несколько исследуемых процессов. При достаточной скорости коммутации они будут видны на экране трубки одновременно.

Нами смонтирован так называемый универсальный ротационный коммутатор (УРК), показанный на рис. 41. Он состоит из трех основных частей: цилиндра с контактами, одиннадцати контактных щеток и маломощного быстроходного коллекторного электродвигателя. Прибор рассчитан на демонстрацию одновременно до трех процессов с получением на экране сплошной или бегущей пунктирной нулевой линии.

На рис. 42 изображена развертка боковой поверхности цилиндра коммутатора. На рис. 43 дан осевой горизонтальный разрез коммутатора, где *а*—стальная гайка; *б*—шайба из органического стекла; *в*—бронзовое токо-

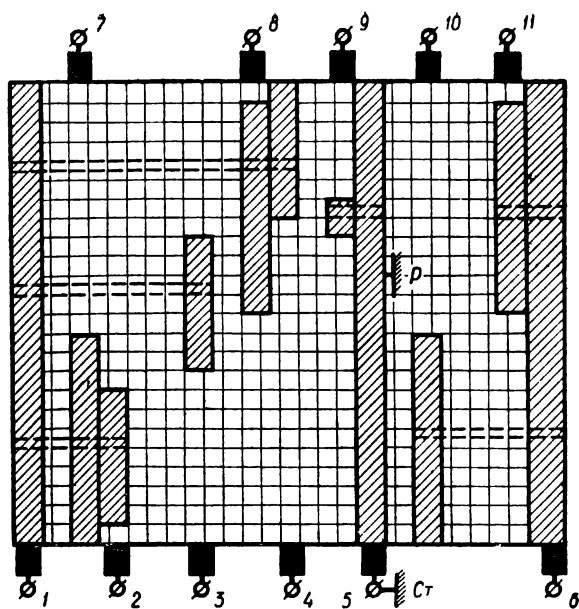


Рис. 42. Принципиальная схема УРК (развертка боковой поверхности цилиндра)

съемное кольцо; $г$ —кольцо из диэлектрика (органического стекла); $д$ —бронзовый контактный стержень; $е$ —токопровод; $ж$ —стальной валик; $з$ —медноугольная щетка.

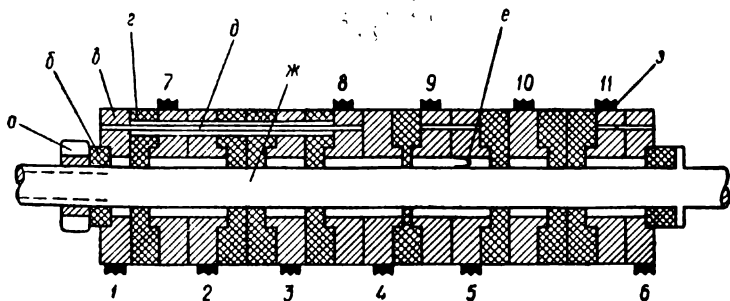


Рис. 43. Горизонтальный осевой разрез цилиндра УРК

На рис. 44 изображен поперечный разрез коммутатора, где 1—токопровод; 2—стальной валик; 3—клемма зажимная; 4—токопровод из красной меди; 5—пружина; 6—щетка медноугольная; 7—накладка из органического стекла; 8—стальной винт; 9—корпус коммутатора из органического стекла; 10—клеммная шпилька; 11—стальная шайба; 12—стальная гайка; 13—буфер из резины; 14—специальная стальная шпилька; 15—стальная гайка.

Цилиндр изготовлен из листового органического стекла. На его боковой поверхности размещены перпендикулярно к оси вращения восемь бронзовых так называемых рабочих контактных пластин-сегментов. Контактные пластины при вращении цилиндра подключаются к щеткам 2, 4 и 7, 11 (рис. 42). Пять из пластин соединены внутри цилиндра металлическими контактными стержнями с бронзовым токосъемным кольцом, к которому подходит щетка 1. Шестая, меньшая пластина

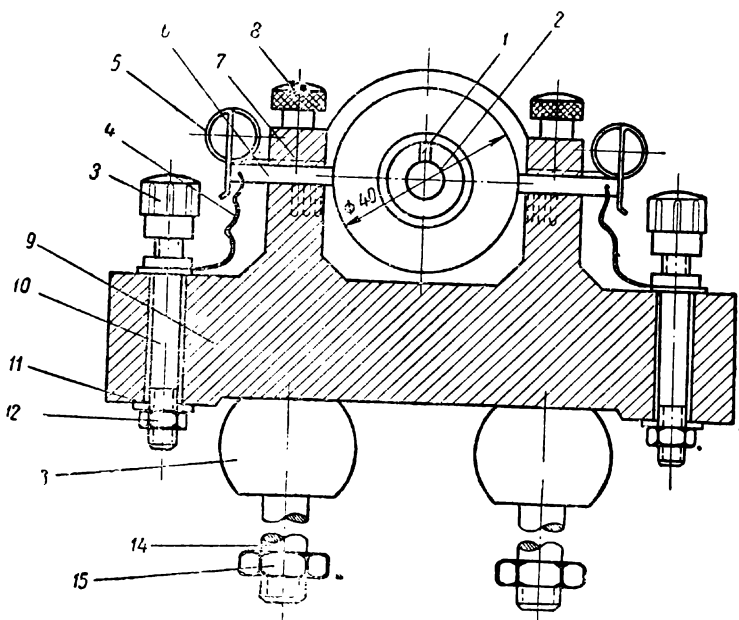


Рис. 44. Поперечный разрез УРК

соединена с кольцом, соприкасающимся со щеткой 5, которая в свою очередь соединена со статором (Ст). Само кольцо накоротко замкнуто с металлической осью ротора (Р). Последние две пластины соединены с третьим бронзовым токосъемным кольцом.

Длина боковой развертки цилиндра равна двадцати четырем условным единицам длины (при диаметре цилиндра в 40 мм избранная единица с некоторым приближением равна 5 мм), ширина — двадцати восемью с половиной единицам. Длины дуг рабочих контактных пластин-сегментов равны одиннадцати, семи и двум, а расстояния между ними вдоль длины развертки — одной единице.

Рабочие пластины-сегменты дополнены до окружностей холостыми также бронзовыми сегментами, отделенными от первых толстыми прокладками из электроизолирующего материала (органического стекла, слюды).

Изоляционными прокладками разделены также четыре пары рядом размещенных колец (рис. 42).

Бронзовые кольца, а также расположенные между ними кольца из органического стекла стянуты на оси цилиндра гайкой. На противоположном конце оси имеется жестко связанная с ней шайба.

Перед сборкой цилиндра производится необходимое размещение рабочих сегментов, а также внутренние соединения в соответствии с принципиальной схемой. После сборки цилиндра, стягивания его пластин и припаивания к кольцам контактных стержней, соединяющих их с рабочими сегментами, делается дополнительная обточка барабана на токарном станке и шлифовка его боковой поверхности.

На ось цилиндра—валик (рис. 43), вращающийся в шарикоподшипниках,—насаживается шкив диаметром 44 мм, фрикционно связанный со шкивом электродвигателя швейной машины.

Контактные щетки выполнены в виде медноугольных стержней. Они прижимаются к цилиндру концами стальных спиральных пружин. Для изменения силы давления пружин предусмотрена возможность смещения их ближе или дальше от поверхности цилиндра. С этой целью в планках, удерживающих пружины, проделаны запасные круглые отверстия для закрепляемых концов пружин.

Предусмотрена возможность сдвига пружин в сторону с неиспользуемых щеток при проведении того или иного опыта. Площадь сечения щеток $1 \times 0,8$ квадратных условных единиц. Щетки попарно смещены к внешним краям колец. Контактные щетки соединены токопроводами с клеммами. Пружины и клеммы закреплены на планках из органического стекла, расположенных с противоположных сторон цилиндра. Щеткодержателями являются вертикальные планки с отверстиями прямоугольной формы.

Вся установка размещена на горизонтальной деревянной панели, имеющей резиновые ножки¹.

Такой механический коммутатор позволяет производить переключения электрических цепей от нескольких десятков до 3,5 тысяч в минуту. Плавное изменение частоты переключений достигается подачей на электродвигатель с помощью лабораторного автотрансформатора различного напряжения.

Для получения более четких осциллограмм желательно иногда ротор и статор коммутатора подключать к корпусу осциллографа. Необходимость в указанном соединении обычно возникает в случае, когда ручка — «ослабление» — осциллографа ставится в положение 1:1.

Опыт показывает, что незначительная предварительная работа по подбору частоты переключений электрических цепей и режима работы осциллографа обеспечивает получение вполне удовлетворительных различных осциллограмм.

При использовании коммутатора для получения на экране осциллографа одновременно двух колебаний последние подаются к клеммам 7, 8, а для получения изображения трех колебаний — к клеммам 2, 4. При этом общая точка участков электроцепи, с которых подается напряжение на вход осциллографа, подключается к корпусу последнего. Исследуемые колебания, подаваемые к зажимам 7, 8 или 2, 4, при вращении цилиндра пооче-

¹ Возможно иное конструктивное оформление прибора. Например, можно вмонтировать в цилиндр из органического стекла только рабочие кольца и сегменты, дополняя последние до колец органическим стеклом; концы пружин закрепить планками-щеткодержателями; в качестве контактных щитков использовать пластины из жесткой латуни; изготовить кольца из красной меди; применить ремennую связь между двигателем и коммутатором.

редно подаются через кольцо и клемму 1 на вход осциллографа. В моменты, когда напряжение на вход осциллографа не подается, на экране получается осциллограмма нулевой линии.

Описанный коммутатор при дополнительном использовании клемм 6, 11 пригоден и для переключения электрических цепей, их замыкания и размыкания. Все это дает основание назвать его универсальным коммутатором.

Ротационный коммутатор выгодно отличается от других систем наглядностью переключений. Поворачивая рукой цилиндр, переключатель ставят в то или иное положение и получают осциллограммы отдельных процессов. Включив затем электродвигатель, на экране наблюдают осциллограммы всех рассматриваемых процессов.

Пользуясь электронным осциллографом, например, типа ЭО-7 и ротационным коммутатором, можно наглядно показать ряд явлений, изучаемых в курсе физики, а также в электротехнике. Укажем некоторые из них:

1) Сдвиг фаз между током и напряжением на активном, индуктивном и емкостном сопротивлениях при их последовательном и параллельном включении.

2) Резонанс токов и напряжений.

3) Сдвиг по фазе напряжений (токов) в трехфазной электросети.

4) Наблюдение осциллограмм вольтамперных характеристик кенотрона и осциллограмм напряжений как выпрямленного, так и сглаженного тока.

5) Наблюдение осциллограмм затухающих и незатухающих колебаний и ряд других опытов.

Для примера коротко опишем один из опытов с осциллографом ЭО-7 и универсальным ротационным коммутатором.

Сдвиги фаз между током и напряжением на активном, индуктивном и емкостном сопротивлениях. Резонанс токов

На рис. 45 приводится принципиальная схема соединений для этого опыта и получаемые осциллограммы, помещенные с правой стороны рисунка: *а* — тока и напряжения на активном сопротивлении; *б* — тока и напряжения на индуктивном сопротивлении; *в* —

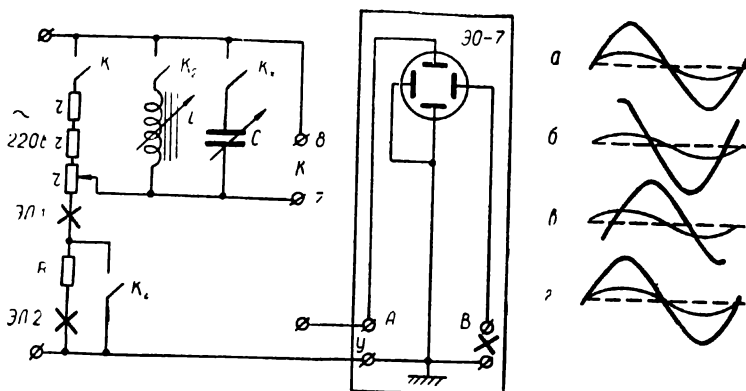


Рис. 45. Схема соединений для демонстрации сдвига фаз между током и напряжением на различных сопротивлениях

тока и напряжения на емкостном сопротивлении; z — тока и напряжения при параллельном резонансе (везде видна пунктирная нулевая линия).

Оборудование: R — низкоомный реостат (26—28 ом); L — катушка от школьного разборного трансформатора на 220 в с железом; C — батарея бумажных конденсаторов (до 20 мкф); R — сопротивление (1—2 ком); ЭЛ1 — индикаторная электролампа (100 вт, 220 в); ЭЛ2 — индикаторная электролампа (3,5 в, 0,18 а); K — ротационный коммутатор, у которого используются 1, 7 и 8 клеммы.

Синхронизация берется от сети. Диапазон частот — 7 или 30. Ослабление 1 : 100. Вращение ротора коммутатора медленное.

Для получения осциллограмм a , $б$ и $в$ соответственно замыкаются ключи K_1 , K_2 и K_3 при замкнутом ключе K_4 .

Резонанс наблюдается при замкнутых ключах K_2 и K_3 и разомкнутом ключе K_4 . Подбирается резонанс токов изменениями индуктивного или емкостного сопротивлений до получения минимального значения подводимого к разветвлению тока. В этот момент размыкается ключ K_4 . По минимальной яркости свечения ЭЛ2 точно определяется установление резонансного режима в цепи.

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ СТОЛИК

Переносный демонстрационный столик (рис. 46 и 47) является простым приспособлением для улучшения видимости приборов и установок во время показа опытов по физике.

Преимущество такого столика по сравнению с другими подобными приспособлениями состоит в том, что на нем можно собирать установки и демонстрировать опыты из разных разделов курса. Столик может быть применен в любом помещении, что весьма важно при наличии в школах большого числа параллельно занимающихся классов, которые не могут быть обслужены одним физическим кабинетом. Столик обеспечивает сохранность приборов при переноске из кабинета физики в класс.

В столике имеются: экран черного и белого фона, экран для подсвета из матового стекла и приспособление для теневой проекции.

Демонстрационный столик имеет форму лестницы с тремя ступеньками (см. рис. 46). Он изготавливается из фанеры и имеет следующие размеры: высота 55 см, ширина 50 см, длина 70 см; ширина ступеньки 15 см и высота 15 см.

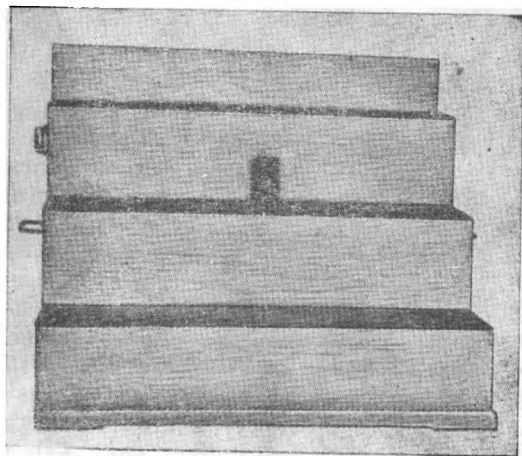


Рис. 46. Внешний вид столика

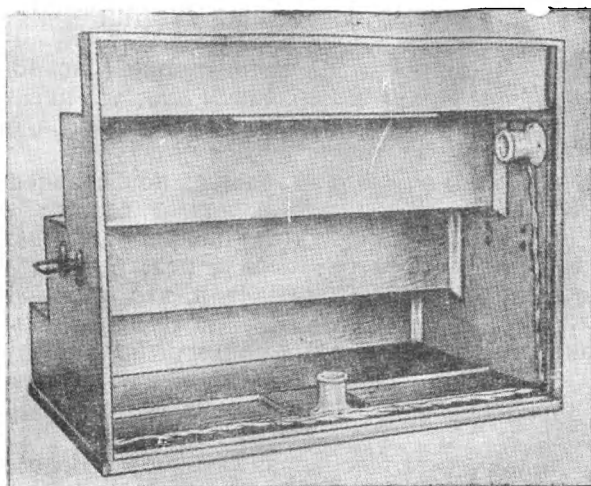


Рис. 47. Вид столика сзади

Длина столика выбрана с таким расчетом, чтобы учитель, стоя у одного края его (сбоку), мог производить расстановку приборов и монтаж на всех ступеньках. Столик стоит на столе устойчиво, и его не надо поддерживать, что дает возможность производить монтаж двумя руками. Ширина полок-ступенек столика выбрана так, чтобы на них можно было поставить любые приборы: гальванометры, технические весы, весы Беранже и др. Внутри столика устроены гнезда, а снаружи по бокам привернуты ручки. В столике можно установить два гальванометра, батарею аккумуляторов, реостат, ключ, лампочки на подставках и другие приборы и материалы, необходимые для демонстрации опытов на уроке (рис. 48).

Задняя стенка столика служит белым или черным экраном (рис. 49); она установлена в пазах и может выдвигаться. В пазы для задней стенки столика можно вставлять матовый экран для подсвета, изготовленный из обычного оконного стекла.

Для освещения экрана внутри столика установлены обычные патроны для трех лампочек (рис. 47). На боковой стенке столика внизу установлена розетка для включения лампочек.

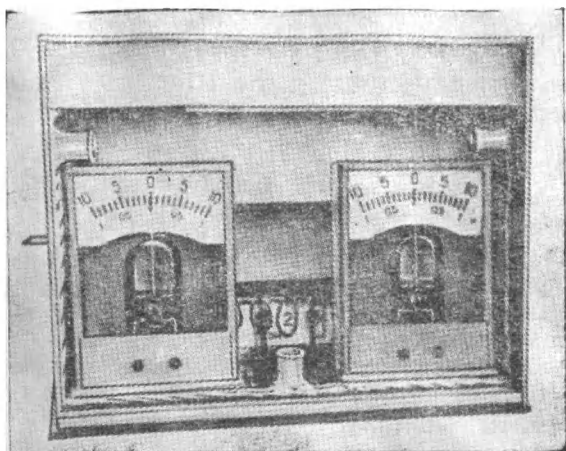


Рис. 48. Установка приборов внутри столика

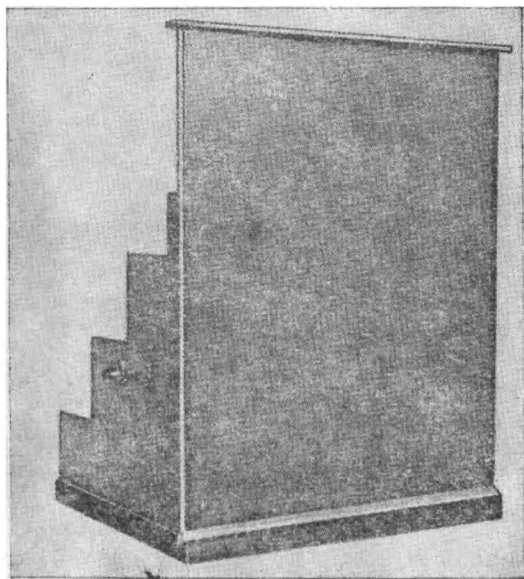


Рис. 49. Установка экрана в пазах столика

В верхней, третьей ступеньке лестницы сделан небольшой вырез, в который легко вставляется полоска из обычного оконного стекла для опытов, требующих теневой проекции.

Источником света в этом случае может служить осветитель, выпускаемый Главучтехпромом, с лампочкой в 6 в, который помещается на штативе внутри ящика.

Такая установка позволяет в увеличенном масштабе спроектировать на потолок, например, спектры магнитных полей магнита и тока, записать колебания ножки камертона и т. п.

Перед проведением опытов все необходимые приборы должны находиться в ящике столика, чтобы не отвлекать внимание учащихся во время объяснения.

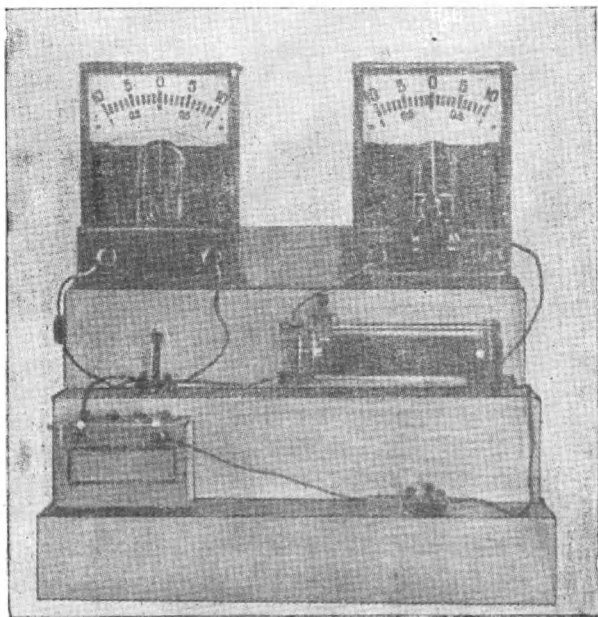


Рис. 50. Установка для изучения электрической цепи

Учитель должен заранее продумать расположение приборов на столике для данного опыта, чтобы уверенно производить расстановку приборов и их соединение на уроке, не теряя времени на переделки и обдумывание.

Укладку приборов и материалов в ящик и его переноску можно поручить учащимся.

Для примера на рис. 50 показан монтаж одной из установок для изучения электрической цепи. Монтаж осуществляется на уроке, при этом детали цепи хорошо видны всему классу.

НАЧАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ И МЕХАНИКА

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ШТАНГЕНЦИРКУЛЯ И МИКРОМЕТРА

В учебных программах по физике предусматривается ознакомление учащихся с устройством штангенциркуля и микрометра и с приемами измерения длины с их помощью. Как показывает практика, с этой целью очень полезно в начале изучения воспользоваться действующими демонстрационными моделями.

В литературе можно найти рекомендации относительно самодельного изготовления таких моделей. Однако было бы желательно иметь их и в заводском изготовлении, обладающими всеми нужными методическими качествами.

Модель штангенциркуля (рис. 51) должна воспроизводить внешнее устройство технического штангенциркуля с нониусом, позволяющим выполнять измерение с точностью до 0,1 доли условной единицы. О примерных размерах модели можно судить по рисунку. Пользуясь данной моделью, можно проводить в классе коллективные упражнения в отсчетах по нониусу и показывать ученикам основные приемы измерения деталей, наружных и внутренних диаметров, глубины отверстий.

Важно отметить, что одно деление нониуса модели на 0,1 меньше двух делений основной шкалы, как это имеет место и в технических штангенциркулях.

Модель микрометра (рис. 52) также должна воспроизводить собой устройство технического микрометра с шагом винта 0,5 доли условной единицы, так как этот тип микрометров в настоящее время наиболее распространен. При коллективных упражнениях с моделью внимание учеников надо обращать на отсчеты половинок

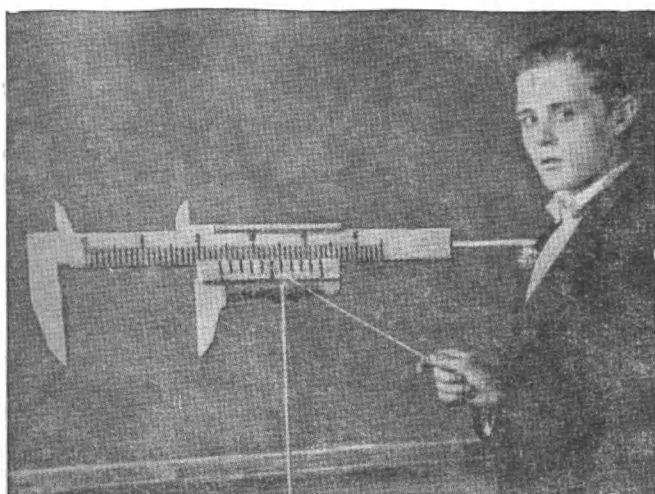


Рис. 51. Демонстрационная модель штангенциркуля

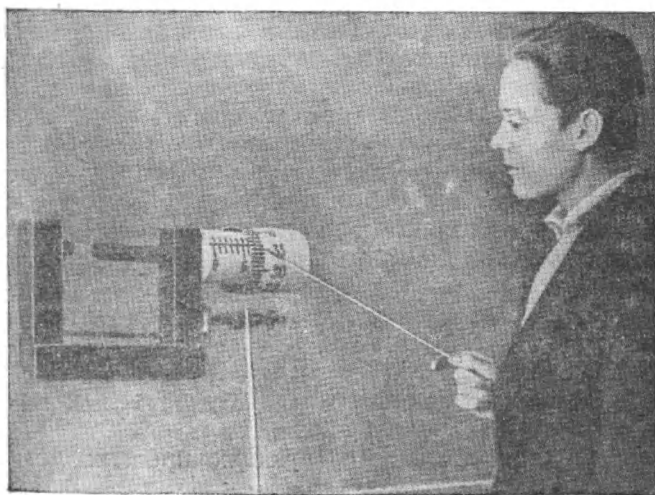


Рис. 52. Демонстрационная модель микрометра

делений по шкале, нанесенной на неподвижном барабане. Модели микрометра, изготовленной из большой деревянной струбчинки, нетрудно придать внешний вид, еще более напоминающий технический микрометр. Для этого вполне достаточно закрыть планки струбчинки с лицевой стороны фанерной стенкой, как это показано на рис. 53.

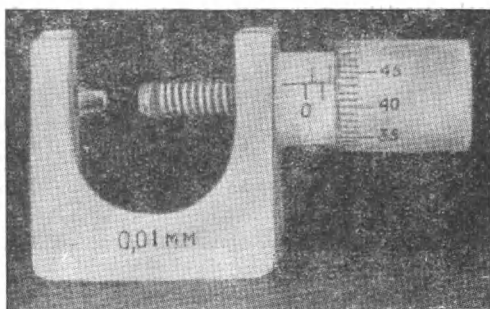


Рис. 53. Демонстрационная модель микрометра с закрытой передней стенкой

При изготовлении описанных моделей надо предусмотреть зажимные муфты с винтами, позволяющие закреплять приборы во время демонстрирования на стержне штатива.

МОДЕЛЬ ДЕСЯТИЧНЫХ ВЕСОВ

Десятичные, сотенные и другие неравноплечные весы с постоянным соотношением плеч находят широкое применение на практике. Между тем учебные модели таких весов в школьных физических кабинетах почти отсутствуют.

Поэтому представляется целесообразным описание простой демонстрационной модели десятичных весов, проверенной в школьной практике.

Модель собирается из следующих простых деталей (рис. 54).

Рычага 1, имеющего 15 ясно различимых делений. На одном конце рычага имеется винт с гайкой 2. На нуле-

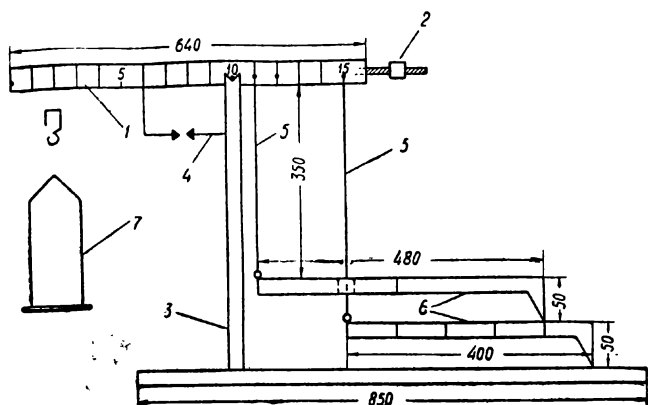


Рис. 54. Схема десятичных весов

вом, десятом, одиннадцатом, двенадцатом и пятнадцатым делениях сделаны отверстия. Отверстие на нулевом делении служит для надевания серьги, на которой подвешивается чашка весов. Отверстие на десятом делении — для оси, на которой держится рычаг. Остальные отверстия служат для тяг, поддерживающих платформы. Стойки 3 с подставкой и проволочной стрелкой-указателем 4. Двух проволочных тяг 5. Двух платформ 6, имеющих на одном конце опорные призмы, а на другом — кольца, за которые зацепляются тяги. В верхней платформе имеется отверстие для одной из тяг. Чашки 7 с подвесками и серьгой.

Рычаг, стойка и платформы изготавливаются из дерева. Ширина платформы 10—15 см. Остальные размеры основных деталей показаны на рис. 54.

С устройством и принципом действия десятичных весов учеников следует познакомить при изучении материала о моментах сил.

Для этого можно дать учащимся три такие, например, постепенно усложняющиеся экспериментальные задачи.

Задача 1. Воспользоваться рычагом, подставкой, чашкой с подвесками и серьгой, набором грузов и собрать модель простейших десятичных весов. Решение ясно из рис. 55.

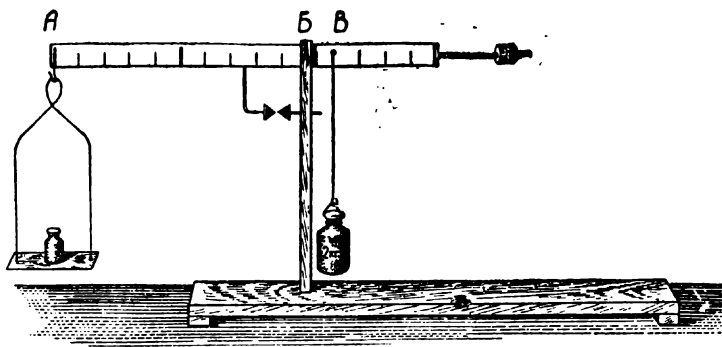


Рис. 55. Равновесие неравноплечевого рычага

Задача 2. Собрать модель десятичных весов с платформой. Дополнительно к указанному выше оборудованию учащимся дается платформа. Решение ясно из рис. 56.

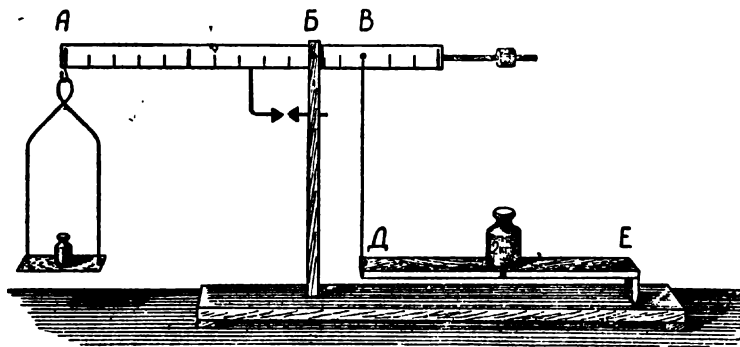


Рис. 56. Модель десятичных весов с одной платформой

Разбирая с учащимися схему установки, показанной на этом рисунке, нужно обратить их внимание на то, что взвешиваемый груз должен стоять точно на середине платформы *ДЕ*. Тогда одна половина веса гири придется на точку опоры *Е*, а другая половина (через тягу) — на точку *В* коромысла весов. В таком случае соотноше-

ние плеч рычага будет $AB:BB=5:1$, т. е. иное по сравнению с первой задачей.

Задача 3. Объяснить устройство десятичных весов, собранных по рис. 57.

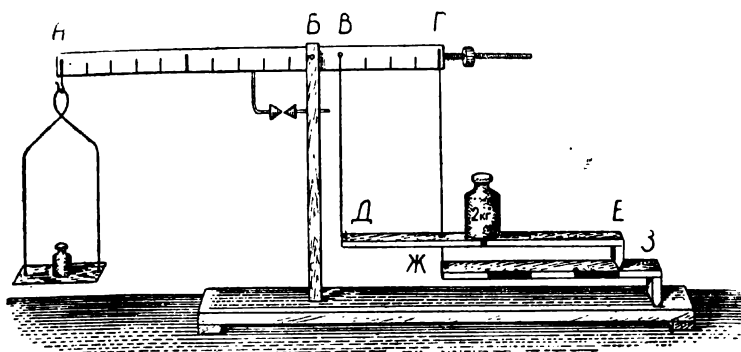


Рис. 57. Модель десятичных весов с двумя платформами

Объяснение может быть такое. При расположении груза, например в 2 кг, посредине платформы DE на точку опоры E , очевидно, действует сила в 1 кгГ. Далее эта сила распределяется между точками $З$ и $Ж$. Так как в собранной модели $ЖЗ:ЕЗ=5:1$, то на точку $Ж$ и, следовательно, на точку $Г$, соединенную с ней тягой, будет действовать сила, равная 0,2 кгГ.

Если расстояние на рычаге, равное одному делению, принять за единицу, то сумма моментов этих двух сил, действующих на правое плечо коромысла, будет равна $M = 1 \times 1 + 5 \times 0,2 = 2$ ед.

Очевидно, что, для того чтобы на левом плече коромысла создать момент в 2 ед. силой в 0,2 кгГ, нужно плечо AB взять равным 10 делениям, что и имеет место в данной модели. Важно также отметить, что платформа DE в весах подобной конструкции все время остается горизонтальной.

После того как учащиеся изучат устройство и принцип действия весов, полезно провести, пользуясь этой моделью, взвешивание различных тел, каждый раз убеждаясь, что вес гирь в 10 раз меньше веса взвешиваемого груза.

ПРИБОР ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ЗАКОНОВ НЬЮТОНА

Прибор (рис. 58) состоит из пружины-ударника 1, трех легких белых шаров 2, имеющих одинаковую массу, и тонкой стальной проволоки 3. Проволока натягивается горизонтально между штативами, расположенными на демонстрационном столе, или между двумя штырями на классной доске. Длина проволоки должна быть 1,2—1,5 м. Шары имеют свободные отверстия, легко скользят по проволоке; они отчетливо выделяются на фоне черной доски.

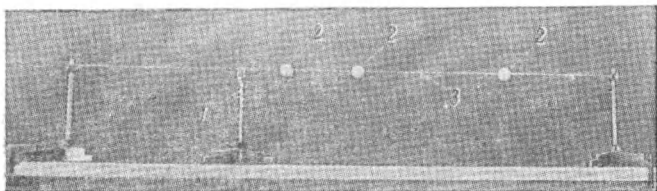


Рис. 58. Общий вид установки

Ударник (рис. 59) представляет собой стальную пружину 1 (3—5 витков) с двумя пластинами-щеками 2 по краям. К одной пластине изнутри привернута резинка-присоска 3, а в другую ввернут винт с диском 4, обращенным гладкой поверхностью к резиновой присоске. Ударник закреплен на стержне 5, чтобы его можно было зажимать в треноге или муфте демонстрационного штатива. Масса ударника (без стержня) должна равняться массе двух шаров.

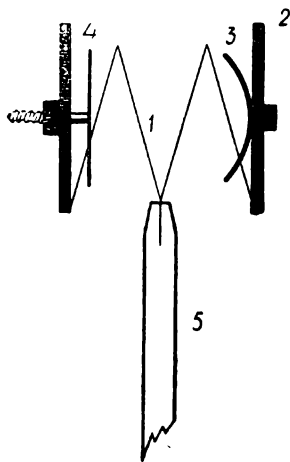


Рис. 59. Схема пружины ударника

Если сжать пружину от руки, то резинка-присоска «прилипает» к гладкой поверхности диска и удерживает пружину в сжатом со-

стоянии в течение нескольких секунд. После чего автоматически производится спуск пружины. Диск можно перемещать внутри пружины и тем самым регулировать силу ее сжатия, а следовательно, и силу удара. Например, чтобы уменьшить силу удара в два раза, надо, вращая винт, расположить диск на середине пружины.

Для выполнения опытов закрепляют на демонстрационном столе с помощью струбцинок два штатива с укороченными стержнями, имеющими по одной муфте.

По концам проволоки делают петли, которыми зацепляют за винты на штативах. Затем проволоку кладут на муфты и, регулируя высоту закрепления муфт на штативах, добиваются горизонтального натяжения проволоки. Проволоку следует почистить мелкой наждачной шкуркой до блеска и смазать маслом.

На проволоке закрепляют фиксатор (металлическую пластинку длиной 5—7 мм и высотой 5 мм), который позволяет быстро устанавливать шары на определенном месте. Пластинка-фиксатор зажимается своим нижним концом и располагается выше проволоки.

На рис. 60 показано расположение прибора для демонстрации второго закона Ньютона.

Под проволокой устанавливают ударник 1 так, чтобы его щека-пластина совпадала с краем фиксатора 2,

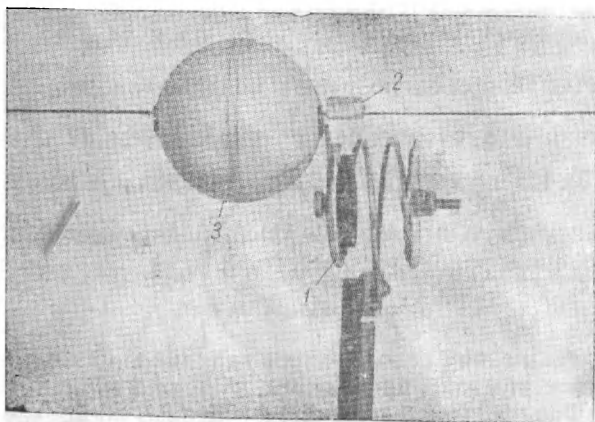


Рис. 60. Расположение прибора для демонстрации второго закона Ньютона

могла ударять по шару 3 и при этом не касалась проволоки. Фиксатор и ударник располагают ближе к одному концу проволоки (рис. 58) и из трех шаров пользуются двумя, которые могут быть соединены вместе.

Сначала опыт проводят с одним шаром, но при разной силе удара. Пускают шар при наибольшем сжатии пружины, т. е. когда диск ударника находится у щеки пружины в крайнем положении. Фишкой или мелом отмечают место, до которого удалился шар в этом случае.

Затем перемещают диск ударника и уменьшают сжатие пружины, например, в два раза, как было указано выше. Снова производят опыт и отмечают новое место остановки шара.

При выполнении эксперимента все время следят за тем, чтобы фиксатор не смещался относительно ударника.

Эти опыты показывают, что пути, пройденные шаром в двух случаях, пропорциональны действующим силам:

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{f_1}{f_2} \quad (1).$$

Так как пути в свою очередь прямо пропорциональны и ускорениям, приобретенным шаром за время действия пружины, т. е. $\frac{S_1}{S_2} = \frac{a_1}{a_2} (1')$, то можно написать $\frac{a_1}{a_2} = \frac{f_1}{f_2} (2)$.

Продолжая опыт, берут сначала один, а затем два шара, соединенные вместе, при одном и том же сжатии пружины. Теперь эксперимент показывает, что $\frac{S_1}{S_2} = \frac{m_2}{m_1}$.

Сравнивая это уравнение с уравнением (1'), пишут $\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1} (3)$. Из пропорции (2) и (3) делают вывод, что ускорение прямо пропорционально действующей силе и обратно пропорционально массе, т. е.

$$a = \frac{f}{m} \quad \text{или} \quad f = ma.$$

При таком же расположении ударника, как в описанных выше опытах, проводится и демонстрация удара шаров. Фиксатором в этом случае можно не пользоваться (его сдвигают ближе к штативу). Один шар вплотную подводят к щеке-пластине сжатого ударника, а другой располагают от него на расстоянии 20—25 см. При уда-

ре наглядно демонстрируется обмен скоростями между этими шарами.

Если на шары в тех местах, где они соприкасаются между собой при ударе, наложить по одинаковому небольшому кольцу из пластилина, то получается удар неупругий. В этом случае шары не обмениваются скоростями и после удара продолжают движение вместе.

Чтобы продемонстрировать инерцию покоя, надо на шар, по которому ударяет пружина, надеть кольцо из проволоки или пластмассы. Кольцо должно быть несколько большего диаметра, чем шар, и располагаться на шаре перпендикулярно к натянутой проволоке. При ударе по шару последний придет в движение, а кольцо соскочит и останется на проволоке на том месте, где был шар.

Для демонстрации третьего закона Ньютона надо иметь одновременно два свободных взаимодействующих тела. Такими телами могут быть пружина-ударник, которую в этом случае снимают со стержня и за кольцо вешают на проволоку, и один или два соединенных между собой шара.

На рис. 61 показано расположение прибора для демонстрации третьего закона Ньютона: 1 — ударник, 2 — пластинка-фиксатор, 3 — шары.

Чтобы ударник во время опытов не поворачивался вокруг вертикальной оси и удар по шару был направлен вдоль проволоки, надо воспользоваться пластинкой-фиксатором и вешать на нее пружину-ударник, как показано на рис. 61.

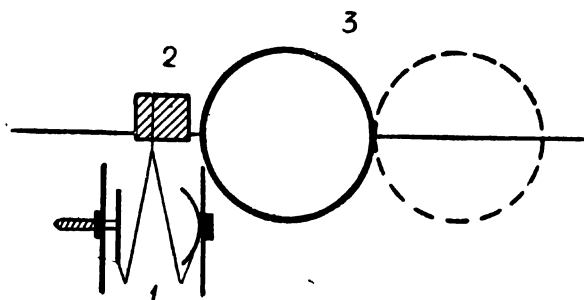


Рис. 61. Расположение прибора для демонстрации третьего закона Ньютона

Теперь под действием ударника оба тела (пружина-ударник и шар) придут в движение. Если массы тел одинаковы, то они перемещаются в разные стороны на равные расстояния, в другом случае расстояния будут обратно пропорциональны массам.

С этим же прибором можно показать, что внутренние силы в изолированной системе не вызывают поступательного движения системы. С этой целью вешают ударник на проволоку, сжимают пружину и наблюдают, как после спуска пружины ударник остается на месте. Если же к одной стороне ударника подставить штатив (система становится неизолированной), то ударник придет в движение и переместится вдоль проволоки на значительное расстояние.

Многочисленные испытания показали, что прибор прост по конструкции, не требует специальных навыков в обращении, отличается наглядностью и удобен для хранения. Точность результатов, полученных с прибором, вполне удовлетворительна для демонстрационных целей. Например, когда расстояние, на которое перемещались шары от ударника, лежало в пределах 60—80 см, погрешность не превышала 2—3 см.

ПРИБОР ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ЗАКОНОВ РАВНОМЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ ПО КРУГУ

Общий вид прибора изображен на рис. 62.

Прибор состоит из деревянного бруска прямоугольного сечения (рис. 63), середина которого соединена с конусным штырем для установки в патроне центробежной машины (рис. 64, а). По торцам бруска прочно прикреплены железные угольники (рис. 64, б), между которыми вставлен стальной стержень.

Концы стержня с винтовой резьбой пропущены сквозь отверстия в угольниках и закреплены гайками. На стержень насажены два свободно скользящих груза по 50 г каждый (рис. 64, в). Один груз имеет для нити отверстие, а другой — паз, в который проходит нить от первого груза. Нить должна быть прочной и выдерживать нагрузку до 2 кг.

Посередине бруска, перпендикулярно к нему, расположена вертикальная стойка, согнутая из стального прут-

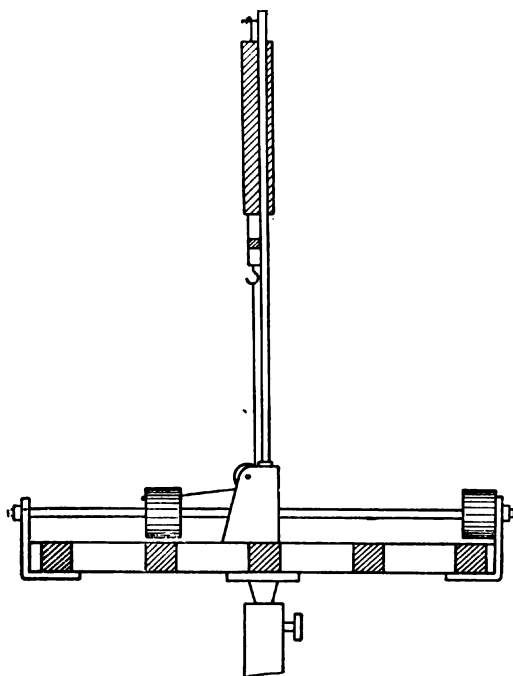


Рис. 62. Общий вид прибора для демонстрации законов равномерного движения по кругу

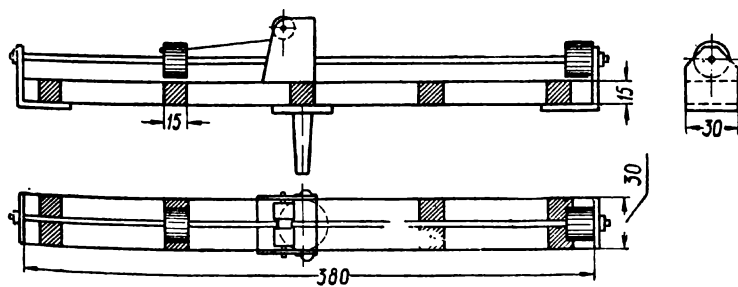


Рис. 63. Устройство деревянного бруска

Рис. 64. Детали устройства конуса, угольников и грузов

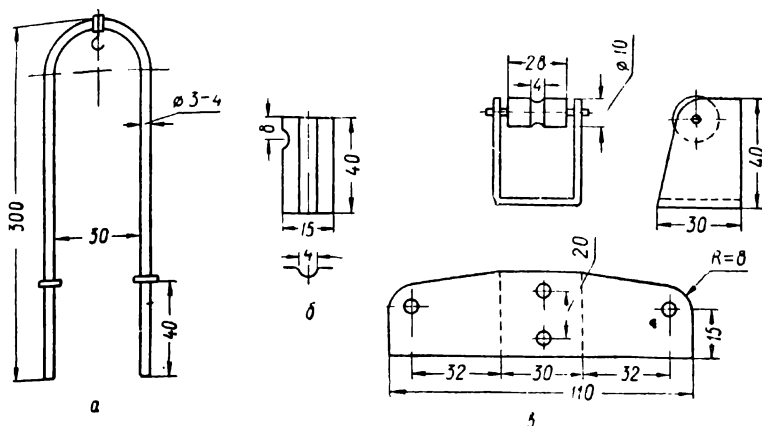


Рис. 65. Детали устройства стойки, гнезд для нее и блока

ка (рис. 65, а). Стойка съемная, она прочно устанавливается в гнездах бруска (рис. 65, б). В вершуге стойки имеется крючок, на который подвешивается цилиндрический динамометр с демонстрационной шкалой (см. рис. 62)¹. Ось динамометра должна совпадать с осью вращения прибора.

Нить от первого груза, направленная горизонтально, огибает блок, установленный в скобе, к которой прикреплена стойка (рис. 65, в), поднимается вверх по оси вращения прибора и присоединяется с помощью кольца к нижнему крючку динамометра.

Длина бруска, высота стойки, длина нити и места прикрепления к ней колец диктуются размерами шкалы динамометра, имеющей 12 одинаковых делений. Длина бруска должна быть равна 36 делениям шкалы плюс 40 мм, а высота стойки должна быть такой, чтобы нижний крючок динамометра, вытянутого на все 12 делений, находился на расстоянии 15 мм над блоком. На рисунках указаны размеры, приблизительные в предположении, что шкала динамометра, рассчитанного на 1200 Г, имеет 12 делений, длина каждого деления 10 мм, а всей шкалы 120 мм.

¹ Изготовление динамометра описано в книге А. И. Глазырина «Самодельные приборы по физике», М., изд-во АПН РСФСР, 1953, стр. 328.

Брусок, окрашенный белой краской, имеет пять поперечных черных полос шириной по 15 мм. Середина центральной полосы проходит через ось вращения прибора, середины следующих двух полос лежат от оси вращения на расстоянии 9 делений динамометра, а последних двух полос — на расстоянии 18 делений.

К нити, прикрепленной одним концом к первому грузу, привязывают четыре проволоочных кольца диаметром по 4 мм. Первое от груза кольцо укрепляют так, чтобы груз находился над первым от оси вращения делением планки, а динамометр, сцепленный с грузом, показывал в это время нагрузку 600 Г; вторым кольцом нить должна сцеплять динамометр, показывающий нагрузку 300 Г, с грузом, находящимся по-прежнему над первым делением планки. Третье кольцо на нити сцепляет динамометр, показывающий нагрузку в 600 Г, с грузом, находящимся против второго, крайнего деления планки, и четвертое кольцо сцепляет груз, находящийся там же с динамометром, показывающим нагрузку 300 Г.

Для проведения опытов прибор прочно укрепляют в патроне центробежной машины, ось вращения которой установлена вертикально. Кроме описанного прибора, необходим метроном или какой-либо иной отсчетчик одинаковых промежутков времени, например маятник.

Опыт 1. Центростремительная сила прямо пропорциональна массе тела (при неизменных угловой скорости и радиусе вращения).

Первый груз соединяют нитью с динамометром вторым колечком (считая от груза). Второй груз придвигают к противоположному концу. Постепенно увеличивают скорость вращения прибора до тех пор, пока груз не окажется над первым делением, а динамометр покажет 300 Г. Поддерживая неизменной найденную угловую скорость вращением ручки центробежной машины, настраивают метроном так, чтобы он отсчитывал полные обороты ручки машины.

Можно считать, что динамометр, удерживая груз на известном расстоянии, показывает центростремительную силу при данной угловой скорости.

Прекратив вращение, присоединяют к первому грузу второй, находившийся на другом конце бруска. Теперь масса груза, удерживаемая динамометром при вращении, удвоилась.

Динамометр сцепляют с грузом первым колечком и повторяют опыт. Когда обороты ручки центробежной машины совпадут с ударами метронома, т. е. угловая скорость вращения прибора окажется прежней, грузы расположатся над той же отметкой, а динамометр покажет центростремительную силу в 600 Г, т. е. в два раза большую. При увеличении массы в два раза центростремительная сила увеличилась также вдвое при неизменных прочих условиях.

Опыт 2. Центростремительная сила прямо пропорциональна радиусу вращения (при неизменных массе и угловой скорости).

Повторяют первую половину первого опыта. Груз располагается над первым делением, а динамометр показывает силу в 300 Г (второй груз находится на другом конце бруса).

Прекратив вращение, прицепляют динамометр за третье колечко и снова вращают машину. При достижении прежней угловой скорости груз окажется над вторым делением, а динамометр покажет силу в 600 Г. Радиус вращения увеличился в два раза, в два раза увеличилась и центростремительная сила при неизменных массе и угловой скорости.

Опыт 2. Центростремительная сила пропорциональна квадрату угловой скорости (при неизменных массе и радиусе вращения).

Прицепляют четвертое колечко к динамометру. Постепенно увеличивают скорость вращения машины до тех пор, пока груз не окажется над вторым делением, а динамометр покажет силу в 300 Г.

Пускают метроном и устанавливают его так, чтобы он отсчитывал обороты ручки центробежной машины при указанных условиях.

Остановив вращение, прицепляют динамометр ко второму колечку. Постепенно увеличивают угловую скорость вращения в два раза, т. е. за один промежуток времени между ударами метронома делают два оборота ручкой центробежной машины. Груз снова окажется над той же второй отметкой, но динамометр покажет силу 1200 Г. Таким образом, при увеличении угловой скорости в два раза центростремительная сила увеличивается в четыре раза.

ПРУЖИННЫЙ МАЯТНИК ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ¹

Прибор предназначен для демонстрации механических колебаний при изучении темы «Колебания и волны», а также может применяться при проведении аналогий в теме «Электромагнитные колебания и волны».

Пружинный маятник (рис. 66) состоит из двух пружин 1, изготовленных из стальной проволоки сечением около 1 мм^2 , железного груза 2 массой 100—400 г, воздушного демпфера 3, механизма для возбуждения колебания 4, приспособления для записи колебания 5, двух медных проволок 6 длиной 5—6 см, приспособления для крепления пружин 7 и вертикального подвеса 8. В установке можно воспользоваться готовыми пружинами от динамометра Бакушинского или от ведерка Архимеда.

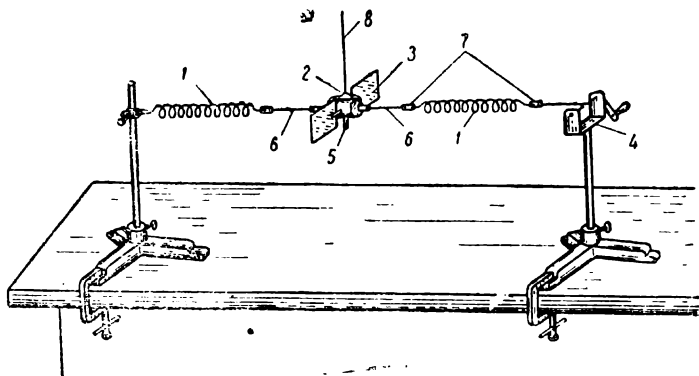


Рис. 66. Установка пружинного маятника для демонстрации свободных и вынужденных механических колебаний

Маятник монтируется на подставках-треногах от универсального штатива, прикрепленных к столу с помощью струбцин. В одной подставке укрепляется механизм для возбуждения колебаний, а в другой—короткий стержень с зажимной муфтой. Пружины должны быть в натянутом состоянии, чтобы система не могла совершать боковые колебания. Груз поддерживается вертикальным подвесом из тонкой мягкой проволоки, прикрепленным к про-

¹ Прибор разработан совместно с А. А. Пинским.

волочной дужке, которая держится за ушки груза. Подвес крепится к потолку. Возможно крепление подвеса ниже, на раме или штативе, но при этом длина его должна быть больше 50 см. Для демонстрации свободных колебаний достаточно отвести груз рукой от положения равновесия, сжав одну и растянув другую пружины, а затем предоставить систему самой себе.

Зависимость частоты колебаний системы от массы и упругости удастся продемонстрировать, подвесивая вместо одного груза несколько и прикрепив вместо одной две пары пружин. При установке демпфера имеют место сильно затухающие колебания, без демпфера затухание заметно уменьшается.

Свободные колебания записываются на равномерно протягиваемой под грузом бумаге, фанере и т. п. (рис. 67). Запись производится мелом, укрепленным с

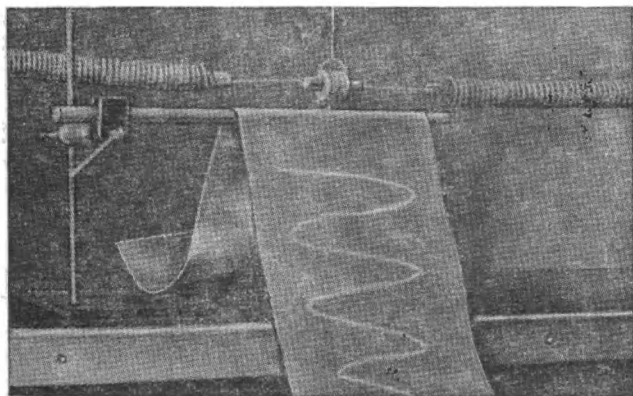


Рис. 67. Запись колебаний пружинного маятника

помощью тонкой пружинки под грузом; можно также вести запись полоской фетра, прикрепленной к грузу и смоченной чернилами.

Для демонстрации вынужденных колебаний и резонанса следует вращать ручку механизма для возбуждения колебаний¹, устройство которого понятно из рис. 66.

¹ В этой установке вместо ручного механизма для возбуждения колебаний можно воспользоваться универсальным электродвигателем, описанным на стр. 5 (Прим. ред.)

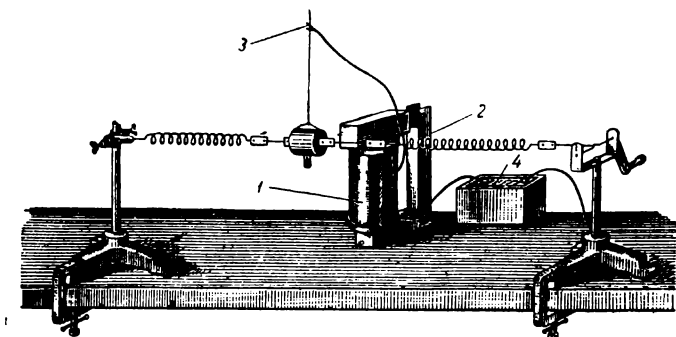


Рис. 68. Автоколебательная система

Целесообразно вначале показать периодическое действие силы, частота которой значительно меньше собственной частоты колебаний системы, затем — действие силы, частота которой значительно больше собственной, наконец—явление резонанса. Резонансную кривую снять не удастся, поэтому явление изучается качественно.

Следует заметить, что все детали пружинного маятника перед опытом необходимо надежно закрепить, так как при резонансе возникают большие усилия. Крепление осуществляется с помощью пластинок, попарно стянутых винтами с гайками.

Описанная установка легко преобразуется в автоколебательную систему (рис. 68). Электромагнит собирается из катушки 1 от универсального трансформатора, рассчитанной на 220 в, и незамкнутого железного сердечника 2. Электромагнит служит «клапаном», который регулирует поступление энергии от источника к колебательной системе. Подобную роль в ламповом генераторе выполняет трехэлектродная лампа, поэтому автоколебательная система может служить ее аналогом при изучении лампового генератора. Действием «клапана» управляет сама колебательная система с помощью контакта-прерывателя 3. Данная система питается от любого источника постоянного тока 4 напряжением от 12 до 30 в.

Прибор, как указывалось выше, предназначается для демонстрации опытов в классе; он прост по конструкции, удобен в обращении и дает вполне удовлетворительные для учебных целей результаты.

ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСКОРЕНИЯ ПРИ СВОБОДНОМ ПАДЕНИИ

Прибор (рис. 69) состоит из метровой линейки-маятника 1, шарика на нити 2 и опорной скобы на стержне 3.

На линейке на расстоянии примерно 16 см от ее верхнего конца подвижно укреплена пластинка 4, которой прибор опирается на скобу (рис. 70). Таким образом, линейка может свободно колебаться в двух плоскостях (рис. 69): вместе с пластинкой — в плоскости чертежа и на оси пластинки — в плоскости, перпендикулярной чертежу. Это дает возможность линейке автоматически устанавливаться в строго вертикальном положении. Вверху линейки сделано сквозное отверстие с деревянным колком 5 для изменения длины нити шарика.

Шарик имеет такой вес, что, будучи подвешен против нижнего края опорной пластинки, он отклоняет линейку от положения равновесия на некоторый угол и при этом касается ее грани.

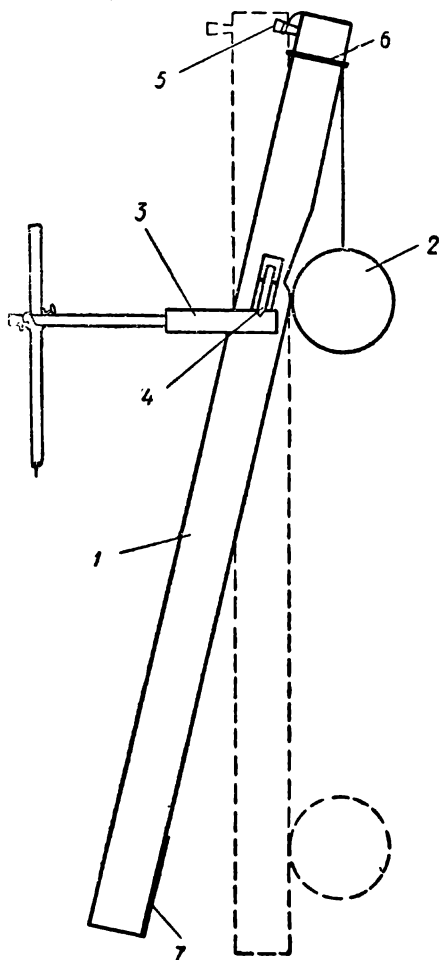


Рис. 69. Прибор для определения ускорения при свободном падении

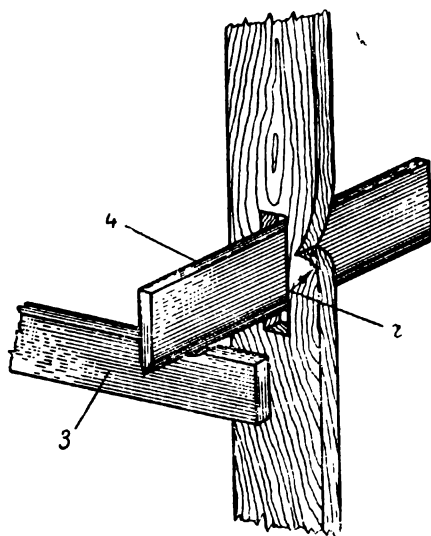


Рис. 70. Детали устройства прибора

Чтобы при отклонении линейка не смещала подвешенный шарик в сторону от вертикального направления, совпадающего с начальным вертикальным положением передней грани линейки, на ней сделан вырез по окружности. Центр этой окружности совпадает с осью маятника (острым краем пластинки-опоры), а радиус r равен расстоянию от оси до передней грани линейки, как это показано на рис. 70.

На верхнюю часть линейки надета проволочная скоба или резиновое кольцо *б* (рис 69), через которое продевается нить от шарика; это кольцо прижимает нить к линейке. Если подвешенный шарик отклоняет линейку на значительный угол и при этом не касается ее грани, то, передвигая кольцо вниз, можно добиться, чтобы шарик слегка касался линейки.

Для выполнения опытов зажимают в муфте обычного штатива стержень скобы, на которой устанавливается линейка-маятник. К шарiku прикрепляют нить, свободный конец которой несколько раз накручивают на колок. С помощью колка регулируют длину нити так, чтобы центр шарика был на одном уровне с нижним острым

краем пластинки-опоры и при этом шарик слегка касался линейки.

После того как колебания линейки успокоятся, пережигают нить. Шарик свободно падает, а линейка в это время возвращается к положению равновесия и ударяет о шарик (рис. 69, пунктир). Место удара шарика по линейке фиксируется на прикрепленной к ней полоске белой бумаги 7, наложенной на отрезок копировочной ленты от пишущей машинки, или с помощью тонкого слоя пластилина.

Путь, пройденный шариком (расстояние от начала падения до полученной отметки на линейке), измеряется масштабом с миллиметровыми делениями. А время падения на этом пути, равное $\frac{1}{4}$ периода полного колебания линейки, вычисляется из измерения времени нескольких колебаний линейки.

Для этого отклоняют маятник примерно на такой же угол, на какой отклонял его подвешенный шарик, и одновременно с пуском маятника пускают секундомер (или замечают положение секундной стрелки часов). Отсчитав, например, 20 или 30 колебаний (считать всякий раз, когда линейка возвращается в начальное положение), останавливают секундомер или замечают положение секундной стрелки часов. Полученное время делят на число колебаний и на 4.

Например: число колебаний линейки 20; время, затраченное на эти колебания, 32 сек.; тогда время падения шарика:

$$t = \frac{32}{20 \cdot 4} = \frac{2}{5} = 0,4 \text{ сек.}$$

Если при этом оказалось, что шарик прошел путь $S = 78,5 \text{ см}$, то, пользуясь уравнением $g = \frac{2S}{t^2}$, можно вычислить окончательный результат:

$$g = \frac{2 \cdot 78,5}{0,16} = \frac{157}{0,16} \approx 981 \text{ см/сек}^2.$$

Многочисленные испытания показали, что относительная погрешность результата при выполнении работ с описанным прибором не выходит за пределы 3%.

БАЛЛИСТИЧЕСКИЙ ПИСТОЛЕТ

Прибор предназначен для лабораторных занятий в физическом практикуме и позволяет выполнить работу «Исследование движения тела, брошенного горизонтально, вертикально и под углом к горизонту».

Данный баллистический пистолет отличается от известных подобных лабораторных приборов простотой конструкции, удобством в работе и дает вполне удовлетворительные для учебных целей результаты.

Общий вид установки показан на рис. 71.

Пистолет (рис. 72) состоит из стальной пружины 1 со стержнем, укрепленным в ее середине, резиновой присоски 2 в виде лунки и шарика 3 из органического стекла, пластмассы или дерева. Шарик имеет плоский срез по размеру резиновой присоски и углубление по величине стерженька пружины.

Для установки под разными углами к горизонту прибор имеет простое угломерное устройство 4 в виде транспортира с отвесом. Пружина с присоской и транспортир укреплены на небольшом металлическом стержне 5, который во время выполнения работы зажимается в муфте обычного лабораторного штатива.

Для того чтобы произвести опыт, надо вложить шарик плоским срезом внутрь пружины (стерженек должен быть против углубления) и прижать к резинке-присоске (рис. 73). Шарик «прилипает» к присоске и удерживает пружину в сжатом состоянии в течение нескольких секунд, после чего автоматически производится «выстрел».

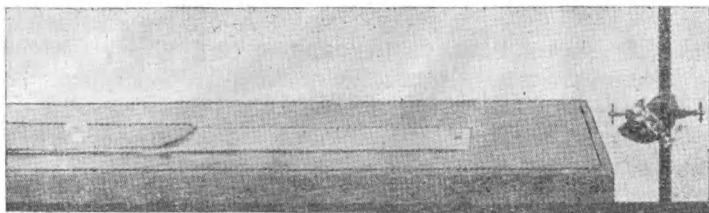


Рис. 71. Общий вид установки для работы с баллистическим пистолетом

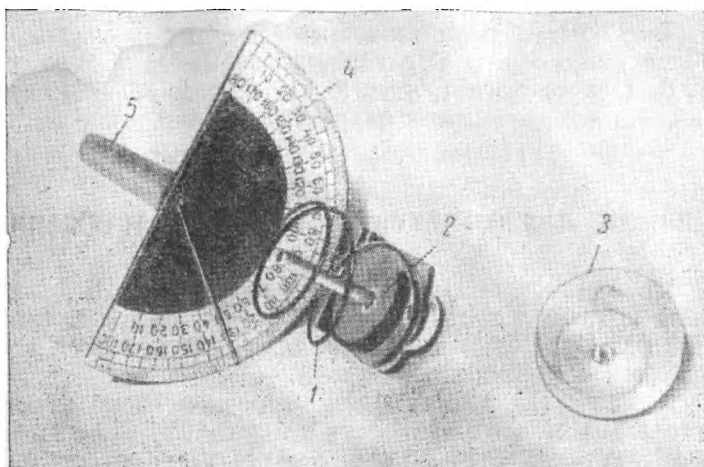


Рис. 72. Детали устройства пистолета

Место падения шарика легко фиксируется, если на крышке стола, где ударяет шарик, положить лист белой бумаги, накрытой листом копировальной бумаги.

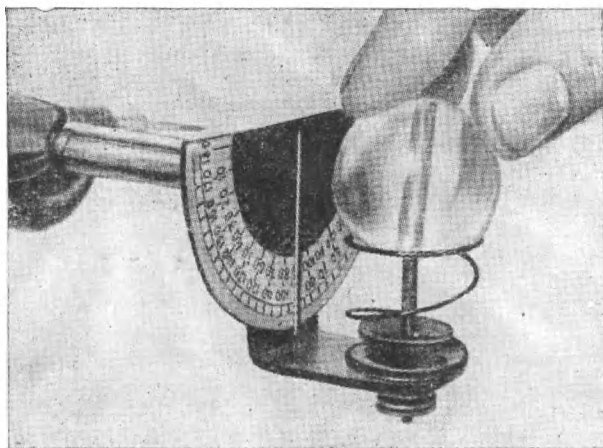


Рис. 73. Зарядка пистолета шариком

Ряд опытов, проведенных с этим прибором согласно описанию в книге «Практикум по физике» под ред. А. А. Покровского (Учпедгиз, 1956, стр. 66—73), показал, что все результаты получаются точно такие же, как в указанном руководстве.

ПРИБОР ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ РАСТЯЖЕНИЯ

Прибор предназначен для выполнения в физическом практикуме лабораторной работы «Опытная проверка закона Гука, выявление предела упругости и остаточной деформации».

В качестве исследуемых образцов используются стальные и медные проволоки длиной 500—530 мм; первые диаметром 0,3—0,5 мм, а вторые диаметром 0,5—0,8 мм.

Устройство прибора показано на рис. 74. Между двумя направляющими железными стержнями 1 длиной 530 мм, скрепленными по концам подставками 2, вмонтирован динамометр 3 в виде стальной пружины. Динамометр заканчивается втулкой с прорезью, в которой находится съемный вкладыш 4 для закрепления исследуемой проволоки.

Проволока одним концом прикрепляется посредством вкладыша к динамометру (рис. 75), а другим — к оси червячного механизма с колком 5 (рис. 76).

При вращении колка проволока наматывается на ось механизма. Одновременно начинает растягиваться пружина динамометра, о чем можно судить по указателю 6 (рис. 74), перемещающемуся по шкале 7, градуированной в килограммах. Таким образом, прибор позволяет

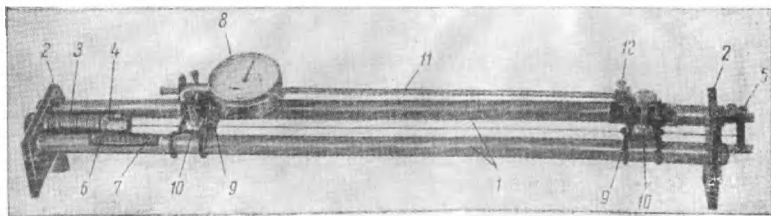


Рис. 74. Прибор для изучения деформации растяжения проволок

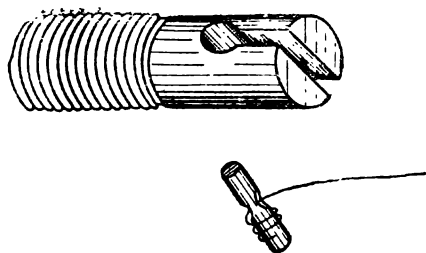


Рис. 75. Втулка с прорезью и вкладыш для закрепления проволоки у динамометра

изменять натяжение проволоки и всякий раз измерять приложенную к ней силу.

Для определения величины удлинения проволоки прибор снабжен специальным индикатором 8, позволяющим производить измерения с точностью до 0,01 мм.

В описанном приборе проводится исследование и измерение удлинения не всей проволоки, а лишь части, ограниченной двумя ползунами 9, к которым проволока прикрепляется с помощью винтовых зажимов 10. Такой способ дает возможность избежать искажений в результатах опытов, т. е. искажений вследствие разматывания проволоки в местах крепления, что обычно

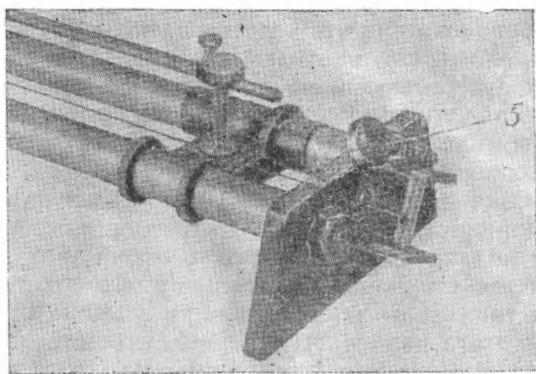


Рис. 76. Червячный механизм с колком для натяжения проволоки и ползун с винтовым зажимом

наблюдается даже при тщательном закручивании ее концов.

На одном из ползунов, расположенном вблизи динамометра, установлен индикатор, а на другом — стержень 11, который закрепляется винтом 12. Стержень на свободном конце имеет пружинящие защелки для соединения его со штифтом индикатора.

При растяжении проволоки увеличивается расстояние между ползунами, и стержень, который не меняет своей длины (он не подвергается действию растягивающей силы), перемещает штифт индикатора на величину удлинения проволоки. Удлинение определяется по показаниям стрелок индикатора: большая указывает сотые доли миллиметра, а малая — целые.

Для выполнения работы исследуемые образцы проволок укрепляются в приборе следующим способом. Один конец проволоки вставляют в отверстие оси червячного механизма и поворачивают колок так, чтобы ось сделала 3—4 оборота.

С другой стороны проволоку продевают через отверстие съемного вкладыша и свободный конец несколько раз наматывают на вкладыш, после чего его снова устанавливают на место, т. е. в прорезь втулки динамометра.

В начале опыта стрелки динамометра и индикатора должны быть установлены на нуле.

Динамометр устанавливается на «нуль» поворотом колка. Проволока при этом слегка натягивается. Тогда ее надо подложить под винтовые зажимы и закрепить их. В опытах со стальными проволоками ползуны располагаются на расстоянии 340—350 мм между центрами винтовых зажимов, а если берется медная проволока — то на расстоянии 150—160 мм.

Установка индикатора на «нуль» производится следующим приемом. Сначала надо соединить стержень со штифтом индикатора. Для этого, ослабив винт, которым закрепляется стержень, перемещают его до упора со штифтом так, чтобы защелки вошли в выемку на штифте. После этого надо слегка переместить стержень вместе со штифтом индикатора, чтобы малая стрелка его установилась на нуль. При этом большая стрелка повернется на 10—15 делений. В таком положении и закрепить стержень винтом.

Затем, аккуратно вращая за ободок шкалу индикатора, следует подвести нуль шкалы до совпадения с большой стрелкой.

Теперь при растяжении проволоки движение стрелок динамометра и индикатора должно начаться одновременно. Это и будет свидетельствовать о правильной установке на «нуль».

Создавая постепенно растягивающую силу в 0,5 кг, 1 кг, 1,5 кг и т. д. до 5 кг и каждый раз измеряя по индикатору удлинения, можно достаточно точно и быстро исследовать деформацию растяжения, выявить предел упругости, остаточную деформацию, а также определить и модуль упругости.

ГИДРО- И АЭРОДИНАМИКА

ДЕЙСТВУЮЩАЯ МОДЕЛЬ ГИДРОТУРБИНЫ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Прибор (рис. 77) состоит из следующих основных частей: корпуса 1 с двумя лапками для укрепления в штативе; двух колес 2 и 3 — верхнего неподвижного (направляющего) и нижнего вращающегося (рабочего); трехлапчатой крышки 4, в центре которой укреплена шайба — подшипник для вала; вала 5 со шкивом на верхнем конце.

Корпус прибора делают из литровой или полулитровой бутылки белого стекла с отрезанным дном. Бутылку наращивают цилиндром из жести, который соединяют со стеклом замазкой 6 из цемента, замешанного на асфальтовом лаке.

Колеса делают так. Вытачивают два деревянных цилиндра высотой по 25 мм. Верхний цилиндр входит в бутылку плотно, нижний должен свободно вращаться в ней с возможно меньшим зазором.

Нижний цилиндр снизу имеет свекловидный приросток, выточенный вместе с колесом по форме сужающейся к горлу части бутылки так, чтобы между стеклом и телом приростка было всюду кольцевое пространство шириной в 7 мм.

На боковую поверхность каждого цилиндра наносят 24 винтовых линии. Для этого из плотной бумаги вырезают полоску шириной 25 мм, длиной 50 мм, один конец которой срезают под углом 45° . Полоской огибают цилиндрическую поверхность колеса и по скошенной кромке очерчивают карандашом винтовую линию. Сдвигая полоску на 10 и 20° (в чередующемся порядке), наносят все 24 линии.

Так же поступают и со вторым колесом, но винтовые линии наклоняют в обратную сторону (булажную полосу перевортывают наизнанку).

По начерченным кривым лобзиком делают пропилы на глубину 7 мм и затем широкие промежутки между пропилами выбирают стамеской, оставляя цилиндрическую поверхность диаметром, на 14 мм меньшим наружного. Полученным таким образом двенадцати винтовым лопастям придают обтекаемую форму (рис. 78).

Нижнее колесо со свекло-видным отростком прочно насаживают на вал, который пропускают сквозь подшипники-шайбы, укрепленные на обоих торцах верхнего колеса.

Лапки крышки, в центре которой укреплена шайба-подшипник (рис. 79), неподвижно соединены с верхним колесом тремя стержнями, которые вбиты в дерево и припаяны к лапкам. Вал, вставленный в подшипники верхнего колеса и крышки, удерживается от выпадения вниз верхней упорной шайбой, которую закрепляют на валу так, чтобы между колесами остался просвет в 1,5—2 мм. На конец вала насаживают шкив.

Деревянные части прибора тщательно пропитывают горячей олифой и раскрашивают масляными красками: наружные срезы лопастей — белой, остальное — красной (или другими). Металлические части покрывают нитролаком. Готовый собранный механизм вставляют в корпус турбины.

Другой вариант турбины изображен на рис. 80. Для этой модели берется узкая полулитровая бутылка с отрезанной нижней половиной и литровая консервная бан-

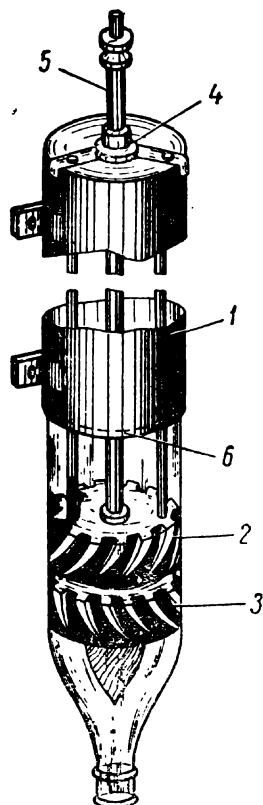


Рис. 77. Модель гидротурбины

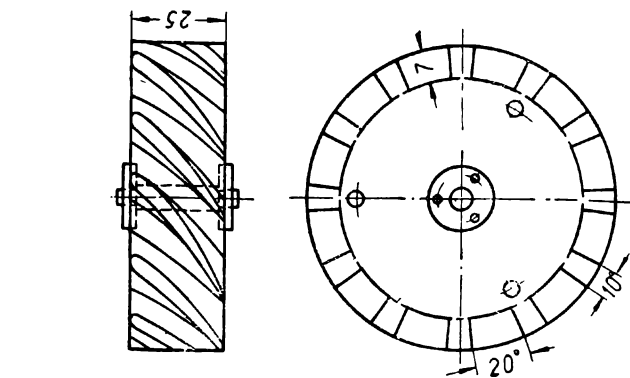


Рис. 78. Детали устройства колес турбины

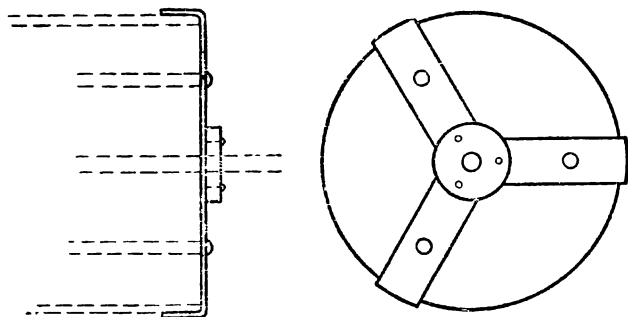


Рис. 79. Детали устройства крышки

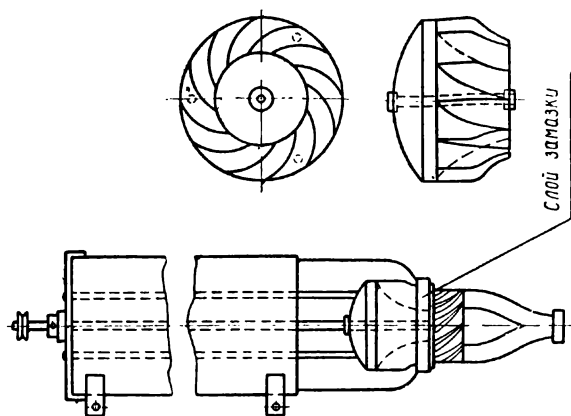


Рис. 80. Другая модель гидротурбины с деталями устройства

ка с отрезанным дном. В горловину банки вставляется бутылка и закрепляется цементной замазкой. Банку наращивают железным цилиндром с лапками так же, как и у предыдущей модели.

Устройство механизма турбины тождественно с вышеописанным и отличается от него лишь верхним колесом, у которого направляющие лопасти лучше сделать металлическими. У нижнего рабочего колеса можно уменьшить число лопастей с 12 до 9 или до 6.

Для демонстрации гидротурбину укрепляют в двух зажимных лапках штатива вниз горлышком, ставят штатив в большую ванну-кювету, закрывают горлышко пробкой и прибор наполняют водой.

Открыв пробку, демонстрируют вращение рабочего колеса турбины, хорошо видимое всему классу. От шкива вверху вала можно сделать привод шнуром к какому-нибудь легко вращающемуся механизму.

ДЕЙСТВУЮЩАЯ МОДЕЛЬ ВЕТРОНАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Прибор (рис. 81) предназначен для иллюстрации использования энергии ветра в народном хозяйстве и демонстрируется при изучении темы «Движение жидкости и газа».

Модель (рис. 82) собирается из следующих основных частей: головки ветряка, в которую входит многолопастное ветроколесо 1, кривошипно-шатунный механизм 2 и хвост ветряка 3; разборной башни 4; всасывающего насоса 7, к которому относятся штанга 5 и стакан-колодец 6; деревянной подставки-ящика 8 с выдвижными передней и задней дверцами; водонапорной башни 10, бака 11, трубок 9 и 12, отверстий для стока воды 13 и 14.

Ветроколесо имеет диаметр 250 мм; оно может быть изготовлено из цельного листа белой жести или кровельного оцинкованного железа.

Башня ветряка 4 и хвост 3 изготавливаются из угловой и листовой белой жести; ящик-подставка 8 — из фанеры, он служит подставкой для прибора и местом хранения его частей при транспортировке. С этой целью прибор делается легко разборным. Колодец 6, насос 7 и бак 11 выполняются из плексигласа, что дает возмож-

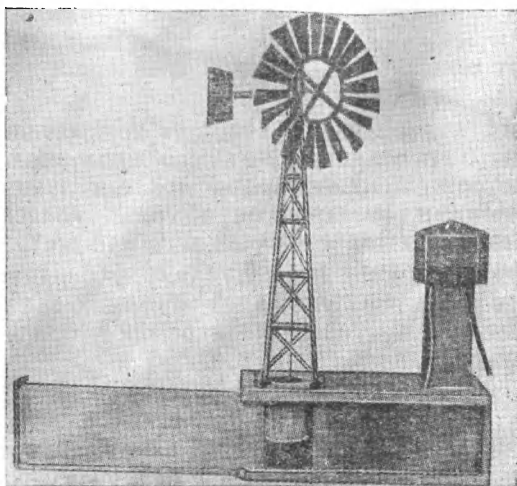


Рис. 81. Внешний вид модели ветронасосной станции

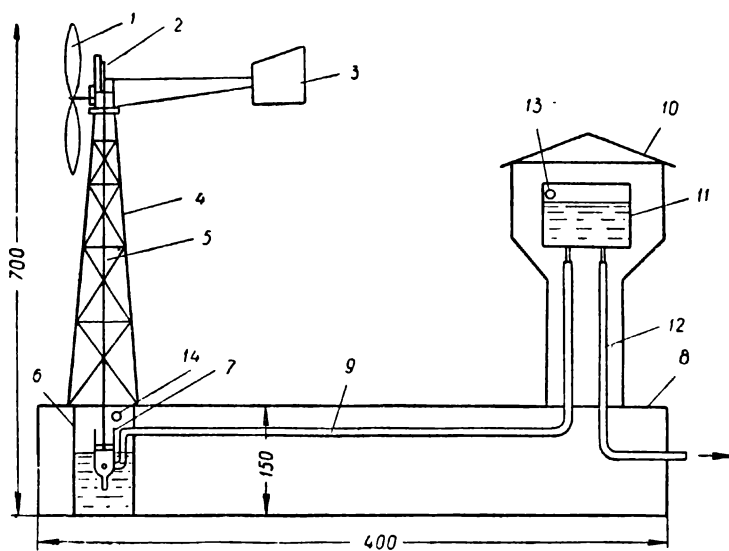


Рис. 82. Устройство ветронасосной станции

ность хорошо видеть процесс работы насоса и наполнения бака водонапорной башни водой.

Прибор работает от вентилятора мощностью в 40 вт, расположенного на расстоянии 1—1,5 м от ветроколеса.

Передача движения от ветроколеса к штоку насоса осуществляется кривошипно-шатунным механизмом (рис. 83). Устройство кривошипно-шатунного механизма (рис. 84): 1 — салазки, 2 — ползунок, 3 — шатун, 4 — штанга насоса, 5 — часовая шестерня, 6 — часовой триб на валу ветроколеса (передача приблизительно 1 : 4).

При изменении направления ветра головка ветряка автоматически (с помощью хвоста) поворачивается по ветру вокруг вертикальной оси.

Вода из бака водонапорной башни может быть направлена к фонтанику, модели водопровода, поилке и т. п.

Для того чтобы избежать переполнения бака водой, в задней стенке его имеется отверстие, которое соеди-

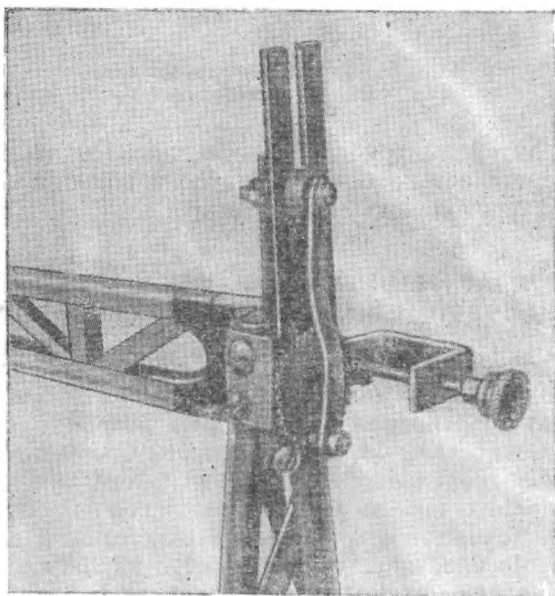


Рис. 83. Кривошипно-шатунный механизм

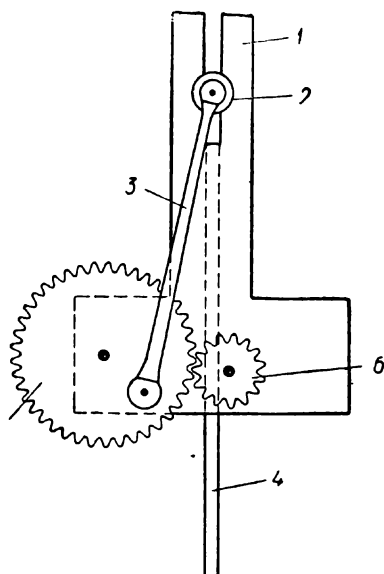


Рис. 84. Устройство кривошипно-шатунного механизма

няется потайной трубкой с колодез. По этой трубке вода перетекает из бачка обратно в колодец в случае подъема уровня воды выше нормы.

ПОПЛАВКОВЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ К УСТАНОВКЕ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ДЕЙСТВИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Выключатель (рис. 85) устроен по тому же принципу, что и современные выключатели тока для осветительных сетей, но смонтирован наглядно, на открытой панели и имеет значительно большие размеры. Одна сторона выключателя соединена с металлическим стержнем поплавка и вместе с ним может подниматься и опускаться. Другая сторона в это время размыкает или замыкает контактные пластины, соединенные с двумя клеммами.

Все детали механизма выключателя изолированы от контактных пластин, для чего между контактной манжеткой и пластиной, на которую она насажена, имеет-

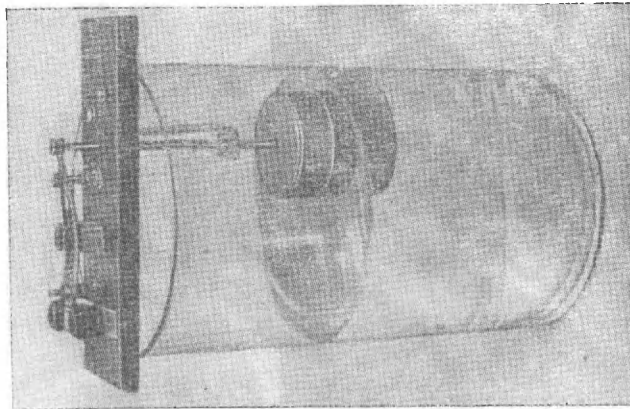


Рис. 85. Поплавковый выключатель к автоматически действующей насосной станции

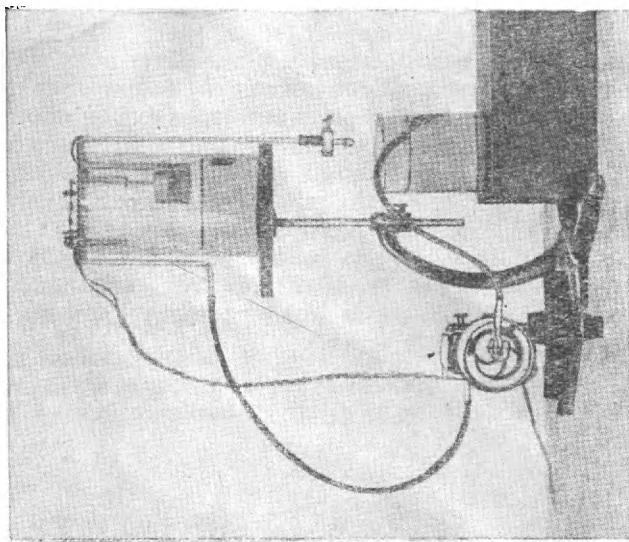


Рис. 86. Установка для демонстрации автоматического действия насосной станции

ся изолирующая прокладка. Стержень поплавка соединен с механизмом выключателя посредством изолирующей втулки.

Выключатель является частью установки для демонстрации действия насосной станции (рис. 86). В этой установке центробежный насос перекачивает воду из одного сосуда в другой, расположенный выше первого. Из верхнего сосуда вода перетекает через сифон обратно в нижний сосуд. При понижении уровня воды в верхнем сосуде поплавков выключателя опускается и в некоторый момент включает ток. Электродвигатель насоса начинает действовать, и вода в сосуде прибывает, поднимая поплавков до тех пор, пока ток снова не будет выключен. Периодически включая и выключая ток, поплавковый выключатель автоматически поддерживает уровень воды в определенных пределах.

ТЕПЛОТА

ДЕЙСТВУЮЩИЕ МОДЕЛИ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

Паровой котел с пароперегревателем

В некоторых школах сохранились модели водотрубных и газотрубных котлов больших габаритов, требующие длительного прогрева. Это затрудняет проведение демонстрационных опытов по теме «Тепловые дви-

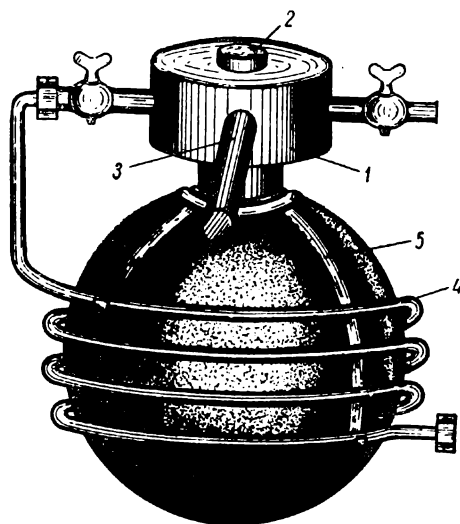


Рис. 87. Паровой котел с пароперегревателем

гатели». Чтобы облегчить технику выполнения эксперимента можно в качестве котла воспользоваться чу-

гунной бомбой емкостью 80—90 см³, служащей для демонстрации расширения воды при замерзании (рис. 87).

С этой целью металлическая пробка с нарезкой, прилагаемая к бомбе, заменяется металлической головкой 1, диаметром 50 мм и высотой 20 мм. В головке высверливается два сквозных канала — вертикальный и горизонтальный, причем первый сверху заворачивается пробкой 2, а второй оканчивается кранами. Для удобства в головку ввертывается ручка 3 длиной 12 см. Она позволяет легко укреплять котел в муфте штатива. Вода в котел наливается через отверстие вывернутой пробки и вертикальный канал. Разрез головки показан на рис. 88.

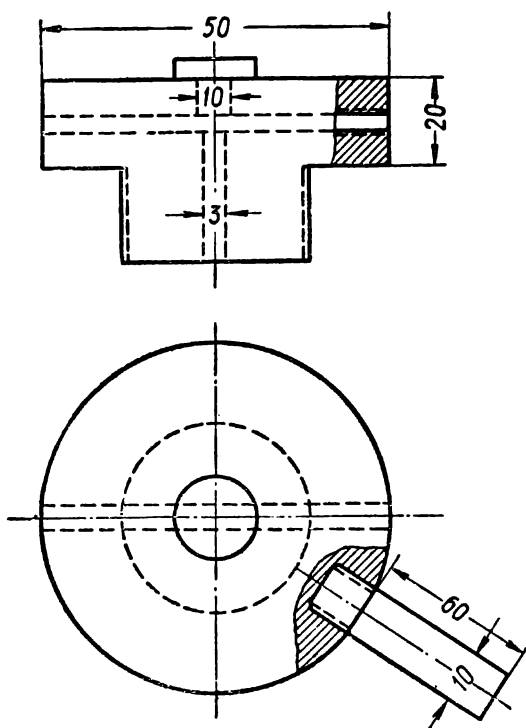


Рис. 88. Разрез головки к паровому котлу

Пароперегреватель 4 (рис. 87) выполняется из цельнотянутой латунной или медной трубки длиной 1,5—2 м, диаметром 5—6 мм, со стенками толщиной около 1 мм. Трубка в виде спирали монтируется на бомбе с помощью трех жестяных растяжек 5, прикрепленных к кольцу (рис. 87). Растяжки показаны отдельно на рис. 89.

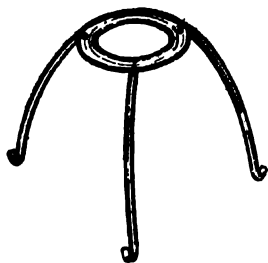


Рис. 89. Растяжка для крепления спирали-пароперегревателя

На концах трубки накатаны конические фланцы и надеты фасонные гайки для присоединения пароперегревателя к котлу (бомбе) и к тепловому двигателю.

Для демонстрации работы паросиловой установки один из кранов головки соединяют с демонстрационным манометром, а другой — с пароперегревателем.

В котел наливают 70—80 см³ воды и закручивают пробку. Кран, соединяющий котел с пароперегревателем, закрывают и помещают прибор на газовую или иную горелку.

Пламя горелки в начальной стадии нагревания должно быть небольшим, охватывающим главным образом чугунную бомбу.

Такая предосторожность диктуется тем, что в начале нагревания котла в пароперегревателе воды нет, а поэтому большая тепловая нагрузка может сократить срок годности пароперегревателя.

Нагревая котел таким образом, доводят давление в нем через 6—8 мин. до 2,5 ат, затем увеличивают пламя (тепловую нагрузку) так, чтобы оно охватывало и пароперегреватель. Когда давление поднимается до 3 ат, открывают кран, соединяющий котел с пароперегревателем и с тепловым двигателем. Пар, образующийся в паровом котле, проходя через нагретый пароперегреватель, становится перегретым и в таком состоянии поступает в тепловой двигатель.

Турбина, или паровая машина, присоединенная к описанному котлу, работает без нагрузки в течение нескольких минут, причем ротор турбины достигает большого числа оборотов.

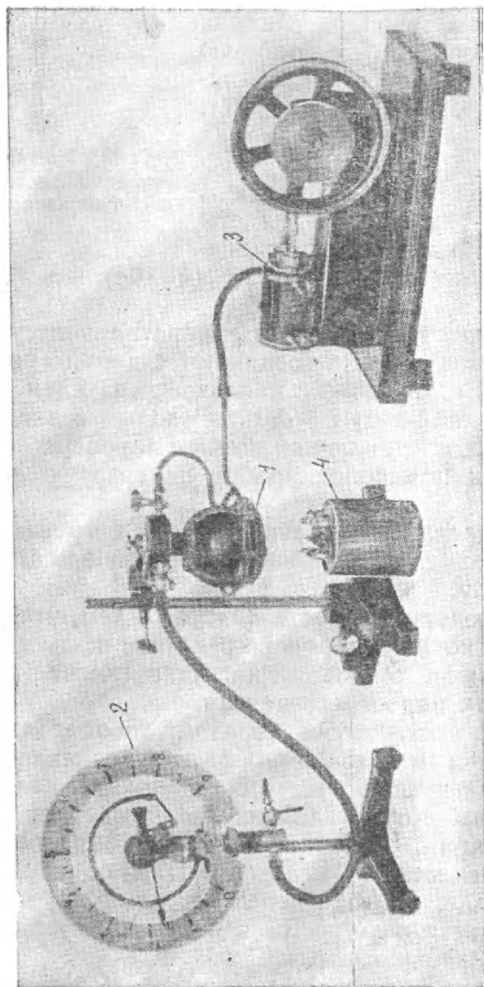


Рис. 90. Общий вид паросиловой установки

Общий вид такой паросиловой установки изображен на рис. 90. Обозначения: 1 — котел с пароперегревателем на штативе, 2 — демонстрационный манометр; 3 — паровая машина; 4 — нагреватель-спиртовка.

Прямоточный паровой котел

Прямоточный паровой котел состоит из цилиндра 1, парообразователя 2 и соединяющих паропроводов 3 (рис. 91).

Цилиндр (рис. 92), имеющий высоту 240 мм и ширину 80 мм, изготовлен из листового железа толщиной 0,8—1 мм; он является герметически закрывающимся баллоном 1 с головкой 2, манометром 3 до 3—4 ат, дозирующим устройством 4 и вентилем 5.

Головка к герметическому баллону представляет собой плоский железный цилиндр высотой 20 мм и диаметром 50 мм с небольшим резьбовым выступом внизу диаметром около 20 мм. Головка имеет два узких (5 мм) канала: вертикальный сквозной и горизонталь-

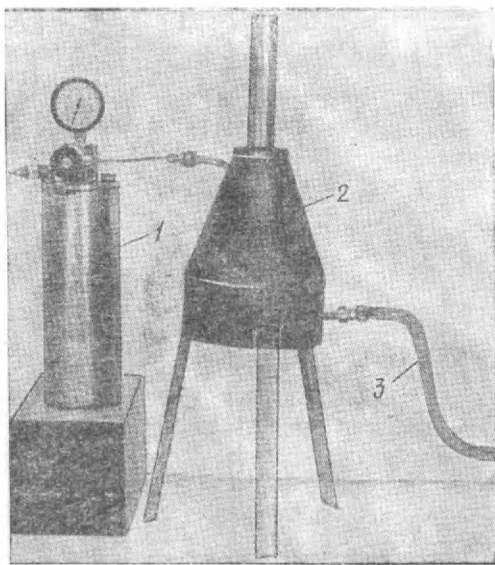


Рис. 91. Прямоточный паровой котел

ный несквозной, но соединенный с первым. Из отверстия вертикального канала со стороны резьбового выступа отводится латунная трубка 6 диаметром 3—5 мм, длиной 220—230 мм. Длина латунной трубки должна быть такой, чтобы свободный конец ее отстоял от дна цилиндра на расстоянии приблизительно 10 мм. В верхнюю часть вертикального канала ввинчивается манометр. Горизонтальный же канал оканчивается дозирующим устройством в виде крана 4.

Парообразователь сделан из латунной трубки длиной 3,5—4 м, диаметром 7—8 мм. Толщина стенок латунной трубки должна быть не менее 1 мм. Латунная трубка свита в виде конусной спирали, общий вид ее изобра-

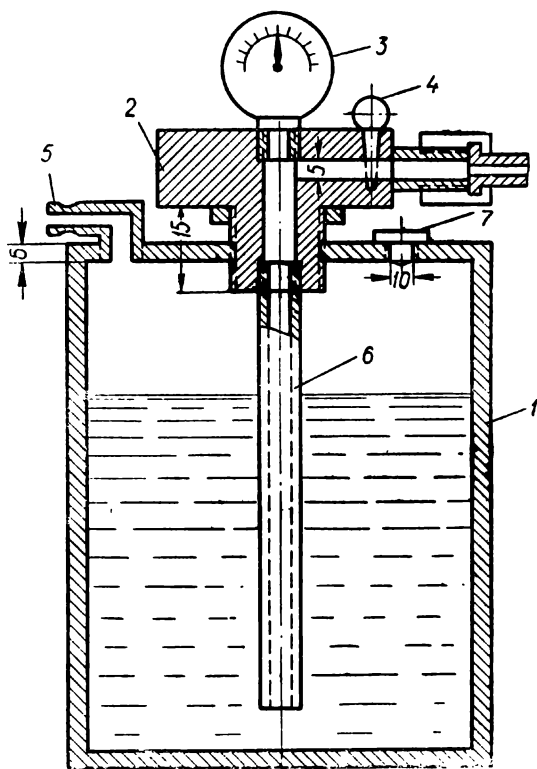


Рис. 92. Цилиндр прямоточного парового котла

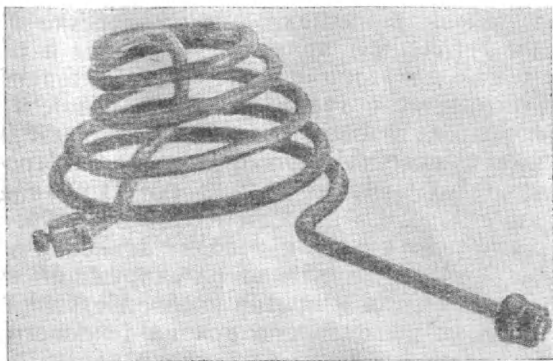


Рис. 93. Спираль-парообразователь у прямоточного котла

жен на рис. 93. Спираль вмонтирована в железный кожух, также имеющий форму усеченного конуса. Нижняя часть кожуха открыта, а верхняя имеет крышку с небольшой трубой для тяги и выхода продуктов сгорания.

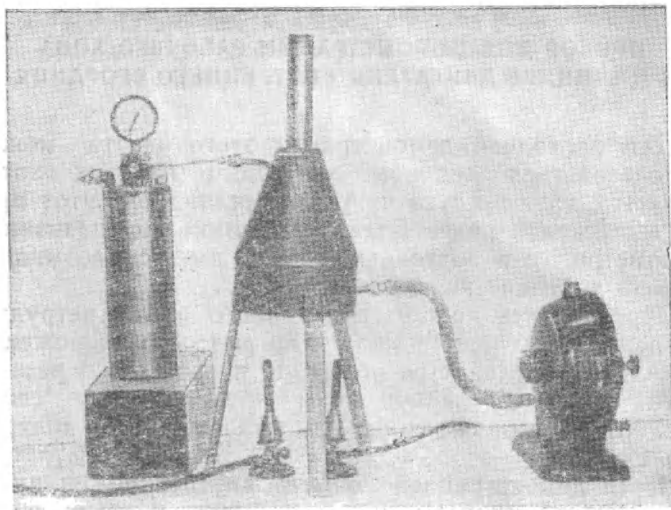


Рис. 94. Паросиловая установка из прямоточного котла и турбины

Перед опытом в цилиндр через отверстие вывернутой пробки 7 (рис. 92) наливают 1 л воды и собирают установку, как показано на рис. 94. Выходной конец спирали соединяют с турбиной или паровой машиной. Очаг (спиртовка, газовая горелка) помещают под открытой частью кожуха парообразователя. Парообразователь (спираль) прогревают 2—3 мин. В цилиндр 1 через вентиль 5 (рис. 92) насосом Комовского или ручным насосом нагнетают воздух и доводят давление в нем до 2,5—3 ат. Вращают медленно регулирующий винт дозирующего устройства 4 против часовой стрелки до появления пара на выходе паропровода теплового двигателя. Этим и заканчивается подготовка котла. Дальнейшая регулировка пара винтом зависит от характера нагрузки котла.

Турбина или паровая машина, соединенная с котлом (рис. 94), работает свыше 10 мин. Ротор турбины развращает большое число оборотов, последнее подтверждается повышением высоты звука, возникающего при работе турбины. К турбине можно присоединить магнитоэлектрическую машину, питающую электрическую лампочку с напряжением в 3,5 в при силе тока 0,2 а.

ПРИБОР ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ РАБОЧЕГО ХОДА В ЦИЛИНДРЕ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Для наглядной демонстрации этого опыта можно воспользоваться прибором, состоящим из двух плотно входящих друг в друга чугунных цилиндров. Этот прибор выпускался ранее Главучтехпромом под названием спирометра и в настоящее время имеется во многих школьных физических кабинетах.

Приспособить прибор для данного опыта нетрудно. Во внешнем цилиндре близ дна на высоте расположения ниппеля высверливается отверстие и нарезается резьба. В это отверстие ввинчивается автомобильная свеча (рис. 95), у которой зазоры между электродами должны быть 6—7 мм.

Перед демонстрацией опыта внутренний цилиндр, выполняющий роль поршня, вынимают и во внешний цилиндр вводят 5—6 капель высококачественного бензина (Б-70). Затем закрывают цилиндр поршнем так,

чтобы последний доходил до корпуса свечи и образовал с дном небольшое замкнутое пространство наподобие камеры сгорания.

После того как поршень поместили в цилиндр, отверстие ниппеля закрывают (в него вставляют спичку, обмотанную ватой), а свечу и корпус спирометра соединяют проводами с высоковольтной обмоткой индукционной катушки ИВ-50 (рис. 96).

При включении тока в катушку, соединенную с батареей аккумуляторов, между электродами свечи образуется искра, воспламеняющая горючую смесь; смесь взрывается, и поршень вылетает из цилиндра. Перед опытом рекомендуется немного наклонить спирометр с помощью подкладки в сторону от учащихся и положить перед ним сложенное в



Рис. 95. Спирометр с автомобильной свечой

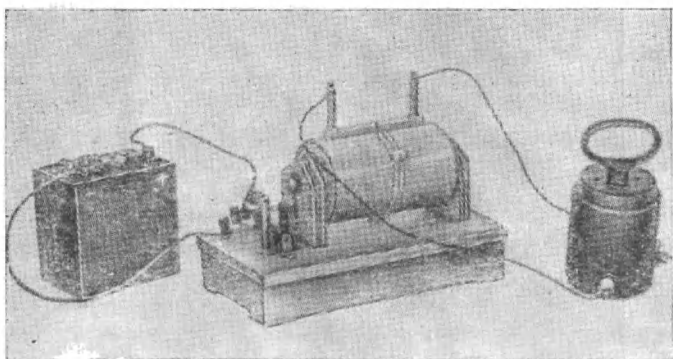


Рис. 96. Установка для демонстрации рабочего хода в цилиндре

несколько раз полотенце, чтобы смягчить удар вылетевшего поршня о стол. Следует иметь в виду, что описанный прибор может служить и для других демонстрационных опытов, например, его можно применить для обнаружения явления начальной конденсации пара в цилиндре паровой машины.

ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ЭКВИВАЛЕНТА ТЕПЛОТЫ

Прибор предназначен для лабораторных занятий в практикуме по физике. Он отличается от известных приборов для определения механического эквивалента теплоты простотой конструкции и удобством в обращении.

Прибор дает возможность получить почти равномерную силу трения в основных деталях устройства, что позволяет легко и с достаточной точностью измерять эту силу с помощью школьного лабораторного динамометра. Кроме того, прибор избавляет от необходимости учитывать посторонние силы трения в осях, втулках и т. п., не имеющие прямого отношения к определению механического эквивалента.

Общий вид собранного прибора, укрепленного на школьном штативе, показан на рис. 97, где установка

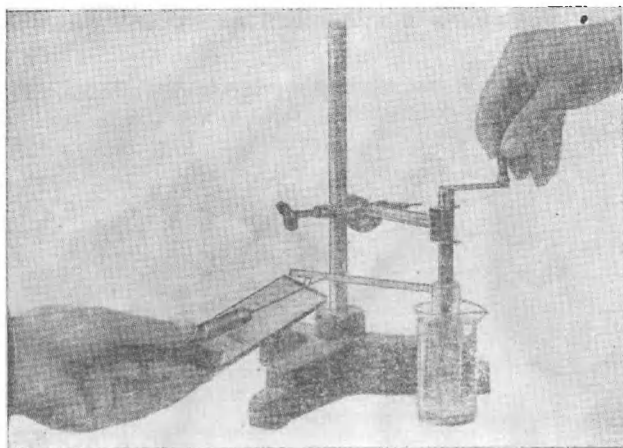


Рис. 97. Прибор для определения механического эквивалента теплоты в собранном виде

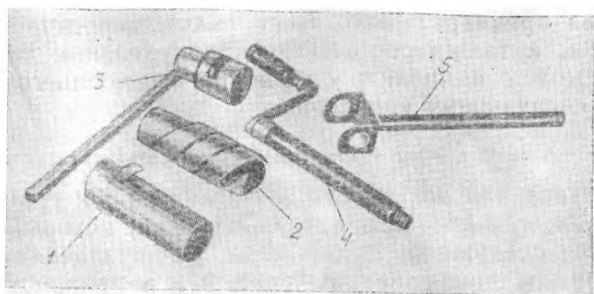


Рис. 98. Детали устройства прибора

представлена в момент измерения силы трения динамометром.

Прибор (рис. 98) состоит из двух латунных ружейных гильз 1, 2, вставленных одна в другую; муфты с рычагом 3 для измерения силы трения; рукоятки 4 для вращения внутренней гильзы и скобы со стержнем 5 для укрепления прибора в штативе.

Внутренняя гильза 2 имеет разрезы, которые сделаны по винтовым линиям. Образовавшиеся ленточные спиралевидные язычки слегка выгнуты, и когда внутренняя гильза вставлена во внешнюю, они плотно и с постоянной силой прижимаются к ее стенкам. Этим и достигается почти равномерное трение.

Для работы прибор собирается в следующем порядке: на гильзы, вставленные одна в другую, надевается втулка с рычагом, чтобы в прорези втулки вошли отогнутые язычки внешней гильзы; затем на рукоятку надевается скоба со стержнем, и рукоятка ввертывается в отверстие внутренней гильзы. После этого прибор закрепляется в муфте штатива (рис. 97).

Для выполнения лабораторной работы гильзы собранного прибора помещают в стаканчик с керосином и от руки производят вращение рукоятки (делают 200—300 оборотов). При этом внутренняя гильза вращается, а внешняя остается на месте: рычаг муфты упирается в стойку штатива и удерживает внешнюю гильзу. Обе гильзы нагреваются и отдают тепло керосину. Температуру керосина до и после опыта измеряют термометром с точностью до $0,1^{\circ}$.

Зная предварительно массу гильз, керосина и стаканчика, а также соответствующие удельные теплоемкости, можно вычислить количество выделившегося тепла по следующему уравнению:

$$Q = (cm + c_1m_1 + c_2m_2) \cdot (t^\circ_2 - t^\circ_1).$$

Затраченная же работа вычисляется по уравнению $A = 2\pi frn$, где fr — момент силы трения, который определяется следующим приемом. За рычаг зацепляют лабораторным динамометром (рис. 97) и вращают рукоятку. Обращают внимание на то, чтобы рычаг не касался стойки штатива, а динамометр был расположен перпендикулярно к рычагу и находился с ним в одной плоскости. Динамометр покажет силу f , а расстояние, измеренное масштабной линейкой по рычагу от места закрепления динамометра до центра вращения, даст плечо r .

Согласно уравнению $J = \frac{A}{Q}$ вычисляют механический эквивалент; практически он оказывается лежащим в пределах 435—450 $\frac{\text{кГм}}{\text{ккал}}$, т. е. относительная погрешность не превышает 5%.

ПАРООБРАЗОВАТЕЛЬ С СУХОПАРНИКОМ

Прибор вместе с другим оборудованием предназначен для определения удельной теплоты парообразования воды в практикуме по физике.

Кроме того, парообразователь отдельно (без сухопарника) можно применять в лабораторных работах, где требуется пар для нагревания, например, при определении коэффициента линейного расширения твердых тел (нагревание стержней), или при определении коэффициента объемного расширения жидкостей методом сообщающихся сосудов (нагревание столба жидкости), или при определении удельной теплоемкости вещества (нагревание калориметрических тел).

Парообразователь 1 (рис. 99) представляет собой металлическую коробку цилиндрической формы диаметром 100 мм и высотой 40 мм. Такие размеры коробки (в нее наливают 100—120 см³ воды) позволяют доволь-

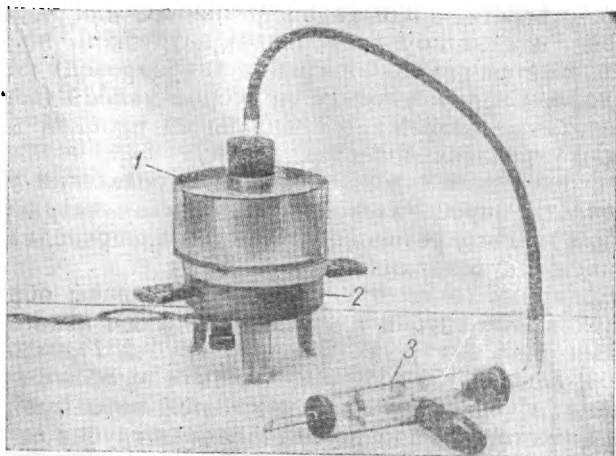


Рис. 99. Парообразователь с сухопарником

но быстро получать достаточное количество пара. В качестве нагревателей применяется обычная лабораторная электроплитка 2 или школьный керогаз (рис. 100).

Сверху парообразователь имеет сравнительно широкое отверстие с бортиком, через которое наливается во-

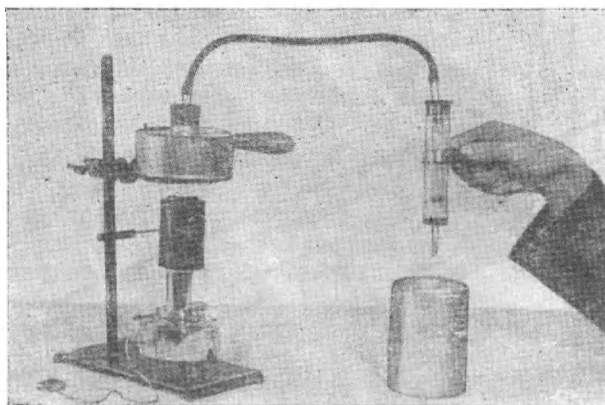


Рис. 100. Парообразователь с сухопарником на школьном керогазе

да. Это отверстие закрывается резиновой или корковой трубкой с небольшим стеклянным патрубком, на который надевается резиновая трубка (паропровод) для отвода пара. Сверху же имеется второе малое отверстие, которое также закрывается небольшой пробкой. Сбоку прибора укреплена деревянная ручка.

Для получения сухого пара при определении удельной теплоты парообразования воды калориметрическим способом к концу резиновой трубки (паропровода) присоединяется сухопарник 3 (рис. 99).

Сухопарник (рис. 101) устроен следующим образом. Три стеклянные трубки 1, 2 и 3 вставлены с некоторыми зазорами одна в другую. Внешняя трубка 1 диаметром 25 мм и длиной 100—120 мм закрыта с обоих концов пробками. В одной из пробок имеется небольшая патрубком, на который надевается резиновая трубка от парообразователя. Внутри первой трубки при помощи двух колец с пружинящими лапками укреплена вторая трубка 2 несколько меньшего диаметра. С одного конца, где в прибор входит пар, трубка 2 закрыта пробкой, а другой ее конец остается открытым. Внутри этой трубки помещается третья выводная трубка 3, которая при помощи кольца с тремя лапками удерживается внутри трубки 2. Причем между концом выводной трубки и пробкой трубки 2 имеется небольшое пространство (2—3 мм). Другой, срезанный под углом конец выводной

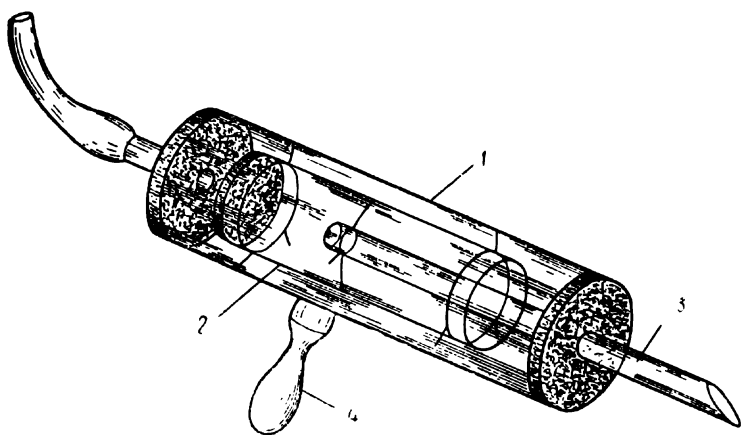


Рис. 101. Сухопарник

трубки через пробку широкой трубки 1 выходит наружу.

Пар из парообразователя по резиновой трубке поступает сначала в широкую трубку 1 сухопарника и проходит по ней до противоположного конца (рис. 102). Затем пар идет вверх по второй трубке и, наконец, через выводную трубку спускается вниз и выходит наружу.

Увлекаемые вместе с паром капельки воды, проходя через сухопарник, задерживаются в нем. Здесь же скапливается вода, образовавшаяся от частичной конденсации пара. Таким образом, по выводной трубке, которая все время обогревается встречным потоком пара, идет сухой пар.

Скапливающуюся в сухопарнике воду, которая собирается внутри широкой трубки у нижней пробки, время от времени возвращают снова в парообразователь. Для этого надо поднять сухопарник (он должен быть выше парообразователя) и перевернуть его выводной трубкой вверх, открыв предварительно малое отверстие у парообразователя. Вода по резиновой трубке стечет в парообразователь, а пар из него в это время будет выходить через открытое отверстие наружу.

Если при перевертывании вода попадет и во вторую промежуточную трубку, то сухопарник следует перевернуть еще 2—3 раза. Когда вся вода выйдет, надо закрыть малое отверстие парообразователя пробкой, и пар будет снова выходить наружу по выводной трубке.

При определении удельной теплоты парообразования воды конец выводной трубки сухопарника опускают в калориметр с водой и в течение некоторого

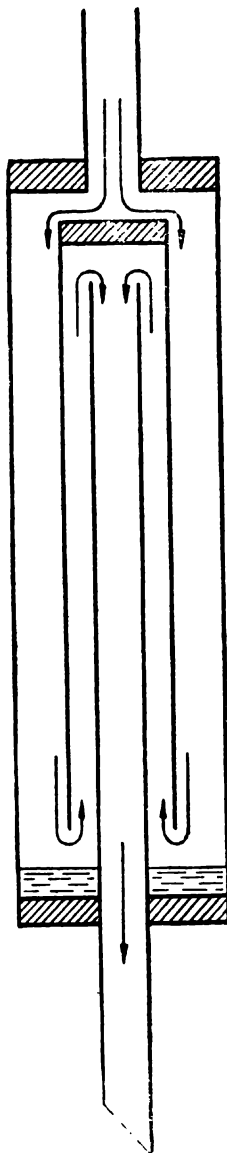


Рис. 102. Разрез сухопарника

времени пропускают через нее пар. Сухопарник при этом держат за ручку 4 (рис. 101) в вертикальном или слегка наклонном положении.

Многочисленные опыты, проведенные с описанным прибором, показали, что числовое значение удельной теплоты парообразования воды получается вполне удовлетворительное: относительная погрешность лежит в пределах 2—3%.

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОБЪЯСНЕНИЯ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Прибор демонстрируется при изучении темы «Постоянный электрический ток».

Модель (рис. 103) представляет собой желоб в виде винтовой наклонной плоскости 1 радиусом 12,5 см и высотой 10 см, по которому может скатываться металлический шарик 2. Наклонная плоскость изготовлена из жести и укреплена на круглом фанерном основании.

Подъем скатившегося шарика может быть выполнен в рассматриваемой модели автоматическим подъемником (рис. 104). В этом подъемнике применен механизм от часовых ходиков 1, работающий за счет энергии опускающегося груза 2 и имеющий равномерный ход. На оси механизма находится один из двух барабанов 3, совершающих равномерное вращение. На барабаны надета резиновая лента с двумя выступами 4. Площадка 5, на которой лежит шарик, может свободно двигаться по двум направляющим 6.

Во время работы механизма площадка зацепляется выступом резиновой ленты и вме-

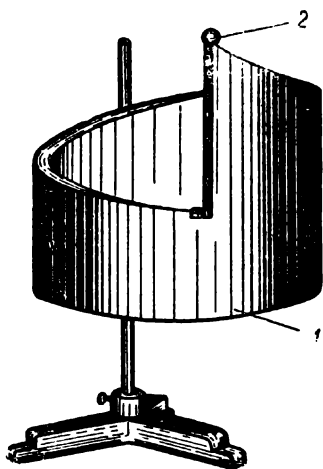


Рис. 103. Модель для объяснения процессов, происходящих в электрической цепи

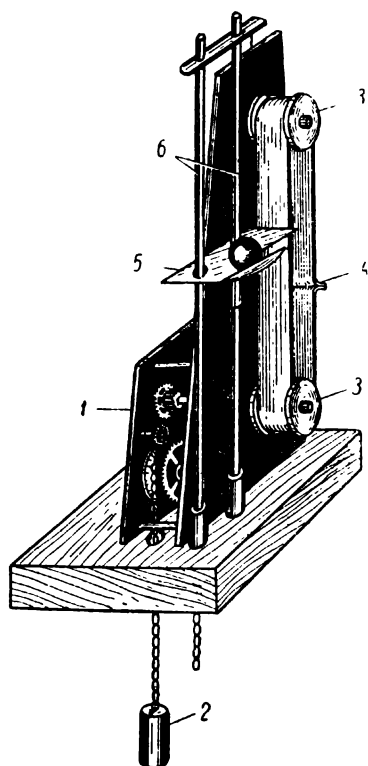


Рис. 104. Автоматический подъемник

Модель может применяться и без часового механизма: в таком случае шарик после скатывания поднимается экспериментатором.

Если модель демонстрируется с подъемным механизмом (рис. 105), то при опускании груза на 70—80 см (высота стола) шарик поднимается и скатывается три раза, что вполне достаточно для наблюдения иллюстрируемого процесса.

сте с шариком поднимается вверх. В верхней точке желоба шарик скатывается с площадки, а выступ на ленте уходит за верхний барабан, и площадка свободно падает вниз. Здесь на нее опять попадает шарик, скатившийся за это время по винтовой наклонной плоскости. Далее площадка вновь поднимается вверх следующим выступом ленты, и описанное явление периодически повторяется.

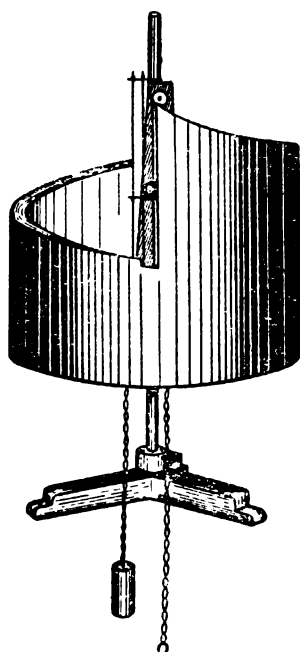


Рис. 105. Модель с подъемным механизмом

Движение шарика по винтовой наклонной плоскости под действием сил тяжести аналогично перемещению электрических зарядов по внешней электрической цепи под действием сил электрического поля. Работа, совершаемая при подъеме шарика против сил тяжести, соответствует работе сторонних сил в источнике электрического тока. Модель иллюстрирует, что только при наличии сторонних сил и превращении какого-либо вида энергии в электрическую возможен постоянный ток в электрической цепи.

Для демонстрации модель устанавливается на кольце, укрепленном на укороченной стойке универсального штатива. Вес груза, приводящего в движение подъемный механизм, подбирается таким, чтобы шарик успевал скатываться и попадать на подъемную площадку прежде, чем она начнет снова подниматься вверх. Подъемный механизм укрепляется внутри прибора с помощью одного винта и легко может быть снят.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ АНАЛОГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Установку для демонстрации гидродинамической аналогии можно использовать в VII классе при изучении тем «Электрический ток», «Сила тока, сопротивление и напряжение» и в X классе при изучении темы «Постоянный электрический ток».

Установка (рис. 106) состоит из центробежного насоса 1 с электродвигателем, водяной турбины 2, манометра 3, расходомера 4, соединительных резиновых трубок 5 и двух кранов 6 и 7.

Водяная турбина укрепляется на школьном лабораторном штативе, а манометр и расходомер установлены на специально подобранных для них подъемных стойках. Центробежный насос герметически закрыт. Ось насоса, на которой укреплены лопасти, выведена наружу через сальник и соединена с осью электродвигателя от швейной машины, установленного на одной подставке с насосом. Число оборотов двигателя регулируется с помощью реостата¹.

¹ В этой установке целесообразно применить универсальный электродвигатель и приспособленный к нему центробежный насос, описанные на стр. 5 и 9 (*прим. ред.*).

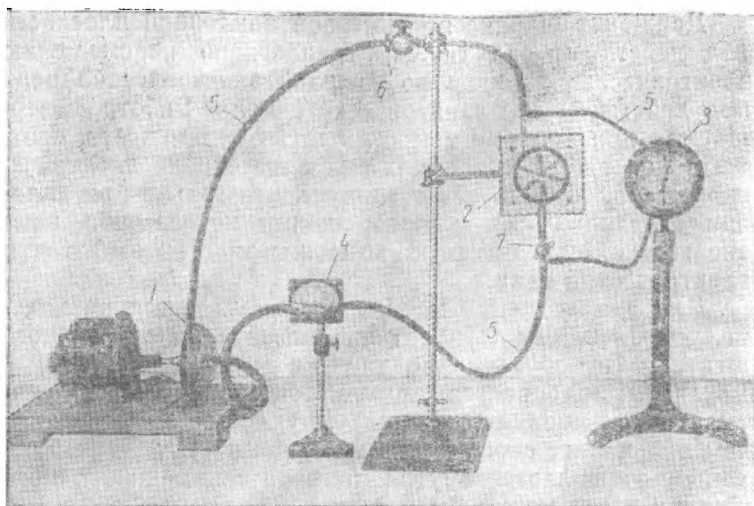


Рис. 106. Гидродинамическая установка, аналогичная электрической цепи

Водяная турбина изготовлена из плексигласа. Вода поступает через сопло в верху турбины, приводит в движение ротор и вытекает через нижнее отверстие. Ось ротора, установленная в подшипниках, вращается с малым трением.

В установке применен металлический манометр с очень чувствительной барометрической коробкой, показывающей достаточно малые изменения давления (несколько миллиметров ртутного столба). Манометр присоединен к турбине и измеряет разность давлений, под которыми работает турбина. Если корпус манометра не герметичен, то манометр присоединяют только к соплу турбины, и тогда он показывает давление у сопла по отношению к атмосферному давлению. Вторую трубку в этом случае необходимо заглушить.

В расходомере, также изготовленном из органического стекла, имеется канал, по которому протекает вода, приведенная в движение насосом. Перпендикулярно движущемуся потоку расположена поворачивающаяся площадка, соединенная со стрелкой расходомера. В результате давления движущейся воды на эту площадку стрел-

ка отклоняется и закручивает соединенную с ней спиральную пружину. Закрученная пружина создает противодействующий момент и возвращает стрелку в исходное положение, когда ток прекратится.

Установка демонстрируется одновременно с электрической цепью (рис. 107), при этом устанавливаются аналогии между насосом и источником тока 1, турбиной и потребителем электрической энергии 2, манометром и вольтметром 3, расходомером и амперметром 4, соединительными проводами и наполненными водой трубками 5, краном и ключом 6, 7.

Описанная установка дает возможность демонстрировать следующие явления:

1. Циркуляцию воды в замкнутой гидродинамической системе, аналогичную циркуляции электрического тока в замкнутой электрической цепи.

2. Возможность установки крана в любом месте замкнутой гидродинамической цепи и аналогично — ключа в любой точке электрической цепи.

3. Наличие разности давлений в гидродинамической цепи и аналогичной разности потенциалов в электрической цепи.

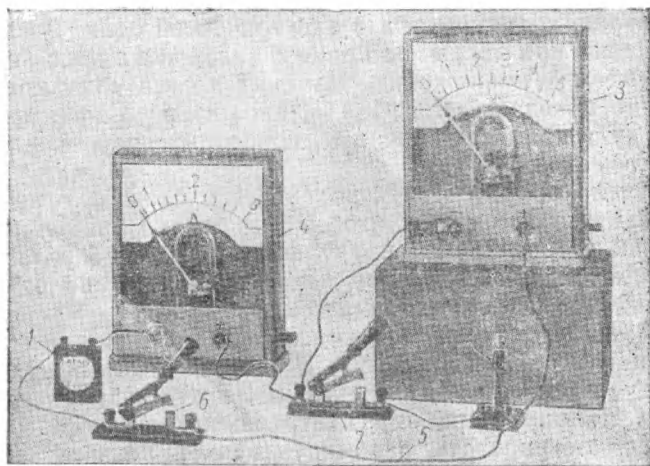


Рис. 107. Электрическая цепь, для которой собирается гидродинамическая установка

4. Аналогичность действия насоса и источника тока.

5. Зависимость между величиной тока и разностью давлений в гидродинамической системе и аналогичную зависимость в электрической цепи.

6. Зависимость величины тока от сопротивления как в гидравлической системе, так и в электрической цепи.

Чтобы подготовить установку к действию, надо соединить трубками ее основные элементы и с помощью сифона наполнить всю систему водой. При этом необходимо обеспечить выход воздуха из системы, для чего следует разъединить трубки в верху установки. После заполнения включают электродвигатель, вращающий насос, и в системе начинается циркуляция воды.

Если открыть кран 6 (рис. 106) и закрыть кран 7, то турбина не вращается и расходомер не показывает тока. Манометр же при этом показывает максимальную разность давлений, которую может давать насос при данном числе оборотов. Если кран 7 открыть, то турбина приходит в движение, расходомер показывает некоторую величину тока воды, а показания манометра уменьшаются. Если кран 6 закрыть, то разность давлений на турбине будет равна нулю.

Очевидно, показания манометра аналогичны показаниям вольтметра, показания расходомера аналогичны показаниям амперметра в электрической цепи. Разность давлений при закрытом кране 7 аналогична э.д.с., а при открытом — напряжению. Изменяя доступ воды краном, можно показать зависимость, аналогичную зависимости между током, напряжением, сопротивлением и э.д.с. в электрической цепи.

Число оборотов электродвигателя следует отрегулировать реостатом так, чтобы было видно вращение лопастей ротора турбины. Увеличивая число оборотов насоса, можно показать изменение давления, аналогичное изменению э.д.с. источника тока.

Важно подчеркнуть, что все составные элементы описанной установки либо имеют принцип действия, известный учащимся, либо их действие легко продемонстрировать. Например, работу центробежного насоса можно продемонстрировать, разомкнув цепь и показав сильно бьющую струю, выходящую из трубки, присоединенной к боковому патрубку насоса. Действие расходомера и турбины легко понять из наблюдения, так как они сде-

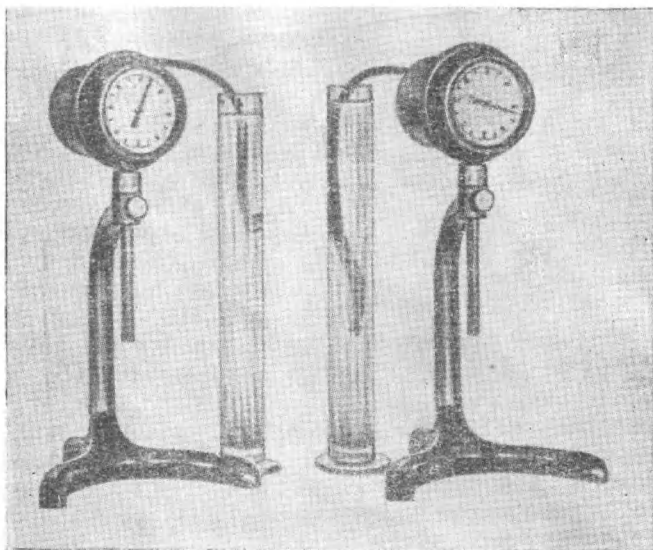


Рис. 108. Демонстрация, показывающая действие манометра

ланы из плексигласа и все их части доступны обозрению. Действие манометра, отличающегося от известных учащимся манометров, демонстрируется с помощью цилиндра с водой, соединенного с прибором (рис. 108). При незначительном изменении глубины расположения трубки меняются и показания манометра.

Полезно заметить, что центробежный насос, расходомер, водяная турбина и манометр могут применяться как самостоятельные приборы при изучении других вопросов в курсе физики.

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ТЕРМОМЕТР И ЛЮКСМЕТР НА ПОЛУПРОВОДНИКАХ

В настоящее время школы не имеют демонстрационных термометров и люксметров. Изготовление этих приборов — одна из насущных задач Главучтехпрома.

Демонстрационные жидкостные и электрические (гальванометр с термопарой) термометры разработаны

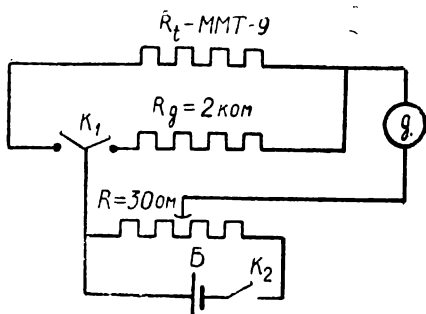


Рис. 109. Схема электрического демонстрационного термометра

и подробно описаны в методической литературе¹. Наряду с этими термометрами было бы весьма желательно иметь в школе термометр сопротивления.

Такой термометр легче всего собрать на полупроводниках по схеме, показанной на рис. 109. В этой схеме батарейка от карманного фонаря (Б) замкнута на реостат со-

противления в 30 ом, включенный в цепь как потенциометр. При помощи этого реостата на термосопротивление (R_t) и гальванометр (g) можно подавать строго определенное напряжение. Градуировка шкалы гальванометра в градусах производится следующим образом:

1. При помощи корректора стрелка демонстрационного гальванометра переводится в какое-либо крайнее левое положение, которое следует специально отметить как начальное положение стрелки.

2. Переключатель K_1 устанавливается в левое положение, в результате чего термосопротивление ММТ-9 и гальванометр при замкнутом ключе K_2 оказываются под некоторым напряжением.

3. Термосопротивление помещается в пары кипящей воды, и стрелка гальванометра резко уходит вправо по шкале, так как величина сопротивления уменьшается в несколько раз.

4. Вращением ручки потенциометра на термосопротивление и гальванометр подается такое напряжение, при котором стрелка отклонилась бы на всю шкалу. (В условиях нашего опыта это происходит при напряжении в 0,8 в).

5. Против стрелки на шкале ставится черта и пишется цифра 100.

¹ А. А. Покровский и др. Демонстрационные опыты по физике в VI—VII классах средней школы, М., изд-во АПН РСФСР, 1954.

6. Термосопротивление помещается в сосуд с тающим льдом. Стрелка отклоняется влево и устанавливается где-либо около левого края шкалы. Против этого положения стрелки ставится черта и пишется цифра 0. Далее намечается несколько промежуточных температур, которые сверяются с ртутным термометром.

После того как шкала окажется проградуированной, переключатель K_1 следует перевести в правое положение, чтобы

включить дополнительное сопротивление R_g . Там, где установится стрелка на шкале, поставить особую черту. Эта черта нужна для того, чтобы каждый раз, когда будет необходимо пользоваться термометром, подавать на гальванометр при помощи потенциометра строго определенное напряжение.

Для удобства пользования термометром все детали, кроме гальванометра, следует смонтировать в отдельном футляре, внешний вид которого показан на рис. 110.

Правила пользования прибором:

1) установить при помощи корректора стрелку гальванометра в начальное положение;

2) соединить клеммы 1 и 2 с термосопротивлением, а клеммы 2 и 3 с гальванометром;

3) ключом K_2 включить батарею, а переключателем K_1 — гальванометр через сопротивление R_g ;

4) подать при помощи потенциометра Π на гальванометр определенное напряжение (подвести стрелку гальванометра к «особой черте»).

После этой несложной подготовки термометром можно измерять температуру, включив переключателем K_1 термосопротивление. Внешний вид такого термометра показан на рис. 111.

Хотя величина термосопротивления в зависимости от температуры изменяется очень значительно, перерас-

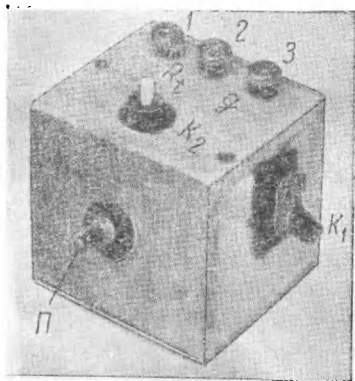


Рис. 110. Приспособление для управления демонстрационным электрическим термометром

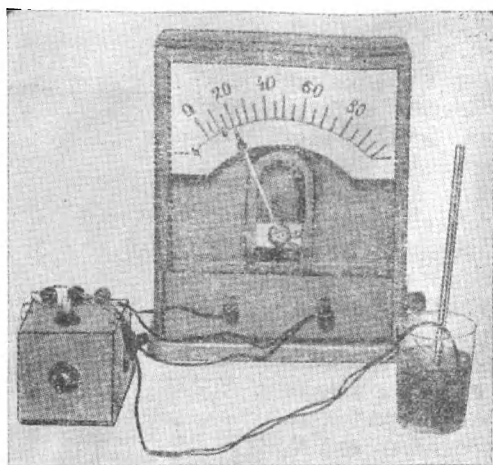


Рис. 111. Демонстрационный электрический термометр

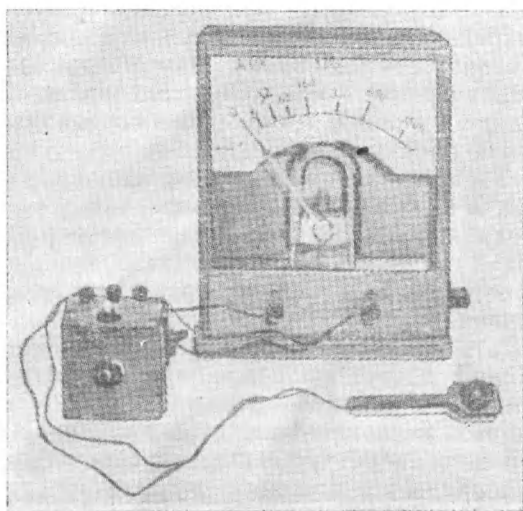


Рис. 112. Демонстрационный электрический люкс-метр

пределения напряжения на потенциометре практически не происходит, так как величина термосопротивления остается в сотни раз большей сопротивления того участка потенциометра, параллельно которому оно включено.

Точность измерения температуры описанным термометром может быть доведена до $1-2^\circ$.

Электрический термометр после небольших изменений можно применить в качестве демонстрационного люксметра. Для этого достаточно вместо термосопротивления ММТ-9 включить фотосопротивление ФС-К1 и проградуировать шкалу гальванометра в люксах (рис. 112).

Напряжение при помощи потенциометра устанавливается равным 3 в. Градуировку можно произвести при помощи фотоэкспонетра «Ленинград Ю-11». При одном фотосопротивлении ФС-К1 шкала градуируется в пределах от 0 до 130 000 лк. Если включить параллельно несколько фотосопротивлений, то чувствительность значительно возрастет. При четырех параллельно включенных фотосопротивлениях ФС-К1 шкала может быть проградуирована в пределах от 0 до 32 000 лк. Прибор «чувствует» изменение освещенности в пределах 100 лк.

ПРИБОР ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛА

При изучении темы «Ток в газах» заслуживает внимания явление электроэрозии, которое лежит в основе особого способа обработки металла электрической искрой. Для демонстрации процесса электроискровой обработки может служить очень простой прибор, описание которого приводится ниже.

Прибор представляет собой колодку из пластмассы с двумя латунными электродами, которая вставляется в кювету для проецирования (рис. 113). Один из электродов (анод) сверху имеет клемму, а внизу — зажим для закрепления обрабатываемого изделия. Второй электрод (катод) расположен посередине и представляет собой круглый стержень с резьбой и головкой на верхнем конце. Этот электрод присоединен ко второй клемме и выполняет роль инструмента при обработке изделия.

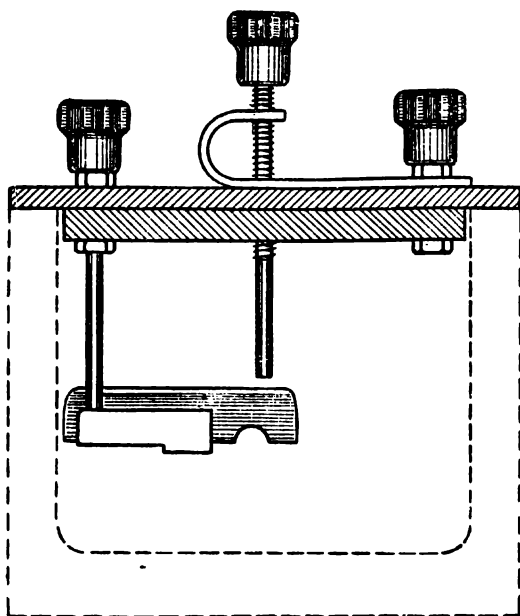


Рис. 113. Прибор для демонстрации электро-
искровой обработки металла

Для проведения опыта берут лезвие безопасной бритвы и ломают его вдоль на две половины. Одну половину лезвия закрепляют в зажиме бокового электрода с помощью винта. Лезвие располагают горизонтально, заточенным краем вверх, так чтобы оно помещалось под вторым электродом.

В кювету для проекции наливают керосин, машинное масло или спирт и вставляют в нее прибор так, чтобы оба электрода были погружены в жидкость. Кювету устанавливают в рейтере проекционного фонаря перед конденсором, включают осветитель и передвиганием объектива добиваются получения резкого изображения лезвия на экране.

Электрическую цепь собирают по схеме, изображенной на рис. 114, где C — батарея бумажных или электролитических конденсаторов емкостью не менее 4 мкф, R — реостат сопротивлением 150—200 ом. Напряжение

источника постоянного тока должно быть не менее 15 в.

Если применяются электролитические конденсаторы, то корпус конденсатора должен быть присоединен к отрицательному полюсу источника, а центральный вывод — к положительному. В любом случае надо следить за тем, чтобы выбранное напряжение не превышало допустимой нормы, которая обычно указывается на конденсаторе.

Включив напряжение, вращают головку катода по часовой стрелке до соединения его с верхним краем лезвия, после чего поворачивают ее в обратном направлении. При этом между электродами проскакивает искра. Посредством легких поворотов головки катода то в одну, то в другую сторону добиваются частых искровых разрядов, сопровождаемых громким треском.

Если в это время погасить фонарь, то в полной темноте на экране будут отчетливо видны голубоватые искры в месте соединения электродов и, кроме того, выбрасывание мелких частичек металла из анода; эти частички с течением времени вызывают помутнение жидкости. Катод постепенно погружается в лезвие, образуя углубление, и, наконец, перерезает его.

Лезвие бритвы имеет характерные, знакомые всем очертания, и учащиеся по силуэту на экране легко его узнают. Известно, что лезвие обладает большой твердостью и не поддается обычной механической обработке. Этим подчеркивается одно из важных преимуществ электронского способа обработки металла.

Наиболее благоприятные условия для опыта создаются при напряжении в 60—100 в и емкости— 60 мкф. Реостат в работе прибора не играет существенной роли. Он необходим для ограничения тока в моменты соприкосновения электродов.

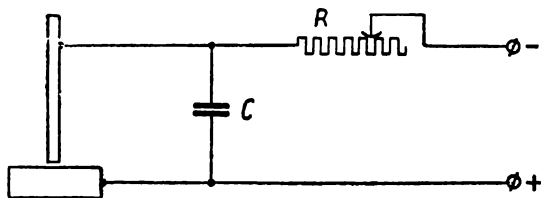


Рис. 114. Схема электрической цепи с прибором для электронской обработки металла

Жидкость для опыта может быть взята любая из названных выше. Спирт имеет то преимущество, что кювета после опыта легко отмывается, для этого ее бывает достаточно ополоснуть водой.

При отсутствии источника постоянного тока можно воспользоваться переменным. В этом случае пригодны только бумажные конденсаторы. Следует также иметь в виду, что от переменного тока будет довольно быстро разрушаться и катод.

МОДЕЛЬ АВТОМОБИЛЯ, УПРАВЛЯЕМАЯ ПО РАДИО

Среди многочисленных современных технических достижений важное значение приобретает управление механизмами по радио на большом расстоянии. При изучении темы «Электромагнитные колебания и волны» по-

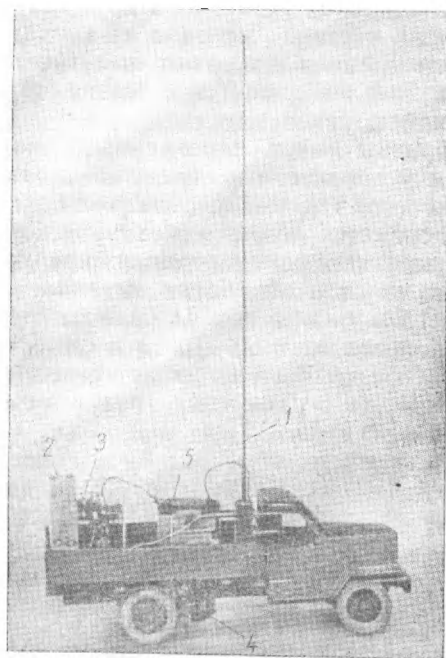


Рис. 115. Радиоуправляемая модель

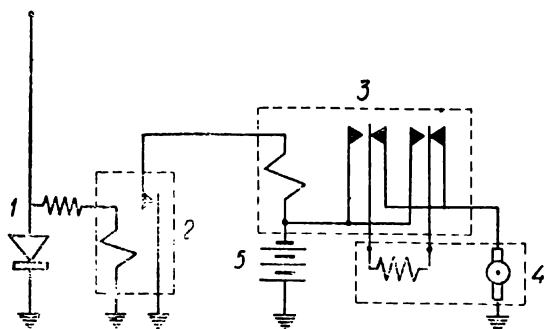


Рис. 116. Электрическая схема радиоуправляемой модели

лезно на конкретном примере ознакомить учащихся с принципом радиоуправления. Ниже приводится описание одной из подходящих для учебных целей действующих моделей — автомашины, управляемой по радио.

Маленький грузовик ставится на демонстрационный стол и при нажатии на ключ радиопередатчика, установленного на расстоянии нескольких метров, приходит в движение, останавливается, дает задний ход.

Радиопередатчиком соответствующих команд служит генератор УВЧ с кенотронным выпрямителем, выпускаемый Главучтехпромом для школ.

Радиоуправляемая модель представляет собой грузовик длиной 35 см (рис. 115), на котором установлены следующие детали: штырь-антенна 1 длиной 50 см с детектором и высокочастотным дросселем, соединяющаяся через детектор с корпусом модели, который служит противовесом; поляризованное реле 2; шаговое реле 3 с коммутатором на четыре положения; электродвигатель 4 с трехполюсным якорем и зубчатой передачей на заднюю ось.

Единственным источником тока, приводящим в действие шаговое реле и электродвигатель, служит батарейка карманного фонаря 5, которую при желании можно заменить батареями щелочных аккумуляторов 3 НКН-10.

На рис. 116 представлена электрическая схема модели, где: 1 — антенна, 2 — поляризованное реле, 3 — шаговое реле, 4 — электродвигатель, 5 — батарея элемен-

тов. При демонстрации опытов эта схема должна быть начерчена на доске или вывешена в виде настенной таблицы.

Приведем краткое объяснение действия модели.

Генератор УВЧ снимается с подставки, поворачивается на 90° и закрепляется в муфте штатива так, чтобы диполь генератора расположился вертикально (рис. 117). Переключатель, замыкающий клеммы в цепи сетки лампы, снимается, и к клеммам присоединяется телеграфный ключ. К генератору подается питание от кенотронного выпрямителя. В таком виде генератор готов к управлению моделью.

Если ключ отжат, то лампы будут заперты большим отрицательным потенциалом на сетках, и генератор не излучает. При кратковременном нажатии на ключ диполь передатчика посылает короткую серию электромаг-

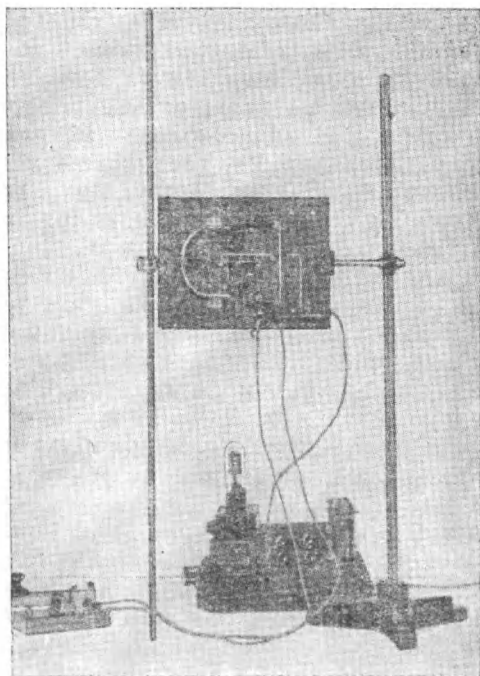


Рис. 117. Установка генератора УВЧ

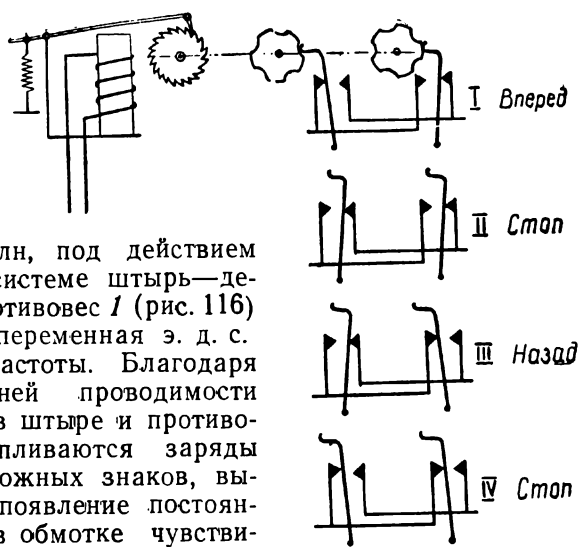


Рис. 118. Схема действия шагового реле

нитных волн, под действием которых в системе штырь—детектор—противовес 1 (рис. 116) возникает переменная э. д. с. высокой частоты. Благодаря односторонней проводимости детектора в штыре и противовесе накапливаются заряды противоположных знаков, вызывающие появление постоянного тока в обмотке чувствительного поляризованного реле 2. Реле срабатывает и замыкает цепь с батареей и шаговым реле 3.

Якорь шагового реле (рис. 118), притягиваясь к сердечнику, заставляет храповик повернуться на один зубец. Вместе с храповиком поворачивается валик, приводящий пластины коммутатора в одно из четырех положений, являющееся в данный момент очередным.

Грузовик приводится в движение сериес-двигателем 4 (рис. 116), у которого обмотка статора последовательно соединяется с якорем через две контактные пластины шагового реле. При переключении этих пластин происходит выключение и вслед за тем перемена направления тока в обмотке статора, отчего меняется направление вращения якоря и машина движется в обратную сторону.

Изучение устройства и действия модели приводит учащихся к мысли о возможности дальнейшего увеличения управляемых операций — повороты, подача сигнала, зажигание фар и т. п.

Перед демонстрацией модели в ходе изучения темы

учащимся должны быть показаны следующие отдельные подготовительные опыты:

1. Действие приемного диполя с лампочкой накаливания.
2. Односторонняя проводимость детектора.
3. Приемный диполь с детектором и гальванометром.
4. Приемный диполь с детектором, поляризованным реле и звуковым генератором.

Для демонстрации последнего опыта поляризованное реле у описанной модели сделано съемным.

МАГНИТНЫЙ ПУСКАТЕЛЬ

Демонстрационная модель магнитного пускателя (рис. 119) собрана на вертикальной изолирующей панели размером 350×450 мм. Прибор состоит из следующих деталей: небольшого электромагнита 1; трехполюсного контактора 2; блок-контактов 3 с прижимными пружинами 4, обеспечивающими надежность контакта; кнопки «пуск» и «стоп». Для подключения пускателя к трехфазной сети служат клеммы 5, а для подключения двигателя — клеммы 6. Кроме того, на панели имеются клеммы 7, которые служат для соединения пускателя с тепловым реле, а когда пускатель демонстрируется без реле, они замыкаются накоротко перемычкой. Кнопка «пуск» в нормальном положении разомкнута, а кнопка «стоп» — замкнута.

Монтаж выполнен толстым изолированным проводом. Рабочая цепь, цепь управления и блокировки выполнены проводом различной окраски. Включение двигателя в сеть при помощи магнитного пускателя показано на рис. 120.

При нажатии на кнопку «пуск» ток с первой фазы через кнопки «пуск» и «стоп» пройдет через обмотку электромагнита и замкнется на вторую фазу. В это время электромагнит сработает и с помощью прикрепленной к нему тяги замкнет рабочую цепь и цепь управления. При отпускании кнопки «пуск» рабочая цепь не размыкается, так как магнитный пускатель остается включенным, ибо цепь управления оказывается замкнутой через блок-контакты 3, включенные параллельно кнопке «пуск».

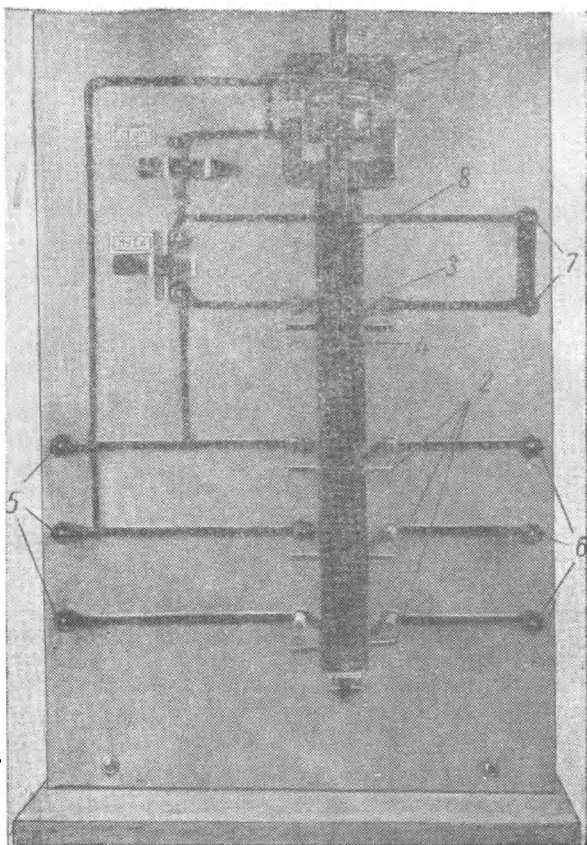


Рис. 119. Магнитный пускатель

Для размыкания рабочей цепи надо разомкнуть цепь питания электромагнита, что достигается нажатием на кнопку «стоп». Цепь размыкается, и якорь электромагнита под действием силы тяжести и силы упругости прижимных пружин возвращается в исходное нижнее положение. При этом размыкается и рабочая цепь, и цепь управления.

Для повторного включения вновь нажимают на кнопку «пуск».

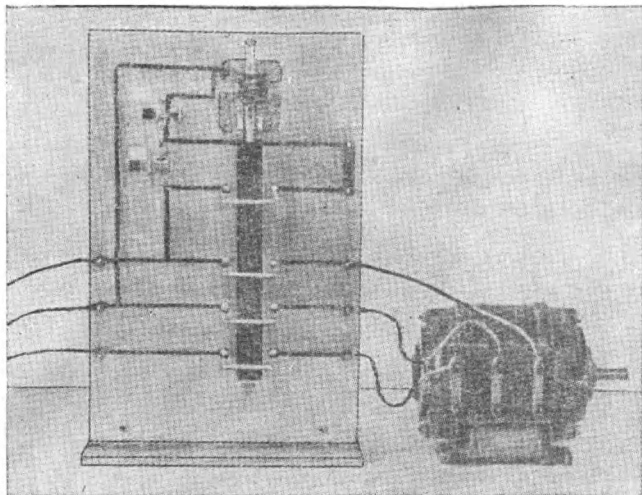


Рис. 120. Включение магнитного пускателя в цепь

Обмотки электромагнита рассчитаны таким образом, чтобы магнитный пускатель надежно срабатывал при напряжении 110—220 в.

ТЕПЛОВОЕ РЕЛЕ

Демонстрационная модель теплового реле (рис. 121) собрана на вертикальной изолирующей панели размером 350×400 мм. Она состоит из двух биметаллических пластин 1, двух нагревателей 2, кнопки «возврат» 3 и стержня 4. Для включения в рабочую трехфазную цепь реле имеет клеммы 5, а для подключения к магнитному пускателю — клеммы 6.

Ток рабочей цепи, проходя через спирали нагревателей, постепенно нагревает их, а затем и биметаллические пластины, расположенные над спиралями. Пластины изгибаются вверх настолько, что почти достигают регулировочных винтов 7. В случае перегрузки двигателя, когда через его обмотки проходит ток, по величине превосходящий тот, на который рассчитан двигатель (ток перегрузки), биметаллические пластины нагреваются на-

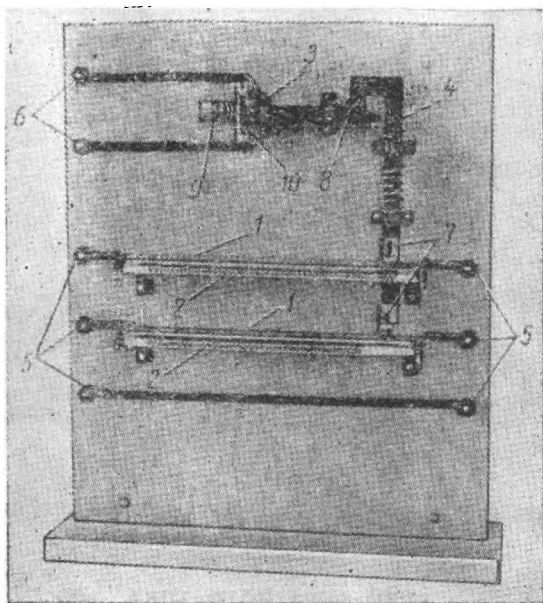


Рис. 121. Тепловое реле

столько, что их правые концы доходят до регулировочных винтов 7 и нажимают на них.

Усилие биметаллических пластин через регулировочные винты передается на стержень 4, который приподнимается вверх и освобождает зуб 8 горизонтального стержня, на котором укреплена контактная пластина 10.

Под действием пружины 9 горизонтальный стержень вместе с контактной пластиной отходит влево и размыкает цепь управления магнитного пускателя.

Для возврата горизонтальной пластины в прежнее нормальное положение надо дать возможность биметаллическим пластинам остыть и нажать на кнопку.

Спираль нагревателя рассчитана на 3 а. Время, в течение которого реле срабатывает, равно 1—2 мин. Включение теплового реле с магнитным пускателем см. на рис. 122.

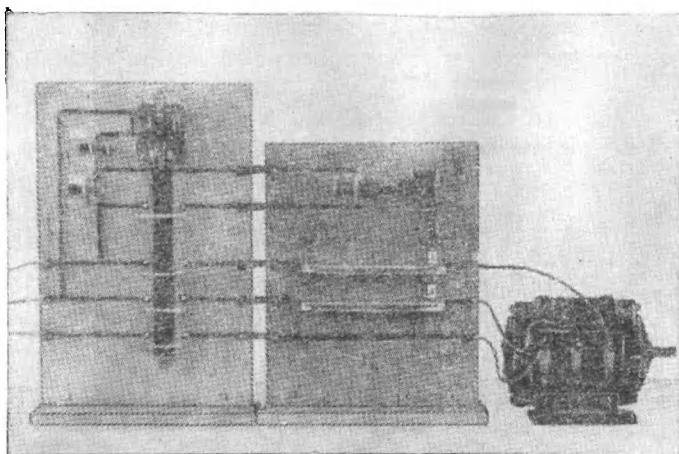


Рис. 122. Включение теплового реле и магнитного пускателя в цепь

РЕЛЕ ОБРАТНОГО ТОКА

Демонстрационная модель реле обратного тока (рис. 123) собрана на вертикальной изолирующей панели размером 350×450 мм и состоит из электромагнита I с двумя обмотками I и II; якоря 2, поворачивающегося около оси 6 и оттягиваемого пружиной 7. Обе обмотки электромагнита выполнены эмалевым проводом. Первая из них имеет приблизительно 1000 витков провода диаметром 0,45 мм, вторая — 20 витков провода диаметром 1,5 мм.

В качестве генератора применяется школьная магнитоэлектрическая машина, которая подключается к клеммам 5. В качестве источника постоянного тока берется один щелочной аккумулятор или аккумулятор, собранный из двух свинцовых пластин, взятых из набора Е. Н. Горячкина по электролизу. Аккумулятор присоединяется к клеммам 4.

При неработающем или работающем на малых оборотах генераторе нагрузка (лампочка) питается от аккумулятора (рис. 124). При нормальной работе генератора срабатывает реле и ток от генератора через кон-

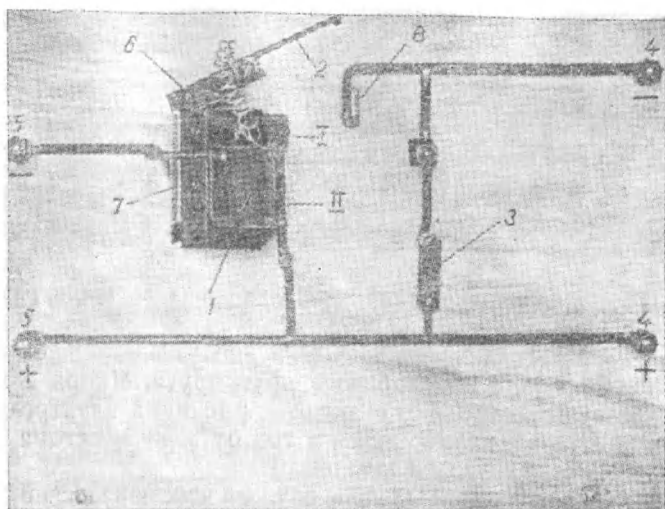


Рис. 123. Реле обратного тока

такт 8 (рис. 123) поступает и на нагрузку и на аккумулятор, заряжая последний (рис. 125). При этом магнитные поля катушек I и II взаимно усиливают друг друга.

При снижении числа оборотов генератора (или при его остановке) даваемое им напряжение уменьшается и ток начинает идти от аккумулятора через нагрузку и генератор. В этом случае магнитные поля катушек I и II

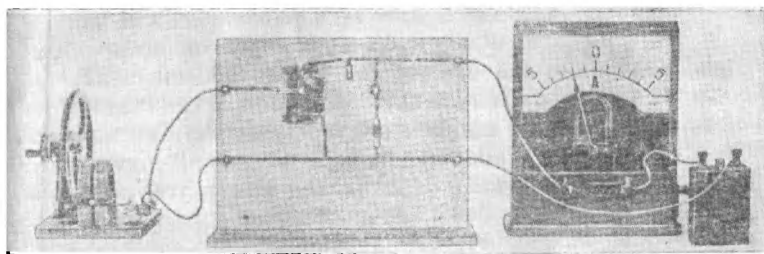


Рис. 124. Установка с реле обратного тока и амперметром, когда генератор не работает

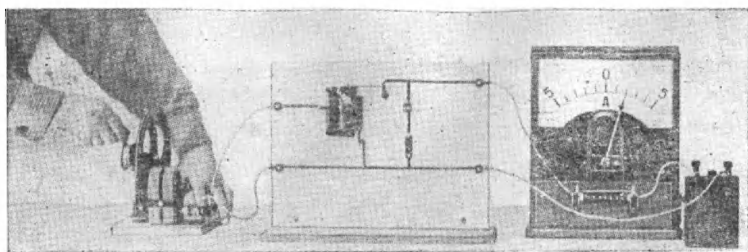


Рис. 125. Демонстрация реле обратного тока во время работы генератора

противоположны и ослабляют друг друга. Якорь 2 под действием пружины 7 отходит от сердечника электромагнита, контакт 8 размыкается и ток от аккумулятора питает только нагрузку (лампочку).

Для отключения нагрузки служит выключатель 3, соединенный последовательно с лампочкой.

—

ОПТИКА

ПРИБОР ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ЗАКОНОВ ОСВЕЩЕННОСТИ

Прибор (рис. 126) состоит из двух реек 1 и 2 длиной по 40 см и шириною около 5 см, соединенных между собой шарнирно и имеющих заметные издалека деления. В точке соединения к рейке 1 прикреплен стальной стержень 3, предназначенный для крепления прибора в муфте штатива так, чтобы рейка 1 была направлена горизонтально. Рейку 2 можно также установить горизонтально, но можно и наклонять на тот или иной угол, определяемый по шкале 4. На рейке 1 против стержня 3 укреплен небольшой парафиновый фотометр 5. На рейку 1 насажен передвижной осветитель 6 с четырьмя одинаковыми лампочками от карманного фонаря, которые можно включать от одной до четырех. На рейку 2 насажен другой передвижной осветитель 7 с одной лампочкой 8, такой же по яркости, как и лампочки в осветителе 6. В левую часть осветителя 7 может быть вставлена очковая линза 9, при этом волосок накала лампочки помещается в главном фокусе линзы. Все опыты с прибором показываются в затемненном классе. Ток от аккумуляторов подводится к обоим осветителям.

Для демонстрации первого закона освещенности устанавливают оба осветителя на расстоянии одного большого деления от фотометра и включают по одной лампочке. Фотометр с обеих сторон освещен одинаково. Отодвигают левый осветитель — освещенность левой части фотометра уменьшается; приближают осветитель к фотометру — освещенность увеличивается. Чтобы обнаружить закон освещенности в зависимости от расстояния, устанавливают осветитель на втором большом делении и постепенно увеличивают число включенных лам-

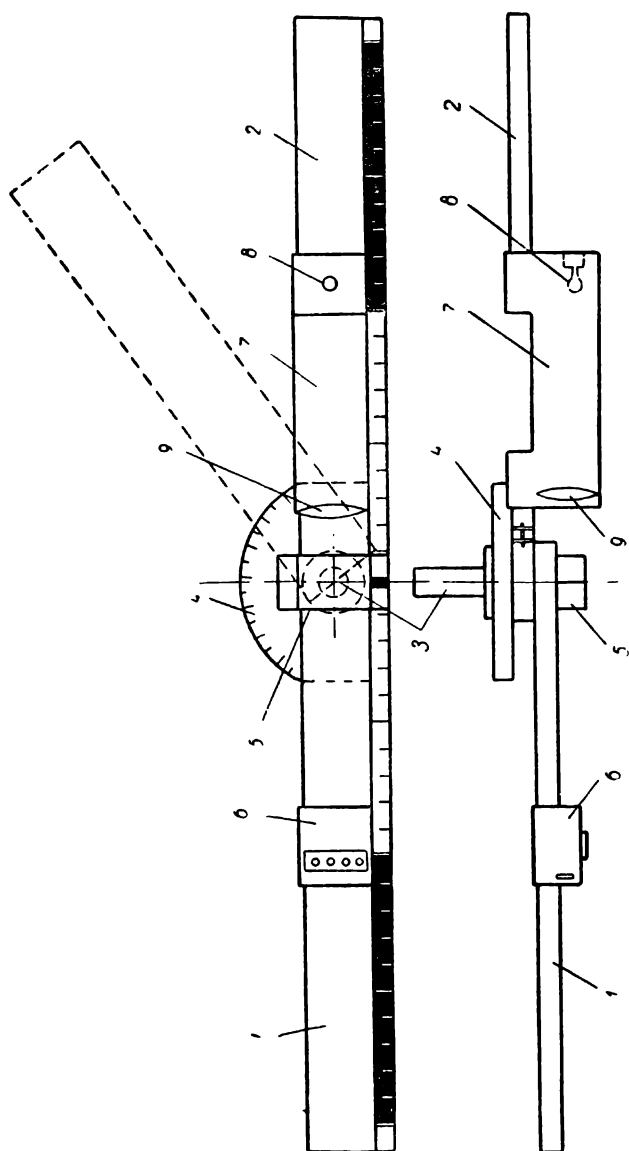


Рис. 126. Прибор для демонстрации законов освещенности

почек. Освещенность фотометра с обеих сторон сравнивается только при включении всех четырех лампочек. Если включить три лампочки, то левый осветитель придется установить на расстоянии $1,8 \approx \sqrt{3}$ большого деления. Если же оставить две лампочки, то фотометр будет освещен одинаково, если осветитель будет стоять на расстоянии $1,4 \approx \sqrt{2}$ большого деления.

Для демонстрации второго закона освещенности правый осветитель снабжают линзой и оставляют на первом большом делении. В левом осветителе включают все четыре лампы и устанавливают их так, чтобы обе стороны фотометра были освещены одинаково. Передвигают правый осветитель. От этого освещенность правой части фотометра не меняется, так как на фотометр падает пучок параллельных лучей.

Теперь находят зависимость освещенности от угла падения. Оставив левую рейку горизонтальной, начинают поднимать конец правой рейки. По мере увеличения угла подъема яркость освещенности фотометра падает. Чтобы найти числовую зависимость освещенности от угла падения параллельных лучей, поступают следующим образом.

Снова устанавливают правую рейку горизонтально и убеждаются, что обе стороны фотометра освещены одинаково.

В левом осветителе оставляют включенными три лампочки. Очевидно, освещенность левой части фотометра будет равна лишь 0,75 освещенности правой. Поворачивают правую рейку до тех пор, пока освещенность обеих сторон фотометра не сравняется. Это произойдет тогда, когда рейка будет поднята на угол 41° , так как $\cos 41^\circ 24' \approx 0,75$.

Оставляют включенными только две лампочки. Яркость освещенности слева будет равна 0,5 первоначальной.

Освещенность обеих сторон фотометра сравняется, когда рейка будет повернута на угол 60° , так как $\cos 60^\circ = 0,5$.

Наконец, слева оставляют лишь одну лампочку; освещенность слева упадет до 0,25 первоначальной. Опыт покажет, что одинаковая освещенность будет тогда, когда правая рейка будет наклонена на 75° , так как $\cos 75^\circ 30' \approx 0,25$.

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ФОТОМЕТР

Фотометр предназначен для демонстрации законов освещенности и определения силы света источника путем сравнения с другим источником, принимаемым за эталон.

Прибор можно изготовить из куска картона размером примерно 35×45 см. Картон с одной стороны окрашивают черной тушью, затем складывают пополам. К окрашенной стороне приклеивают круг, вырезанный из белой гладкой бумаги. Диаметр круга, равный примерно 16 см, должен совпадать с линией изгиба.

Когда клей высохнет, картон разворачивают в двугранный угол и получают демонстрационный фотометр (рис. 127).

Два белых полукруга на гранях угла служат в фотометре световыми полями, освещенность которых уравнивают при выполнении фотометрических измерений.

Для опытов фотометр разворачивают в двугранный угол 90° и устанавливают на демонстрационном столе между двумя сравниваемыми источниками света (I_1 и I_2) так, чтобы прямая, соединяющая источники, касалась границы полей (ребра двугранного угла), а поля были одинаково наклонены к этой прямой (рис. 128). При такой установке фотометра граница между его полями становится менее заметной и глаз точнее отмечает равенство их освещенности.

Освещенность полей уравнивают путем перемещения источников света. Расстояние (R_1 и R_2) от ребра фото-

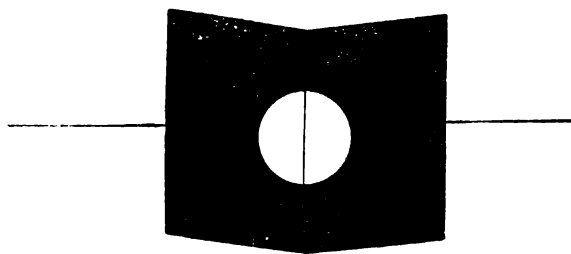


Рис. 127. Демонстрационный фотометр

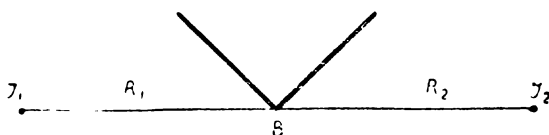


Рис. 128. Схема расположения фотометра и источников света

метра (границы световых полей) до источников света измеряют с помощью демонстрационного метра.

Зная силы света источников и их расстояния от фотометра, устанавливают известное соотношение: силы света источников при одинаковой освещенности фотометра пропорциональны квадратам расстояний источников от фотометра, т. е.

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}. \quad (1)$$

Освещенность фотометра можно уравнивать также путем наклона полей к направлению падающих лучей света. В этом случае демонстрируют зависимость освещенности от угла падения лучей света.

Поля фотометра устанавливают под углом 90° и, чтобы величина этого угла оставалась постоянной, позади к фотометру прижимают прямоугольную коробку K (рис. 129).

По сторонам от фотометра располагают на одинаковом расстоянии (R_1 и R_2) два известных источника, например одну лампу и две такие же лампы (I_1 и I_2). Затем фотометр вместе с коробкой медленно поворачивают вокруг вертикальной оси, проходящей через границу световых полей, и убеждаются, что при равенстве освещенности

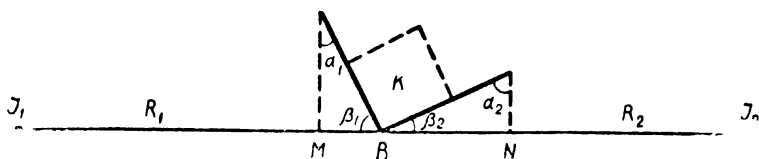


Рис. 129. Схема другого расположения фотометра

щенности полей силы света источников обратно пропорциональны косинусам углов падения лучей света, т. е.

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{\cos \alpha_2}{\cos \alpha_1}.$$

Эту зависимость можно записать по-другому:

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{\cos \beta_1}{\cos \beta_2},$$

где β_1 и β_2 — углы наклона полей фотометра к направлению лучей света.

$$\text{Но } \frac{\cos \beta_1}{\cos \beta_2} = \frac{BM}{BN}, \text{ следовательно, } \frac{J_1}{J_2} = \frac{BM}{BN}. \quad (2)$$

Отрезки BM и BN представляют собой проекции граней двугранного угла на направление прямой, соединяющей источники. Длина этих отрезков отсчитывается наблюдателями по демонстрационному метру, расположенному вдоль прямой, соединяющей источники.

В зависимости от поставленной задачи в опытах с фотометром пользуются соотношениями (1) или (2).

Учитывая опыт применения описанного фотометра в школьных условиях, можно указать следующее:

1. Во время демонстрации фотометра свет, идущий от источников в аудиторию, надо закрыть от наблюдателей какими-либо непрозрачными экранами.

2. Если сравниваемые источники света заметно отличаются по цвету, то для получения более точного положения фотометра рекомендуется воспользоваться таким приемом: один раз закрыть фотометр светло-красным стеклом, а второй раз — светло-зеленым и из двух положений фотометра взять среднее.

3. Положение фотометра еще более уточняется, если смотреть на него одним глазом. В этом случае исчезает пространственное представление: сравниваемые поля как бы располагаются в одной плоскости, что облегчает установление равенства их освещенности.

4. По окончании опытов фотометр рекомендуется складывать окрашенной стороной внутрь; в таком виде прибор удобно хранить,

ФОТОРЕЛЕ С ПРИСПОСОБЛЕНИЕМ ДЛЯ СОРТИРОВКИ ДЕТАЛЕЙ

Фотореле представляет собой устройство, состоящее из газопольного фотоэлемента ЦГ-3, однолампового усилителя на лампе 6Ф5 и электромагнитного реле (рис. 130).

Монтаж выполнен жестким проводом на вертикальной панели из гетинакса размером 175×175 мм. На лицевой стороне панели размещены: фотоэлемент в специальных зажимах, ламповая панель с лампой, электромагнитное реле, переменное сопротивление 47 ком, постоянное сопротивление 4 мгом и шесть зажимов, сгруппированных по три штуки. Три зажима с левой стороны служат для присоединения кенотронного выпрямителя, который используется как источник питания цепей накала и анода; правые зажимы присоединены к контактам электромагнитного реле и подключаются к управляемому объекту (электрическая цепь с источником тока, лампой, звонком, электродвигателем и т. п.).

Для удобства соединения фотореле с кенотронным выпрямителем используется шнур с двумя контактными колодками на концах.

Фотореле может быть установлено на подставке в двух положениях, для чего с тыльной стороны имеются две скобы с зажимами, расположенные под углом 90° одна по отношению к другой (рис. 131). Установочный стержень, на который насаживается панель, позволяет изменить высоту установки на 10 см.

К прибору прилагается приспособление, позволяющее продемонстрировать один из примеров практического применения фотореле: сортировку деталей по прозрачности (рис. 132).

В верхней части этого приспособления горизонтально расположен желоб с откидывающейся наклонной приставкой. Под желобом размещены две приемные камеры с передней прозрачной стенкой из органического стекла.

Средняя часть желоба представляет собой площадку, удерживаемую слева шарниром, а справа — выступом, опирающимся на якорь электромагнита. Концы об-

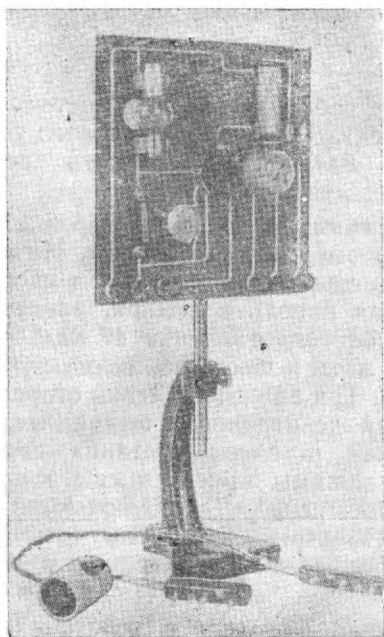


Рис. 130. Фотореле на стойке

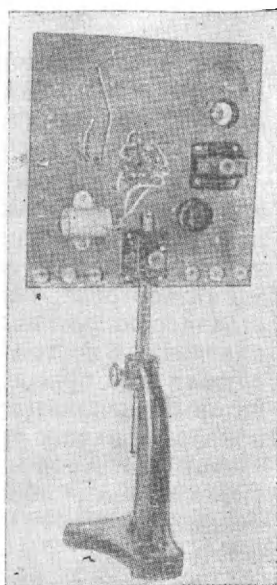


Рис. 131. Обратная сторона панели с фотореле

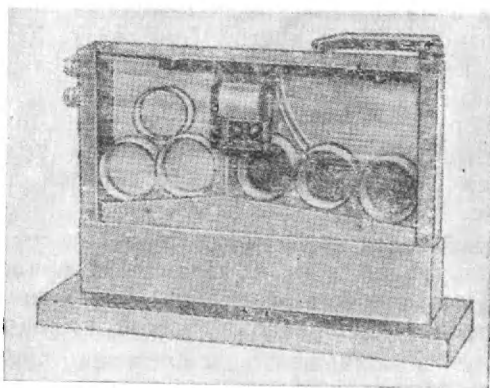


Рис. 132. Приставка к фотореле для автоматической сортировки деталей

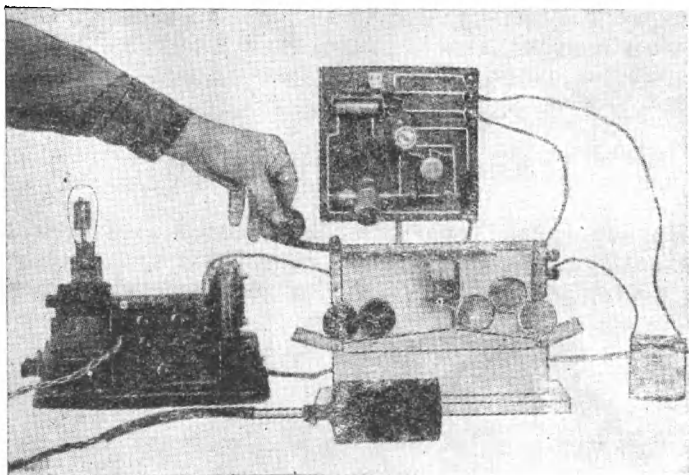


Рис. 133. Установка с фотореле для автоматической сортировки деталей

мотки электромагнита выведены к двум зажимам, установленным на правой боковой стенке.

К прибору прилагаются шесть небольших цилиндриков из органического стекла. Три из них покрыты черным лаком, а остальные оставлены прозрачными.

Для приведения сортировки в действие необходимо собрать установку, изображенную на рис. 133. Для этого, кроме данного прибора, потребуется фотореле, кенотронный выпрямитель, осветитель для теневой проекции и карманная батарейка или аккумулятор с напряжением около 4 в.

Фотоэлемент с тубусом и осветитель размещаются так, чтобы при качении по желобу цилиндрик полностью перекрывал пучок света, направленный из осветителя на фотоэлемент. Если цилиндрик прозрачен, то он катится до конца желоба и падает в правую камеру. Непрозрачный же цилиндрик загоразивает фотоэлемент, вследствие чего срабатывает электромагнитное реле.

Его контакты замыкают цепь электромагнита, установленного на сортировке. Якорь электромагнита, притягиваясь к сердечнику, освобождает площадку в средней части желоба. Под тяжестью цилиндрика площадка

опускается и цилиндрик падает в левую камеру. Таким образом производится сортировка, и в конце опыта все прозрачные цилиндрики окажутся в правой камере, а черные — в левой.

ЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ ЛАМПА

Прибор (рис. 134) представляет собой люминесцентную лампу длиной 420 мм, смонтированную с дросселем и стартером. Открытый монтаж выполнен на дере-

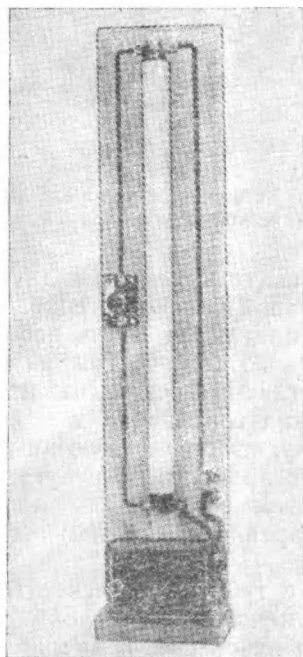


Рис. 134. Люминесцентная лампа на стойке

вянной угловой панели размером 600×125 мм. Это дает возможность видеть все детали цепи и позволяет устанавливать прибор по желанию вертикально или горизонтально, что представляет удобство во время хранения.

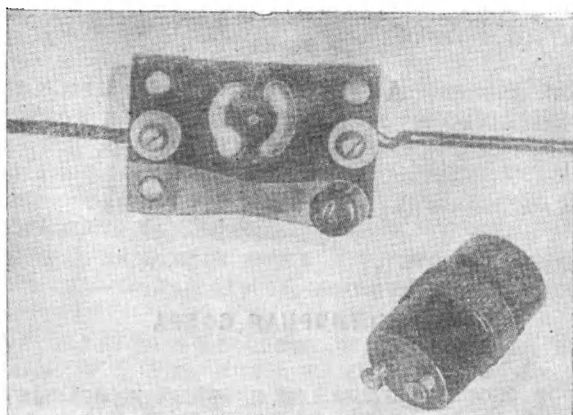


Рис. 135. Патрон для стартера, кнопка и стартер

Для включения лампы в сеть служат два зажима, к которым может быть присоединен шнур с вилкой.

Рядом с патроном, в который вставляется **стартер**, укреплена кнопка, смонтированная параллельно патрону (рис. 135). Перед демонстрацией действия стартера последний удаляют и лампу зажигают посредством кнопки. После этого, погасив лампу, вставляют стартер, и лампа зажигается автоматически.

Предполагается применение специально изготовленной люминесцентной лампы, у которой одна треть трубки должна быть свободна от люминофора, а две трети покрыты двумя люминофорами с различной окраской свечения.

АСТРОНОМИЯ

АРМИЛЛЯРНАЯ СФЕРА

Прибор сконструирован из прочных железных колец, круга, изображающего горизонт, и утяжеленной металлической подставки (рис. 136).

Два полных кольца в приборе являются его основой; в то же время они заменяют собой круги склонения.

Небесный экватор 1 разделен на градусные деления, которые необходимы при изучении экваториальных ко-

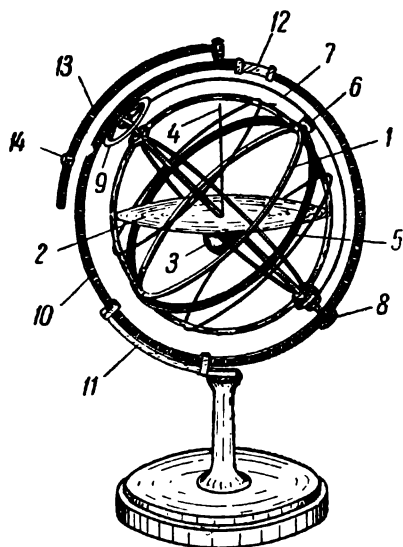


Рис. 136. Армилярная сфера

ординат, отсчета часового угла, прямого восхождения и др.

Круг плоскости горизонта 2 тоже разделен на градусные деления для отсчета азимута (азимутальная шкала), причем этот круг автоматически устанавливается горизонтально благодаря наличию металлического шара 3, изображающего собой Землю и укрепленного под центром плоскости горизонта.

В центре плоскости круга 2 установлена вертикальная спица 4 — линия отвеса, которая всегда направлена на зенит.

Круг эклиптики расположен к плоскости экватора под углом $23^{\circ} 5'$, и своими краями касается обоих тропиков. Он имеет надписи названий месяцев года, а в точке равноденствий — соответствующие знаки равноденствий; на обратной стороне эклиптики имеются обозначения двенадцати созвездий Зодиака.

Кружок солнца 6 подвижно надет на ребро эклиптики.

Часовой круг 7, представляющий собой как бы стрелку часового лимба, скользит в отверстии кружка солнца 6. Одним концом он свободно надет на ось северного полюса сферы, а другим — наглухо скреплен со штурвальным колесом 8 у южного полюса сферы.

При суточном вращении сферы кружок солнца 6, находясь на ребре эклиптики 5, вместе с ней будет осуществлять суточное вращение.

Часовой круг 7, подвижно связанный отверстием с кружком солнца 6 немного выше прорези, также вращается вместе с эклиптикой и кружком солнца и не дает этому кружку соскакивать с ребра эклиптики.

Часовой лимб 9, указывающий время восхода, захода Солнца и других светил, продолжительность дня и ночи, неподвижно установлен на северном конце оси сферы и разделен на 24 часовых деления.

Главный двусторонний меридиан 10, в котором вращается сфера, тоже разделен на градусные деления для определения склонения светил, высоты их, установки нужной широты и т. д. Сам же меридиан 10 может свободно передвигаться в широтном направлении вдоль кронштейна 11, в котором имеется пластинчатая пружина, необходимая для удержания сферы в устойчивом положении.

Кроме того, по кругу главного меридиана 10 свободно скользит каретка 12 высотного круга 13, необходимого в приборе при изучении экваториальных и горизонтальных координат.

Звезда 14 свободно передвигается по высотному кругу 13, причем с указанного круга она не снимается.

В приборе все зажимные винты заменены простыми пружинами, что освобождает учителя от лишних операций.

Так, например, если на описанной армиллярной сфере при изменении наклона полюса над горизонтом требуется сделать одну операцию, то в армиллярной сфере, выпускавшейся ранее промышленностью, надо проделать шесть операций, связанных с отвинчиванием и привинчиванием винтов и установкой перемещающегося горизонта и т. д.

Для демонстрации прибор следует установить на столе так, чтобы северный полюс сферы был направлен в сторону севера, в сторону Полярной звезды. Тогда обозначения сторон круга горизонта совпадут со сторонами горизонта на Земле.

Далее устанавливается нужная широта. Учитель, придерживая левой рукой подножку прибора, правой двигает главный меридиан вдоль кронштейна 11. При этом не следует давить на круг главного меридиана или поднимать его, это может затормозить движение вдоль кронштейна.

Не загораживая прибора от учеников, преподаватель отсчитывает градусные деления главного меридиана от полюса до горизонта и останавливается на нужных делениях.

Если надо показать суточное движение Солнца на данной широте, то учитель вращает сферу по часовой стрелке (если смотреть на прибор с полюса). Это можно сделать от руки или с помощью штурвального колесика.

Когда учитель демонстрирует суточное и годовое движение Солнца одновременно, то он должен при каждом обороте сферы несколько придерживать кружок солнца на месте, коснувшись пальцем часового круга, или кружочка солнца, или затормозить штурвальное колесико.

При демонстрации годового движения Солнца по эклиптике за один оборот сферы часовой круг надо удерживать.

живать на месте, а сферу вращать по часовой стрелке. Тогда кружок солнца, ведомый ребром эклиптики, будет перемещаться не только по ребру эклиптики, но и по часовому кругу, скользя вдоль этого круга в перпендикулярном направлении к плоскости экватора, и совершать годовой путь от тропика к тропику через экватор и обратно.

При этом возможность перемещения кружка солнца по эклиптике с востока на запад исключена, так как вращением штурвального колесика по часовой стрелке достигается общее вращение сферы прибора по часовой стрелке, а вращением этого же колесика против часовой стрелки с удержанием сферы на месте достигается частичное или непрерывное движение кружочка солнца по эклиптике.

Итак, когда учителю требуется продемонстрировать непрерывное или частичное движение кружочка солнца по эклиптике, то он удерживает сферу на месте, а вращает штурвальное колесико против часовой стрелки; тогда часовой круг, наглухо скрепленный с штурвальным колесиком, заставит кружок солнца скользить по ребру эклиптики и одновременно по часовому кругу.

Можно передвигать кружок солнца по эклиптике и от руки, но это менее удобно, чем вращать штурвальное колесико.

Чтобы познакомить учащихся с горизонтальными координатами, учитель, установив нужную широту на приборе, совмещает ось каретки 12 с зенитом сферы, затем располагает на круге 13 подвижное светило (звезду 14) на заданной высоте и отсчитывает на азимутальной шкале горизонта нужное число градусов. После этого высотный круг 13 устанавливается на нужный угол азимутальной шкалы, и дается объяснение особенности горизонтальных координат.

В работе с экваториальными координатами учитель, взяв нужную высоту полюса над горизонтом, устанавливает ось каретки 12 над полюсом сферы и отсчитывает нужное число градусов уже по экватору, установив высотный круг на нужный часовой угол по экватору.

В случае, когда наблюдатель находится на полюсе Земли, прибор устанавливается на широту 90° и учитель демонстрирует незаходящее или невосходящее в течение шести месяцев Солнце, полярные дни и ночи и др.

Когда же предполагаемый наблюдатель находится на экваторе Земли, сфера прибора устанавливается на широту 0° (ось мира и полюс совпадут с плоскостью горизонта, а экватор составит с плоскостью горизонта два прямых угла).

Обращается внимание учеников на продолжительность дня и ночи на этой широте, демонстрируется время восхода и захода Солнца и других светил, указывается на двукратное положение в году Солнца на экваторе, в зените и др.

В случае, когда наблюдатель находится на северном тропике, прибор устанавливается на широту 23° , 5. Учитель демонстрирует однократное положение Солнца в году на тропике — в зените, отмечает отвесное положение плоскости круга эклиптики к плоскости горизонта в момент верхней кульминации Солнца в июне месяце, указывает на другие особенности этой широты.

При демонстрации белых ночей прибор устанавливается на широту примерно $60\text{—}65^\circ$, когда Солнце в июне месяце заходит за горизонт на малую величину градусов. С помощью прибора учитель может проводить демонстрации по своему выбору и в соответствии с изучаемым материалом.

ПОДВИЖНЫЕ ТАБЛИЦЫ «ПОЯСНОЕ И ЗВЕЗДНОЕ ВРЕМЯ»

При изготовлении предлагаемого пособия на вращающуюся полярную карту северного полушария Земли¹ накладывается прозрачная звездная карта северного полушария неба.

Совместив центры обеих карт, получим новое пособие, помогающее наглядному решению задач по определению поясного и звездного времени.

Полярная карта Земли с границами государств и часовых поясов служит для определения местного и поясного времени при помощи вращающейся вокруг полюса координатной линейки. Звездная карта дает возможность отсчитывать звездное время. На рис. 137 из-

¹ Такая карта автора статьи имеется в первом и втором изданиях серии таблиц по астрономии, изданных Учпедгизом.

бражена звездная карта (1 — отверстия для подвешивания звездной карты над земной картой; 2—круг с числами месяцев; 3—годовой круг с названиями месяцев; 4—круг прямых восхождений; 5—циферблат полярной карты Земли).

Материалом для изготовления прозрачной звездной карты может служить органическое стекло, целлофан, калька, восковка и другие материалы. При самодельном изготовлении звездной карты ее градусная сетка наносится тушью путем простого копирования градусной сетки земной карты, составленной в равнопромежуточной полярной проекции. Один небесный меридиан выделяется утолщенной линией и принимается за начальный круг склонений — колюр равноденствий, от которого идут вдоль экватора подписи часов для определения прямого восхождения светил. Эти подписи часов делаются так же, как на обычной подвижной карте звездного неба.

Для нанесения на карту звезд в экваториальной системе координат отмечаются на начальном круге склонений градусные деления от 0 до 90° . Эти деления соответствуют градусам широты, показанным на начальном меридиане земной карты и на вращающейся у полюса координатной линейке. Эта линейка представляет полоску плотной бумаги с градусными делениями и подписями широт от 0 до 90° на одном крае. На другом крае координатной линейки подписываются зенитные расстояния светил от 0 до 90° .

При нанесении светил на небесную карту координатная линейка накладывается точкой полюса на полюс совмещенных карт и прикалывается булавкой. Длина линейки для удобства работы должна быть больше радиуса карты на 2—3 см. Рабочий край линейки с делениями должен совпадать при ее вращении вокруг полюса с меридианами земной карты и с кругами склонений звездной карты. Пользуясь каталогом звезд (приложенным, например, к учебнику астрономии Б. А. Воронцова-Вельяминова, стр. 164), учащиеся могут нанести на карту черной или красной тушью положение звезд. Прямые восхождения звезд в каталоге даны с точностью до секунды. Надо округлять эти величины, ограничиваясь минутами. Склонение звезд в каталоге показано с точностью десятых долей минуты. Координатная линейка

при масштабе карты 1 : 37 000 000 позволяет отмечать на карте склонения с точностью только до четверти градуса.

Пример. Нанести на карту звезду Вега. Находим в звездном каталоге прямое восхождение Веги: $\alpha = 18$ час. 34 мин. 34 сек., а склонение $\delta = 38^\circ 43,1'$. Для приближенного решения задачи округлим табличные величины, приняв $\alpha = 18$ час. 34 мин., а $\delta = 38^\circ 45'$. Найдем сначала на окружности небесного экватора карты черту, соответствующую заданному прямому восхождению Веги. У этой черты устанавливаем рабочий край координатной линейки с делениями. Ребро линейки определило положение круга склонения, на котором расположена Вега. Отсчитав по линейке от небесного экватора склонение звезды, отмечаем на карте точкой положение заданной звезды и подписываем ее название.

Работу по нанесению звезд на карту полезно сопровождать попутными наблюдениями звездного неба. Чтобы научить учащихся находить на небе приблизительное положение начального круга склонений, наносятся на звездную карту следующие звезды:

β — в созвездии Кассиопеи ($\alpha = 0$ час. 04 мин.; $\delta = 58^\circ 36'$);

α — в созвездии Андромеды ($\alpha = 0$ час. 03 мин.; $\delta = 28^\circ 32'$);

γ — в созвездии Пегаса ($\alpha = 0$ час. 08 мин.; $\delta = 14^\circ 38'$).

Начальный круг склонения помогает определять приблизительное звездное время в ясную ночь, поэтому учащиеся должны уметь находить на небе его положение по звездам.

Если работу по составлению стенной звездной карты распределить между учащимися всего класса, дав задание каждому нанести главные звезды только одного созвездия, то такая работа даст возможность всему классу хорошо усвоить сущность экваториальной системы координат.

Применение звездной карты в соединении с земной для решения вопросов математической географии требует предварительной подготовки учащихся. Прекрасным пособием для такой подготовки является «астрономический зонт», рекомендуемый проф. М. Е. Набоковым. Прошитые цветными нитками созвездия можно наблюдать с внутренней и внешней сторон зонта. Если при

наблюдений созвездий с внутренней стороны зонта Большая Медведица имела, например, «ручку ковша» в левой стороне, то при наблюдении созвездия с внешней стороны зонта «ручка ковша» будет с правой стороны. Эту зеркальность изображений необходимо учитывать при пользовании небесным глобусом: на нем конфигурация созвездий такая же, как на внешней поверхности зонта.

Чтобы понять и усвоить отсчет звездного времени при помощи предлагаемого пособия, необходимо выполнить указанные ниже упражнения, зная, что за начало звездных суток принимается момент верхней кульминации точки весеннего равноденствия, т. е. звездное время для данного места на Земле равно нулю, когда его меридиан проходит через точку весеннего равноденствия.

1. Установить звездную карту полушария в положение на 21 марта.

В этот день весеннего равноденствия колюр равноденствий будет в верхней кульминации одновременно с Солнцем, т. е. в полдень. Следовательно, звездная карта устанавливается на столе или подвешивается на стене над картой северного полушария так, чтобы колюр равноденствий был против полуденного штриха часового круга, окружающего земную карту полушарий. Отсчет звездного времени для данного меридиана земной карты производится при помощи координатной линейки, укладываемой по меридиану данного пункта. При пересечении линейки с часовым кругом звездной карты отсчитывается звездное время, равное прямому восхождению звезды, которая в этот момент находится в верхней кульминации.

2. Установить звездную карту для отсчета звездного времени на 21 июня.

Звездная карта устанавливается так, чтобы штрих годового круга карты, показывающий 21 июня, находился против полуденного штриха часового кольца, тогда колюр равноденствия будет отстоять от полуденного штриха часового циферблата к западу на 6 час.

Установив координатную линейку по меридиану данного места, отсчитываем звездное время на часовом круге звездной карты.

НОВЫЕ САМОДЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ПО АСТРОНОМИИ

Солнечные часы, показывающие местное, поясное, декретное и всемирное время

График уравнения времени можно начертить на солнечных часах в форме, позволяющей наглядно связать его с наблюдаемым движением Солнца по небосводу.

Солнечные часы с графиком уравнения времени (рис. 138) состоят из круга 1 с тщательно нанесенным циферблатом и деревянной алидады 2 в форме перевернутой буквы П, вращающейся на оси.

С одной стороны алидады делается небольшое круглое отверстие 3, с другой — на планке 4 наклеивается график уравнения времени в форме восьмерки, представленный отдельно на рис. 139.

Круг с циферблатом устанавливается на горизонтальной подставке в плоскости экватора, т. е. под углом $\alpha = 90^\circ - \gamma$, где γ — широта. Указателями времени

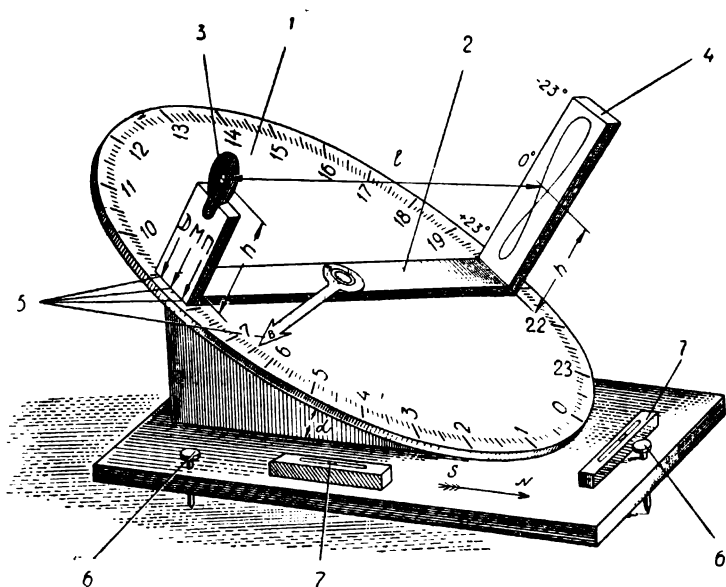


Рис. 138. Солнечные часы с графиком уравнения времени

служат четыре стрелки 5; 6 — установочные винты; 7 — уровни. Отверстие 3 делается в жести на высоте h от алидады; на такой же высоте должна находиться линия экватора графика уравниения времени. Размеры приведенного на рисунке графика уравниения времени соответствуют расстоянию между отверстием 3 и плоскостью 4, равному 20 см. Учитель может этот чертеж скопировать для солнечных часов с таким же диаметром ($l = 20$ см.). Для иных диаметров график надо пропорционально увеличить или уменьшить.

Можно дать задание членам астрономических кружков начертить график, откладывая на вертикальной оси склонения Солнца, а на горизонтальной — уравниение времени, по данным астрономических календарей.

Ввиду проектирования сферы на плоскость шкалы получаются неравномерные. Градуировка их производится согласно вычислению по формулам:

$$y = l \operatorname{tg} \alpha; x = l \operatorname{tg} t.$$

Под серединой отверстия 3 перпендикулярно к циферблату устанавливается (или рисуется) стрелка M , указывающая местное время. Выразив разность долгот между пунктом местожительства (взять из справочника или отсчитать на географической карте) и средним меридианом своего часового пояса (30° , 45° , 60° и т. д.) в единицах времени, устанавливают стрелку Π , показывающую поясное время, направо от стрелки M при положительной разности, налево — при отрицательной.

Пример. Пункт местожительства — Запорожье. ($\Lambda = 35^\circ 08'$). Тогда разность $35^\circ 08' - 30^\circ = 5^\circ 08'$ в единицах времени будет равна 20,7.

Следовательно, стрелку Π надо поставить правее стрелки M согласно делениям шкалы циферблата на 20,7. Стрелку декретного времени D устанавливают левее от стрелки поясного времени на один час. Стрелку всемирного времени B устанавливают правее от стрелки поясного времени Π на количество часов, равное номеру часового пояса.

Показание стрелок поясного, декретного, всемирного времени будут соответствовать действительности только для вычисленной долготы. При переезде в пункт с иной долготой их надо переставлять согласно вышеуказанным вычислениям.

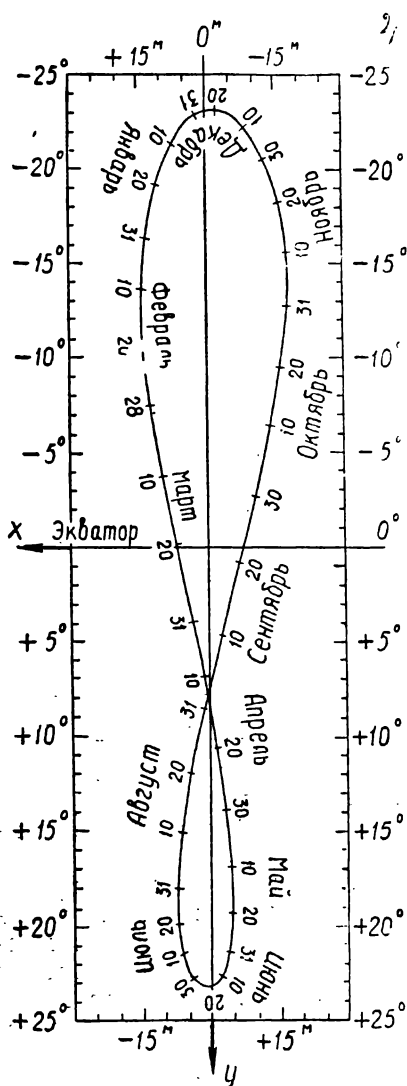


Рис. 139. График уравнения времени к солнечным часам

При изменении широты наблюдения изменяют угол наклона плоскости циферблата к горизонтальной плоскости подставки. Но так как прибор предназначен для использования в одном пункте, стрелки можно сделать фиксированными.

Время по прибору определяют так: поворачивают алидаду до тех пор, пока луч Солнца, прошедший через отверстие 3, не попадает на соответствующую ветвь графика. Стрелки в этот момент дают отсчеты местного, поясного, декретного и всемирного времени.

Определив на графике расстояние солнечного пятнышка от вертикальной оси (уравнение времени) в единицах времени и вычтя полученное число из показаний местного времени, получают истинное солнечное время в момент наблюдений.

Чтобы солнечные часы давали правильные отсчеты, их необходимо тщательно ориентировать согласно сторонам горизонта.

С другой стороны, описанные солнечные

часы позволяют по всегда известному по радиосигналам декретному времени определять с большой точностью направление полуденной линии. Для этого фиксируют стрелку декретного времени согласно моменту наблюдения и поворачивают подставку с часами до касания солнечным лучом соответствующей ветви графика.

Стрелка *NS* укажет направление полуденной линии.

Модель небесной сферы с прозрачным экваториальным поясом и часовым кругом

Описываемая модель (рис. 140) состоит из горизонтального кольца *1* с градусными делениями (азимуты от 0 до 360°). Кольцо поддерживается проволочной дугой *2* и крепится к меридианному кольцу *3*, на котором проставлены градусные деления высот от 0 до 90°. Ось мира *6* при помощи винтовых зажимов *4* прикрепляется к кольцу меридиана согласно установочным меткам *5*.

На ось мира насажена тонкая трубка *7* с крестовиной в центре *8*, к концам которой крепится (винтами или заклепками) экваториальный пояс *9*, сделанный из прозрачной пластмассы. Пояс можно сделать цилиндрическим, но лучше его форму приблизить к сферической поверхности. Ширина пояса должна охватить небесные параллели в пределах склонений $\pm 25^\circ$.

На внутренней стороне пояса синей тушью наносится линия экватора *10*, красной — линия эклиптики *11* и отметки положений Солнца на ней для первых чисел месяца.

Черной тушью наносятся звезды (на рисунке не указаны). Надписи созвездий выполняются синей тушью.

Часовой круг *12* с делениями от 0 до 24 насаживается на ось мира и зажимается между двумя гайками *13*. Верхняя гайка одновременно служит упором для трубки оси мира *7*.

Под часовым кругом к трубке с помощью зажима *14* крепится красная стрелка *15*, указывающая солнечное время. Вторая стрелка *16* синего цвета показывает звездное время.

К прибору приложены 1/4 дуги *17*, вращающаяся во круг оси зажима *18*, и фишка Солнца *19*, передвигающаяся вдоль полосы из жести *20*.

Прибор установлен на подставке 21, наглухо прикрепленной к меридианному кругу.

Как видно из описания, предлагаемая модель имеет более простую конструкцию и меньшее количество деталей по сравнению с моделью, выпускаемой Главучтехпромом. В то же время предлагаемая модель более наглядна (имеет звезды), позволяет демонстрировать большее количество изучаемых вопросов, получать при этом количественные результаты и, кроме того, может быть использована для отождествления звезд экваториального пояса на небосводе.

Очень эффектна, например, демонстрация суточных путей Солнца в затемненном классе, если воспользоваться электрической лампочкой.

Привязав к крестовине 8 батарейку от карманного фонарика, отводят гибкие провода с припаянной к ним лампочкой к точке положения Солнца на линии эклиптики в избранный день года. Чтобы при уходе лампочки под горизонт ее не было видно, на прибор надевают картонный цилиндр, по высоте достигающий до горизонтального кольца с градусными делениями.

САМОДЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

В статье дается описание простых приборов, которые применялись автором для практических работ. Опыт показал, что такие приборы вполне возможно изготовлять в школьных мастерских. В практических работах особенно хорошие результаты получаются в том случае, когда удастся сделать несколько комплектов таких приборов. Тогда учащихся в классе можно разделить на звенья по 5—6 человек и каждое звено обеспечить нужными приборами.

Гномон для определения полуденной линии по Солнцу

Из досок, многослойной фанеры или листового металла вырезается квадратная или круглая планшетка со стороной или диаметром в 50 см. Из ее центра описываются окружности радиусом от 100 до 250 мм через

каждые 5 мм. В этот же центр строго перпендикулярно планшетке вставляется конический стерженек высотой 12—15 см. В трех или четырех точках планшетка должна иметь регулировочные винты.

Перед работой устанавливают прибор на ровной площадке с твердой поверхностью или трех-четырех кирпичах (рис. 141). Пользуясь уровнем и регулировочными винтами, придают планшетке строго горизонтальное положение. Наблюдения начинаются часа за два до истинного полудня и продолжаются до соответствующего послеполуденного момента. Наблюдатель должен, не сдвигая прибора, отмечать все точки, в которых тень стержня своим концом соприкасается с окружностями. Это лучше делать остро заточенным черным карандашом при условии, что планшетка окрашена в светлый цвет.

До полудня тень стержня, двигаясь по ходу часовой стрелки, будет уменьшаться, а после полудня она станет увеличиваться и вновь своим концом соприкоснется

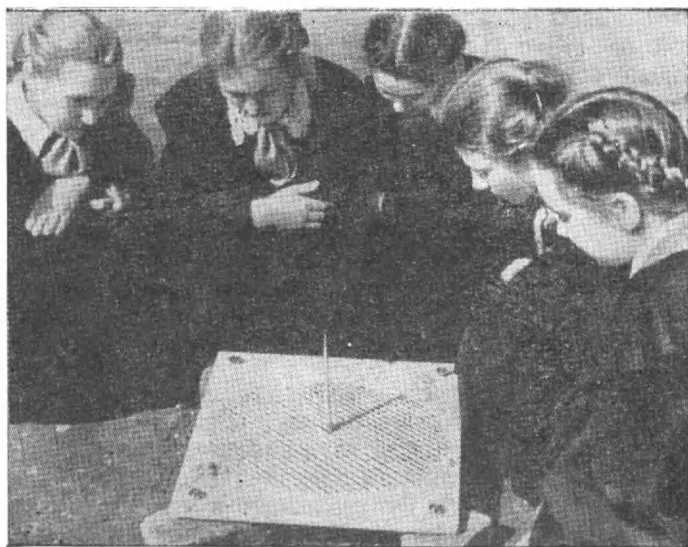


Рис. 141. Наблюдения с гномоном

со всеми окружностями. Таким образом, на каждой окружности окажется по две точки, соединив которые прямыми, получают систему хорд. Если найти середины каждой хорды и провести через них прямую, то она и будет искомой полуденной линией. Тот конец ее, который пойдет через основание стержня (центр окружности), укажет направление точки юга, а противоположный конец — точки севера.

Прибор для определения полуденной линии по Полярной звезде

Дважды в сутки Полярная звезда кульминирует и, следовательно, находится на меридиане, т. е. бывает видима точно над точкой севера. Данные о моментах кульминации Полярной звезды можно почерпнуть из астрономического календаря на соответствующий год. Эти моменты и надо использовать для очень быстрого и точного определения полуденной линии с помощью описываемого ниже прибора.

Делают круглую планшетку диаметром 30—40 см из многослойной фанеры или склеенных досок. К середине одной ее стороны прикрепляют деревянный цилиндр, который будет служить опорой прибора. В двух диаметрально противоположных точках планшетки укрепляют вертикальные стойки, верхние концы которых скрепляются перекладиной (рис. 142). Высота этих стоек должна быть раза в два больше диаметра планшетки. К середине перекладины подвижно прикрепляется планка длиной около 30 см, а на ее концах ввертываются крючки, удерживающие шнуры с грузиками. Следует заметить, что при устройстве прибора надо выбирать только немагнитные материалы, так как он будет применяться и для других целей.

Установив прибор так, чтобы планшетка была горизонтальной, поворачивают планку, визируя оба отвеса по Полярной звезде. Когда глаз наблюдателя, первый и второй отвесы и Полярная звезда окажутся на одной прямой, значит, отвесы будут лежать в плоскости меридиана. Теперь на планшетке или на прикрепленном к ней листе бумаги отмечают точки, над которыми оказались грузики отвесов. Затем эти точки соединяются пря-

мой, которая и будет полуденной линией. Преимущество этого способа определения полуденной линии в простоте и быстроте, а недостаток в том, что момент кульминации Полярной звезды не всегда может быть удобен по времени для практических занятий с учащимися.

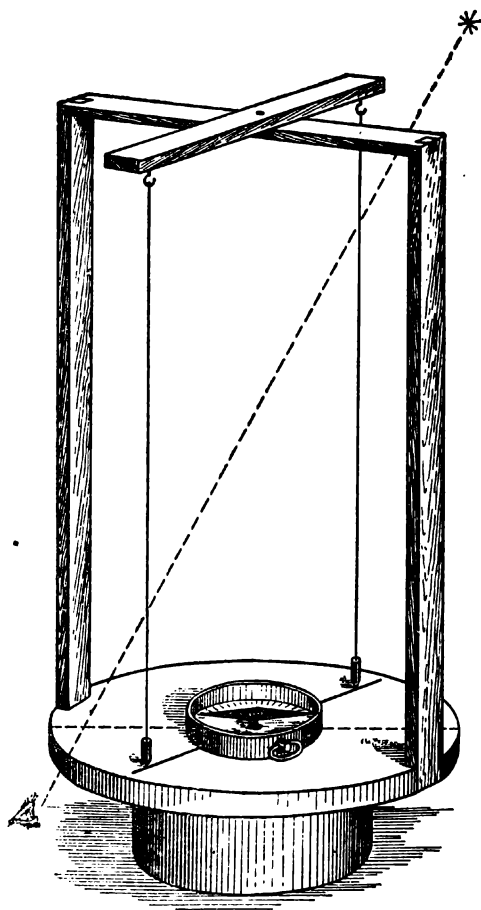


Рис. 142. Прибор для определения полуденной линии по Полярной звезде

Для определения величины магнитного склонения кладут компас на обозначенную на планшетке полуденную линию и, дав успокоиться магнитной стрелке, отмечают ее направление (пунктирная линия на планшете). Это и будет магнитный меридиан, а угол между ним и полуденной линией есть величина магнитного склонения стрелки компаса для данного пункта.

Квадрант для определения полуденной высоты Солнца

Этот прибор позволяет очень быстро и с достаточной четкостью определять полуденную высоту Солнца. Он удобен тем, что может быть установлен на подоконнике одного из обращенных на юг окон кабинета или класса.

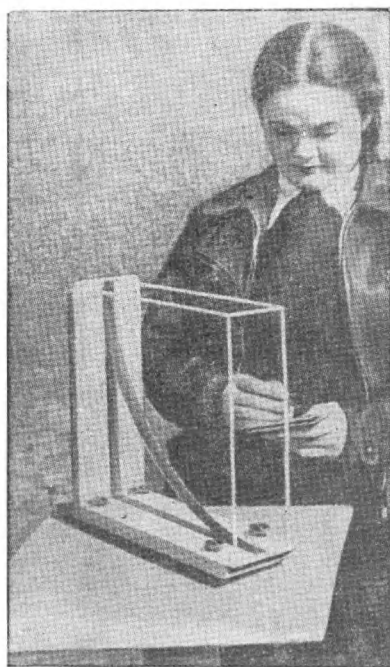


Рис. 143. Наблюдения с квадрантом

Для устройства прибора (рис. 143) нужны две дощечки длиной по 35 см, концы которых скрепляют под прямым углом. Затем берут полуметровую металлическую линейку, изгибают ее так, чтобы полоска длиной 45 см образовала дугу окружности в 90° , и в точках делений 0 и 45 прикрепляют к сторонам деревянного угольника на равных расстояниях от его вершины (каждое миллиметровое деление линейки оказывается равным $0,2^\circ$). Затем на четырех металлических опорах, установленных около конечных делений градусной шкалы перпендикулярно сторонам угольника, укрепляют стерженек. Он должен быть расположен в центре окружности, дугой которой является шкала прибора (линейка).

Устанавливается прибор в плоскости меридиана так, чтобы одна линия (нулевое деление линейки, центр дуги— стерженек) была горизонтальной, как и параллельная ей сторона угольника, а другая линия (конец шкалы, где указано 90° — центр) была вертикальной. Для этого пользуются уровнем или отвесом и регулировочными винтами.

При такой установке прибора тень стерженька, расположенного в центре дуги, будет падать на шкалу и указывать деление, соответствующее величине полуденной высоты Солнца. Отсчет производится в истинный полдень от верхнего конца, т. е. нулевого деления, шкалы вниз.

Прибор для наблюдения кульминирующих светил

Прибор представляет собой не что иное, как наипростейший пассажный инструмент (рис. 144). Он состоит из дощечки длиной 20—30 см и двух металлических пластинок, согнутых в виде полуокружностей, концы которых прикреплены к дощечке так, что между полуокружностями образуется щель шириной 3—5 мм. В центре полукруга имеется зеркальце, укрепленное на подвижной оси. Глаз наблюдателя, помещенный против поворачиваемого зеркальца, может осматривать через щель большую дугу небосвода от одной стороны горизонта до другой. Если эту дугу совместить с меридианом,

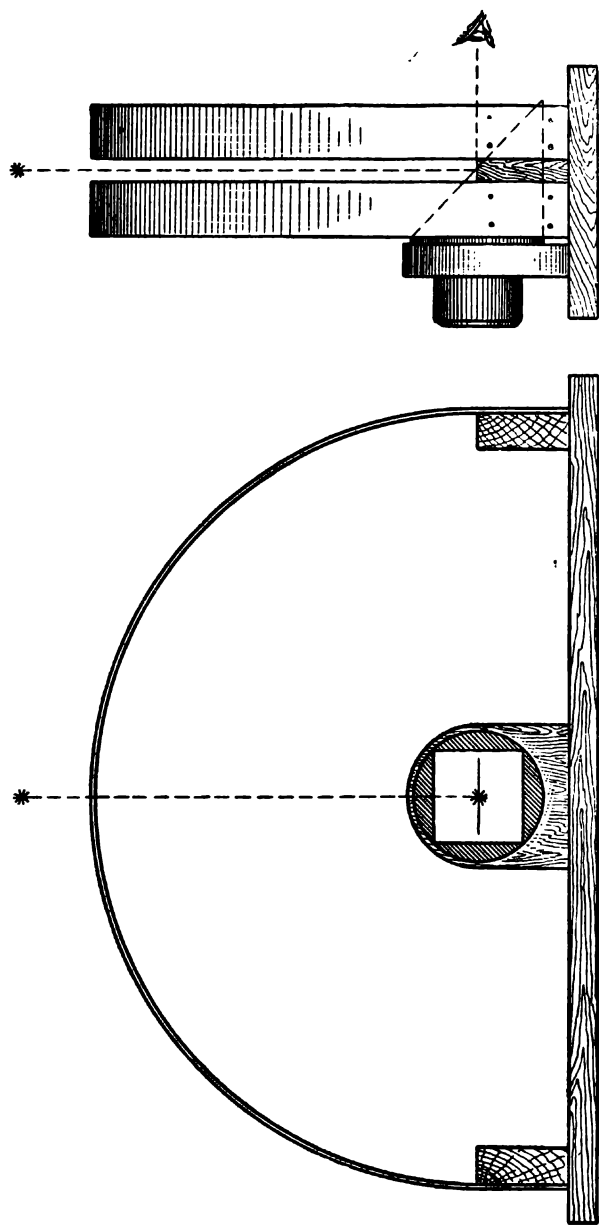


Рис. 144. Прибор для наблюдения кульминирующих светил

установив прибор по уровню, то можно видеть звезды, кульминирующие в данный момент.

Прибор позволяет произвести определение географической долготы данного пункта. Для этого пользуются данными астрономического календаря о моментах кульминации звезд на меридиане Гринвича и результатами собственных наблюдений моментов кульминации этих же звезд в данном пункте (по мировому времени).

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
-----------------------	---

Универсальные приборы и наборы

Б. С. Зворыкин. Универсальный электродвигатель с принадлежностями	5
В. П. Орехов. Универсальный набор для демонстрации устройства и принципа действия стрелочных измерительных приборов	11
А. Г. Дубов. Универсальный проекционный гальванометр	25
П. П. Орлов. Универсальный высоковольтный выпрямитель	31
Б. Ю. Миргородский. Школьный демонстрационный осциллоскоп	40
В. Г. Холяпин. Универсальный ротационный коммутатор к осциллографу	43
Г. Н. Костин. Демонстрационный столик	51

Начальные измерения и механика

В. П. Орехов. Демонстрационные модели штангенциркуля и микрометра	56
В. П. Орехов. Модель десятичных весов	58
И. М. Румянцев. Прибор для демонстрации законов Ньютона	62
А. И. Глазырин. Прибор для демонстрации законов равномерного движения по кругу	66
С. Е. Каменецкий. Пружинный маятник для демонстрации механических колебаний	72
И. М. Румянцев. Прибор для определения ускорения при свободном падении	75

<i>И. М. Румянцев.</i> Баллистический пистолет	78
<i>И. М. Румянцев.</i> Прибор для изучения деформации растяжения	80

Гидро- и аэродинамика

<i>А. И. Глазырин.</i> Действующая модель гидротурбины низкого давления	84
<i>В. Г. Разумовский.</i> Действующая модель ветронасосной станции	87
<i>Б. С. Зворыкин.</i> Поплавковый выключатель к установке для демонстрации действия насосной станции	90

Теплота

<i>М. М. Терентьев.</i> Действующие модели паровых котлов	93
<i>М. М. Терентьев.</i> Прибор для демонстрации рабочего хода в цилиндре двигателя внутреннего сгорания	100
<i>И. М. Румянцев.</i> Прибор для определения механического эквивалента теплоты	102
<i>И. М. Румянцев.</i> Парообразователь с сухопарником	104

Электричество

<i>С. Е. Каменецкий.</i> Механическая модель для объяснения процессов, происходящих в электрической цепи	109
<i>С. Е. Каменецкий.</i> Гидродинамическая аналогия электрической цепи	111
<i>В. П. Орехов.</i> Демонстрационные термометр и люксметр на полупроводниках	115
<i>Б. С. Зворыкин.</i> Прибор для демонстрации электроискровой обработки металла	119
<i>Б. С. Зворыкин.</i> Модель автомобиля, управляемая по радио	122
<i>Н. М. Шахмаев.</i> Магнитный пускатель	126
<i>Н. М. Шахмаев.</i> Тепловое реле	128
<i>Н. М. Шахмаев.</i> Реле обратного тока	130

Оптика

<i>А. И. Глазырин.</i> Прибор для демонстрации законов освещенности	133
<i>В. А. Бузов.</i> Демонстрационный фотометр	136
<i>Б. С. Зворыкин.</i> Фотореле с приспособлением для сортировки деталей	139

<i>Б. С. Зворыкин. Люминесцентная лампа .</i>	142
---	-----

Астрономия

<i>И. А. Войтенко. Армилярная сфера</i>	144
<i>И. И. Старостин. Подвижные таблицы «Поясное и звездное время»</i>	148
<i>А. Д. Могилко. Новые самодельные приборы по астрономии</i>	152
<i>Н. К. Семакин. Самодельное оборудование для некоторых практических занятий</i>	156

НОВЫЕ ШКОЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ
ПО ФИЗИКЕ И АСТРОНОМИИ

Редактор *Л. А. Колтекова*

Обложка художника *А. С. Денисова*

Худож. редактор *Т. И. Добровольнова*

Техн. редактор *В. Г. Лаут*

Корректоры *М. Н. Вишнякова и А. П. Куприянова*

Сдано в набор 2/III 1959 г. Подписано к печати 17/VII 1959 г.
Формат $84 \times 108/_{32}$ Бум. л. $2,63 + 0,19$ вкл. Печ. л. $10,5 + 0,75$ вкл.
Усл. печ. л. $8,61 + 0,62$ вкл. Уч.-изд. л. 7,90
А 06606 • Тираж 15 400 Заказ 201

Изд-во АПН РСФСР, Москва, Погодинская ул., 8.

Типография изд-ва АПН РСФСР,
Москва, Лобковский пер., 5/16.

Цена 2 р. 10 к.

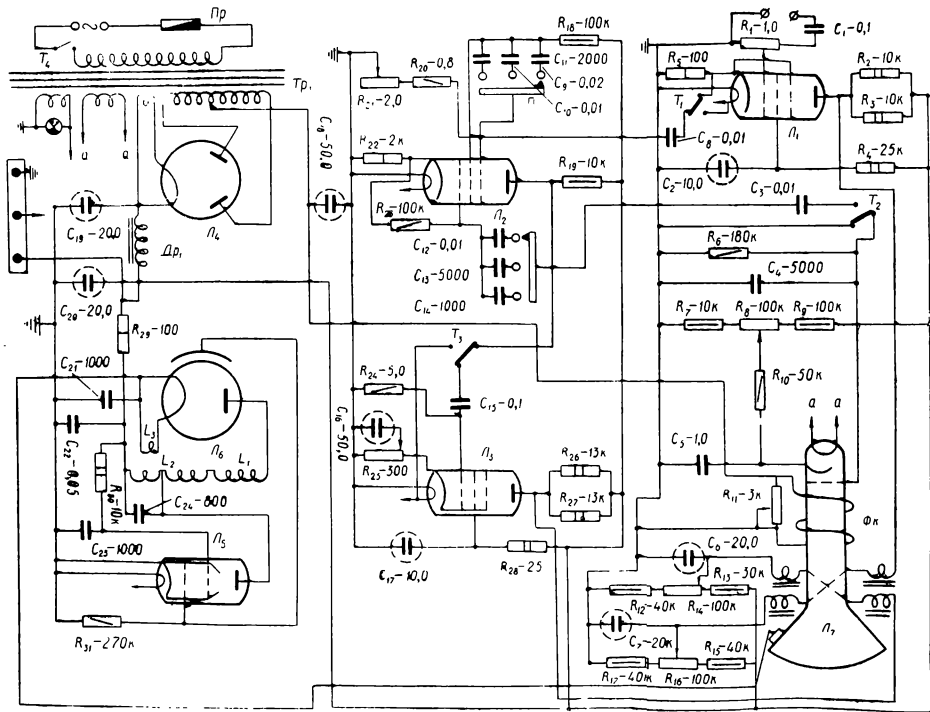


Рис. 39 Принципиальная схема осциллографа

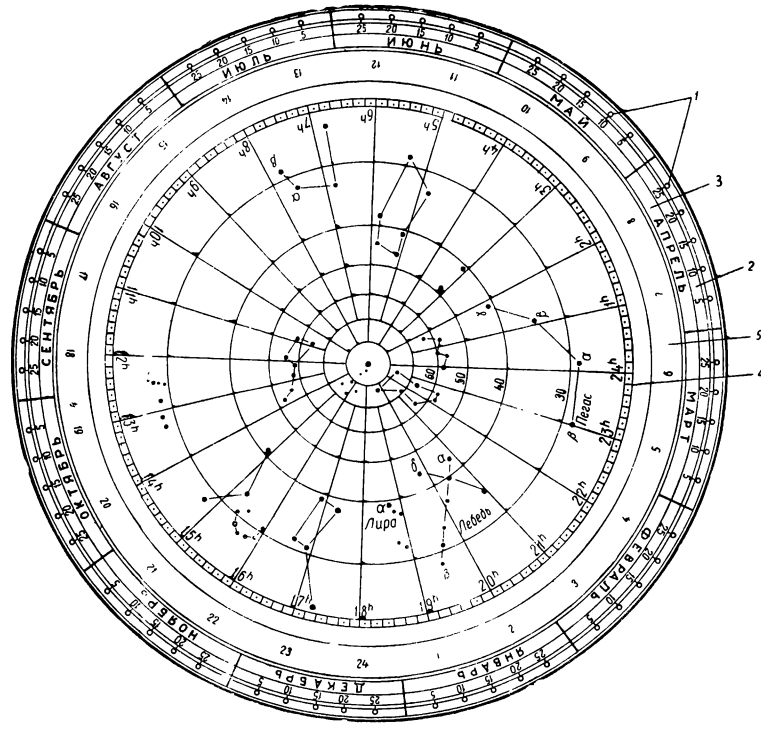


Рис. 137 Звездная карта для подвижной таблицы «Поясное и звездное время»

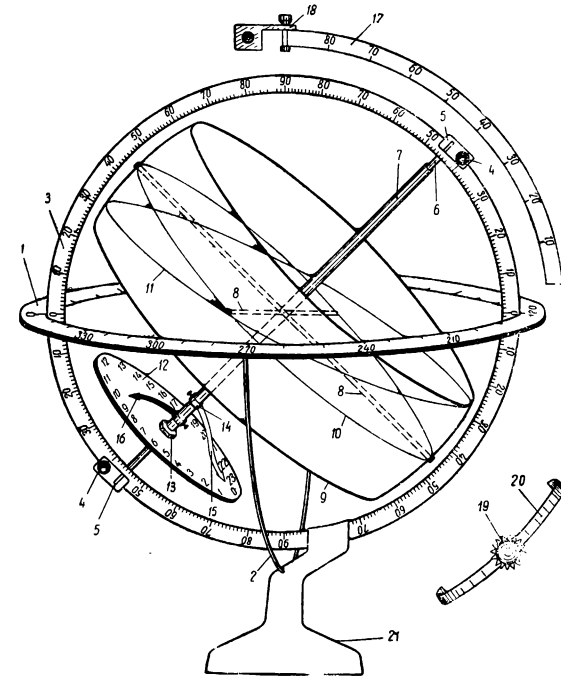


Рис. 140. Модель небесной сферы с прозрачным экваториальным поясом и часовым кругом

2 р. 10 к.