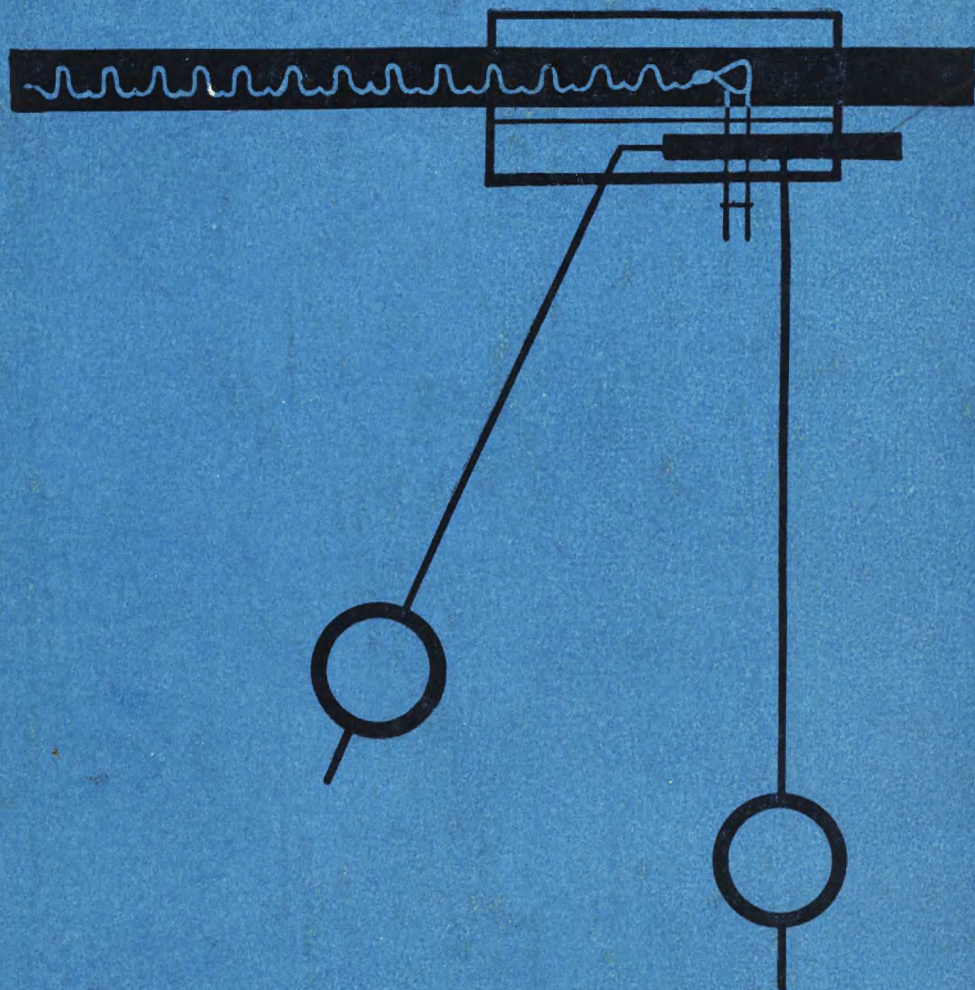


ПРИБОРЫ ПО ФИЗИКЕ И АСТРОНОМИИ



ПРИБОРЫ ПО ФИЗИКЕ И АСТРОНОМИИ

СБОРНИК СТАТЕЙ

С О С Т А В И Т Е Л И:

Е. Г. ГАВРИЛОВ

М. Г. ЛАРИОНОВ

Б. А. СНЕГИРЕВ

ИЗДАТЕЛЬСТВО
«ПРОСВЕЩЕНИЕ»
Москва. 1968

Приборы по физике и астрономии. Сборник статей.
П 75 Сост. Е. Г. Гаврилов, М. Г. Ларионов, Б. А. Снегирев.
М., «Просвещение», 1967.

136 с. с иллюстрациями.

Данный сборник составлен из статей учителей физики — изобретателей и рационализаторов, предложения которых рекомендованы советом БРИЗа и Учебно-методическим советом Министерства просвещения РСФСР к внедрению в практику школьного физического эксперимента. Учителя найдут в этой книге описание многих учебных приборов по физике, которые могут быть изготовлены в школьных физических и технических кружках.

О Т С О С Т А В И Т Е Л Е Й

Для решения задач повышения качества преподавания физики в средней общеобразовательной школе большое значение имеет совершенствование системы оборудования физического кабинета.

Работа по созданию новых учебных приборов и совершенствованию уже существующих ведется не только в конструкторских бюро предприятий учебной промышленности, но и многими учителями — изобретателями и рационализаторами, которые свои предложения направляют в Бюро по делам рационализации и изобретательства (БРИЗ) при Министерстве просвещения РСФСР.

В результате рассмотрения изобретений и рационализаторских предложений советом БРИЗа, комиссией по физике Учебно-методического совета, Программно-методическим управлением Министерства просвещения РСФСР многие из поступающих предложений получают одобрение и рекомендуются для внедрения в школьную практику путем выпуска для школ учебной промышленностью соответствующих новых приборов или модификации уже выпускающегося оборудования.

Некоторые предложения изобретателей и рационализаторов рекомендуются к внедрению в практику путем изготовления соответствующих приборов, устройств, приспособлений в школьных кружках по физике и технике. Чтобы сделать содержание таких изобретений и рационализаторских предложений достоянием широких масс учителей физики, издан настоящий сборник, в который включены статьи авторов изобретений и рационализаторских предложений.

Все замечания и предложения по сборнику просим направлять по адресу: Москва, И-18, 3-й проезд Марьиной рощи, дом 41. Издательство «Просвещение», редакция физики.

ОБЩАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ УЧЕБНАЯ АППАРАТУРА

А. А. ЕВСЮКОВ

(г. Москва)

УЧЕБНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ОСЦИЛЛОГРАФ БЛОЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Предлагаемый электронный осциллограф предназначен для проведения школьных опытов по физике, изучения действия электронно-лучевой трубки и электронного осциллографа.

Он состоит из четырех блоков: блока питания, блока электронно-лучевой трубки, блока горизонтальной развертки и усилителя. Все блоки устанавливаются в общем кожухе со съемной задней стенкой.

Каждый блок является самостоятельным прибором и может быть использован не только в комплекте осциллографа, но и в других демонстрационных установках.

Внешний вид собранного осциллографа показан на рисунке 1. Переходим к описанию отдельных блоков.

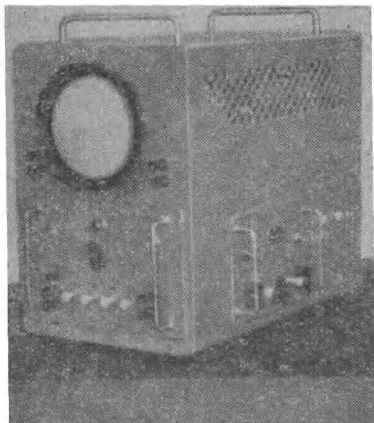


Рис. 1

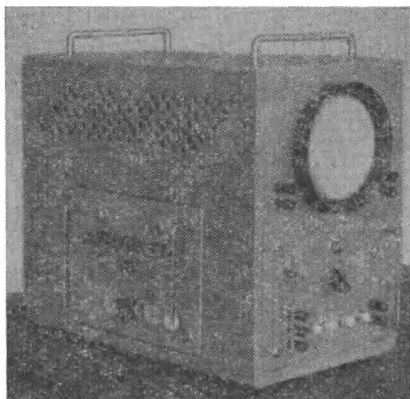


Рис. 2

1. Блок питания устанавливается в корпусе прибора с левой стороны (рис. 2). Общий вид этого блока показан на рисунке 3, а его принципиальная электрическая схема — на рисунке 4.

Как видно из схемы, основной блока питания является силовой трансформатор, имеющий одну первичную и шесть вторичных обмоток. Сердечник трансформатора набирается из пластин трансформаторного железа типа Ш-20; толщина набора — 60 мм.

Данные обмоток трансформатора приведены в таблице I.

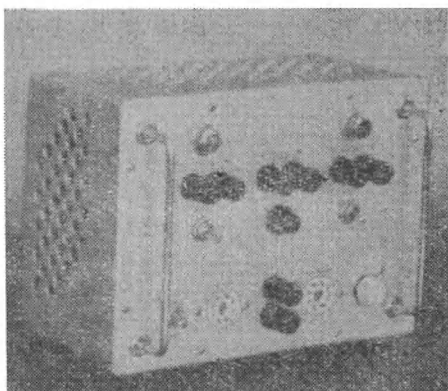


Рис. 3

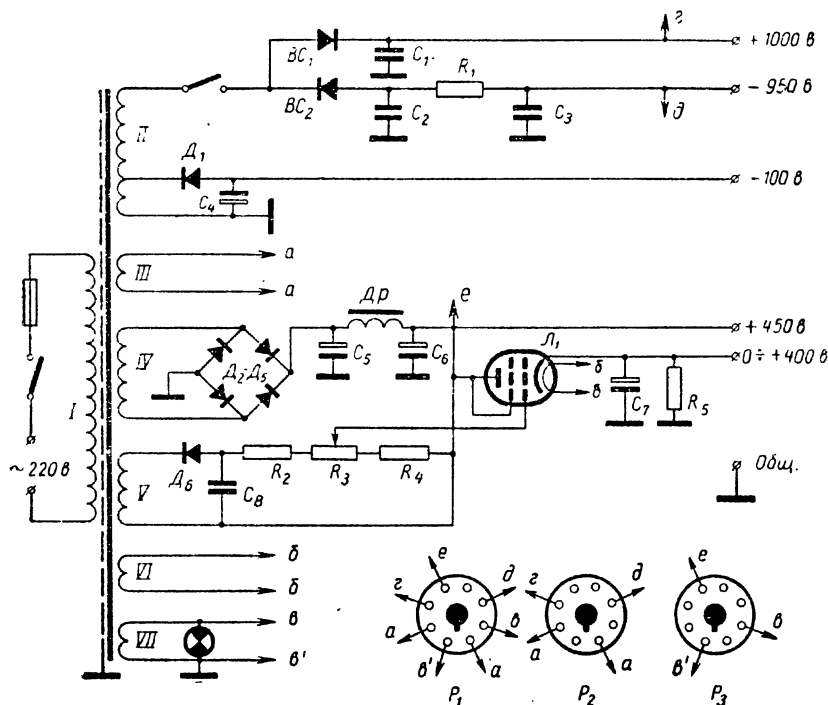


Рис. 4

Таблица 1

| Обозначение обмотки | I | II | III | IV | V | VI | VII |
|---------------------|---------|----------|---------|---------|---------|--------|---------|
| Число витков | 1100 | 400+3600 | 32 | 1600 | 200 | 32 | 32 |
| Марка провода | ПЭ-0,35 | ПЭ-0,11 | ПЭ-0,55 | ПЭ-0,27 | ПЭ-0,08 | ПЭ-0,9 | ПЭ-1,12 |

На обмотке II собран высоковольтный выпрямитель, обеспечивающий на выходных зажимах потенциалы $+1000$, -100 и -950 в. Выпрямительными элементами в нем служат два селеновых столбика BC_1 и BC_2 типа АВС-1-1000 и полупроводниковый диод D_1 типа Д7Е. С этого выпрямителя подается напряжение на электроды электроннолучевой трубки. На нить накала катода трубки напряжение подается с обмотки III, которая хорошо изолирована от остальных обмоток.

На обмотке IV собран выпрямитель по мостовой схеме, обеспечивающий анодное питание ламп генератора развертки и усилителя. В нем используются диоды типа Д7Ж ($D_2 - D_5$). Этот выпрямитель, кроме нерегулируемого выхода (на 450 в, 300 ма), имеет также регулируемый выход через проходную лампу L_1 типа 6П14П. Напряжение на этом выходе можно изменять в пределах от 0 до 400 в путем подачи на управляющую сетку проходной лампы регулируемого отрицательного потенциала от вспомогательного выпрямителя, собранного на обмотке V. Вспомогательный выпрямитель работает на полупроводниковом диоде типа Д7Е.

Сердечник дросселя Др набран из пластин трансформаторного железа типа Ш-12; толщина набора — 30 мм. Обмотка дросселя содержит 2000 витков провода марки ПЭ-0,25.

Ток к нити накала катода проходной лампы подводится от обмотки VI. Обмотка VII служит для питания цепей накала генератора развертки и усилителя.

Данные конденсаторов, применяемых в блоке питания, приведены в таблице II.

Таблица II

| Обозначение | C_1 | C_2 | C_3 | C_4 | C_5 | C_6 | C_7 | C_8 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Емкость (мкф) | 0,1 | 0,4 | 0,4 | 1,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 0,05 |
| Рабочее напряжение (в) | 1500 | 1500 | 1500 | 160 | 500 | 500 | 450 | 500 |

Выходные зажимы выпрямителей, а также выводы накалильных обмоток III и VII трансформатора присоединены к октальным штепсельным разъемам P_1 , P_2 и P_3 , как показано на схеме (см. рис. 4). Через разъем P_1 подается питание при использовании собранного комплекта осциллографа. Через разъем P_2 подается питание к блоку электроннолучевой трубки при проведении опытов только с этим блоком. Разъем P_3 служит для питания блока горизонтальной развертки или усилителя при их использовании в различных экспериментальных установках вне комплекта осциллографа.

Октальный разъем состоит из октальной ламповой панельки и закрытой металлическим колпачком колодки от соответствующей радиолампы.

Соединительные кабели изготавливаются из гибкого многожильного провода сечением $0,12-0,35 \text{ мм}^2$ в полихлорвиниловой изоляции. На высоковольтные жилы ($+1000$ и -950 в) следует дополнительно надеть полихлорвиниловую трубку диаметром $3-4 \text{ мм}$. Такие трубки надевают также на лепестки разъемов.

Блок питания монтируется на шасси, которое винтами скрепляется с лицевой панелью прибора. Шасси и лицевая панель изготавливаются из листового алюминия и имеют размеры соответственно $180 \times 70 \times 50 \text{ мм}$ и $210 \times 160 \text{ мм}$. Смонтированный прибор помещают в алюминиевый кожух размером $240 \times 175 \times 115 \text{ мм}$. Кожух должен иметь вентиляционные отверстия, служащие для охлаждения прибора.

Помимо своего прямого назначения (питание электрических цепей осциллографа), блок питания может применяться в различных экспериментальных установках. Имеющийся в блоке питания высоковольтный выпрямитель позволяет, в частности, провести ряд опытов, связанных с электрическим разрядом в газах.

2. *Блок электроннолучевой трубки* является центральной частью электронного осциллографа. В качестве самостоятельного прибора его можно использовать для изучения свойств электронных пучков и принципа действия электроннолучевой трубки.

Внешний вид блока электроннолучевой трубки показан на рисунке 5, а его принципиальная электрическая схема — на рисунке 6.

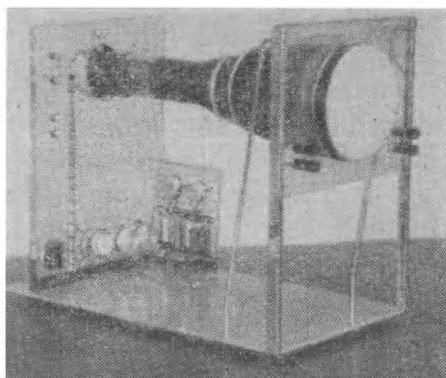


Рис. 5

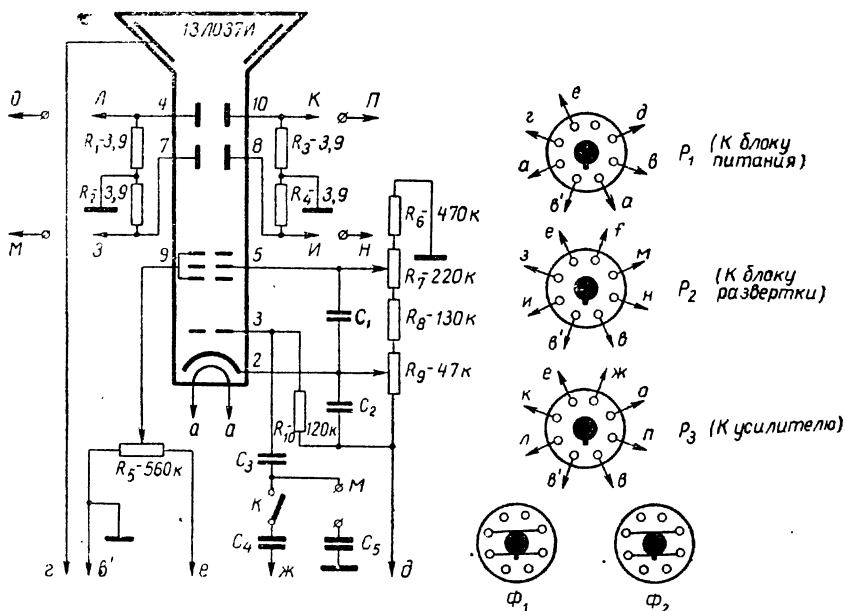


Рис. 6

Потенциометр R_7 является регулятором фокусировки луча, а потенциометр R_8 — регулятором яркости. С помощью потенциометра R_5 устанавливают при наладке прибора необходимую чувствительность трубки, добиваясь одновременно равномерной фокусировки по всему экрану.

Для проведения опытов, способствующих выяснению физических основ телевидения, в блоке электроннолучевой трубки предусмотрен зажим М, через который при разомкнутом ключе К сигнал может подаваться на модулятор.

При замкнутом ключе К через конденсаторы C_4 и C_3 на модулятор подаются импульсы для гашения обратного хода луча.

Данные конденсаторов, используемых в блоке электроннолучевой трубки, приведены в таблице III.

Таблица III

| Обозначение | C_1 | C_2 | C_3 | C_4 | C_5 |
|------------------------|---------|----------|-----------|--------|---------|
| Емкость | 0,2 мкф | 0,25 мкф | 10 000 пф | 240 пф | 0,5 мкф |
| Рабочее напряжение (в) | 400 | 160 | 1000 | 500 | 160 |

Блок электроннолучевой трубки смонтирован на плоском основании размером 440×260 мм из листового дюралюминия. К основанию на расстоянии 45 мм от его заднего края крепится винтами вертикальная стенка из прозрачного оргстекла размером 330×240 мм. К этой стенке крепятся четырнадцатипинная панель для включения электроннолучевой трубки, клемма (гнездо) для соединения стального экрана с корпусом осциллографа, три октальных разъема (P_1 — для подключения блока питания, P_2 — для подключения блока развертки и P_3 — для подключения усилителя), две клеммы для подачи внешнего сигнала на модулятор, тумблер K и потенциометр R_5 .

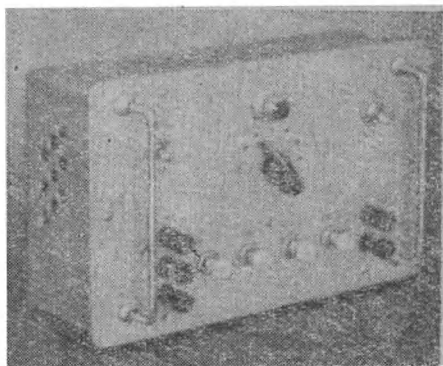


Рис. 7

Перпендикулярно к вертикальной задней стенке на основании установлена панель размером 135×100 мм из прозрачного оргстекла. На ней крепятся сопротивления R_6, R_3, R_{10} , конденсаторы C_1, C_2, C_3 и C_4 , а также установлены потенциометры регулировки яркости (R_9) и фокусировки (R_7). Ручки этих потенциометров не должны выходить дальше бокового края основания блока (иначе они могут мешать при вдвигании блока в кожух осциллографа).

Для поддержания электроннолучевой трубки в передней ее части к основанию блока на двух вертикальных стойках высотой 380 мм укреплена панель из прозрачного оргстекла с круглым отверстием диаметром 130 мм. На этой панели установлены две пары клемм, которые соединяются с отклоняющими пластинами при помощи замыкающих фишек Φ_1 и Φ_2 , вставляемых в разъемы P_2 и P_3 (см. рис. 6).

Монтаж блока электроннолучевой трубки выполняется цветным монтажным проводом в полихлорвиниловой изоляции сечением $0,12-0,14$ мм² (цепь накала катода трубки выполняется проводом сечением $0,35$ мм²). Провода, относящиеся к цепям отклоняющих пластин и модулятора, должны иметь металлическую оплетку, соединенную с корпусом осциллографа, а провода высоковольтных цепей заключаются в дополнительную полихлорвиниловую трубку диаметром 3—3,5 мм.

3. Блок горизонтальной развертки показан на рисунке 7, а его принципиальная электрическая схема — на рисунке 8. Он состоит из генератора пилообразного напряжения, собранного на

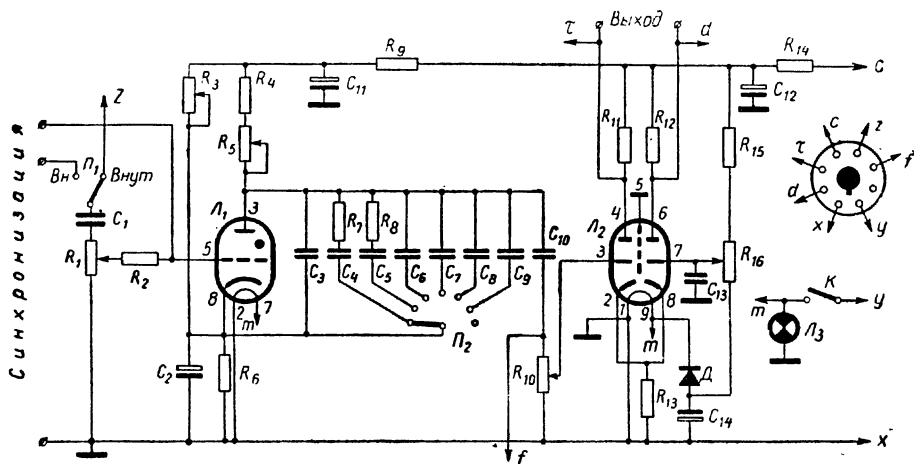


Рис. 8

тиратроне L_1 типа ТГ1-0,1/0,3, и парафазного усилителя на двойном триоде L_2 типа 6НЗП.

Генератор перекрывает диапазон частот от 0,2 гц до 25 кгц, разбитый на 7 поддиапазонов.

Поддиапазоны частот устанавливаются сменой конденсаторов $C_4 - C_9$ с помощью одноплатного переключателя Π_2 . Плавная регулировка частоты осуществляется потенциометром R_5 .

Наличие поддиапазона 0,2 — 2,0 гц дает возможность наблюдать на экране медленное перемещение луча в прямом направлении и быстрое — в обратном.

Напряжение внешней или внутренней синхронизации подается на сетку тиатрона через переключатель Π_1 . Потенциометр R_1 служит регулятором амплитуды сигнала синхронизации.

В генераторе предусмотрена также возможность подачи напряжения синхронизации непосредственно на сетку тиатрона.

Пилообразное напряжение с тиатрона подается на вход парафазного усилителя через конденсатор C_{10} . Регулятором этого напряжения является потенциометр R_{10} . С этого же потенциометра напряжение подается на модулятор электроннолучевой трубки для гашения электронного луча во время обратного его хода.

Парафазный усилитель, собранный на двойном триоде типа 6НЗП, не только усиливает пилообразное напряжение, но и преобразует его в симметричное (двухтактное): потенциалы выходных зажимов относительно корпуса прибора изменяются в противофазе и имеют противоположную полярность. С выхода парафазного усилителя напряжение подается на горизонтально отклоняющие пластины электроннолучевой трубки.

Линию развертки на экране можно смещать вправо и влево, изменяя потенциометром R_{16} величину постоянного потенциала на сетке правого (по схеме) триода лампы L_2 .

Примененные в блоке развертки сопротивления и конденсаторы имеют следующие данные: $R_1 = R_2 = 100 \text{ ком}$; $R_3 = 330 \text{ ком}$; $R_4 = 750 \text{ ком}$; $R_5 = 4,7 \text{ Мом}$; $R_6 = 1 \text{ ком}$; $R_7 = R_8 = 20 \text{ ом}$; $R_9 = R_{11} = 6,2 \text{ ком}$; $R_{10} = 1 \text{ Мом}$; $R_{11} = R_{12} = 130 \text{ ком}$; $R_{13} = 1 \text{ ком}$; $R_{15} = 1,8 \text{ Мом}$; $R_{16} = 220 \text{ ком}$; $C_1 = 0,1 \text{ мкф}$; $C_2 = 20 \text{ мкф}$ (30 в); $C_3 = 120 \text{ пф}$; $C_4 = 10 \text{ мкф}$; $C_5 = 2,5 \text{ мкф}$; $C_6 = 0,5 \text{ мкф}$; $C_7 = 0,07 \text{ мкф}$; $C_8 = 6800 \text{ пф}$; $C_9 = 910 \text{ пф}$; $C_{11} = C_{12} = 20 \text{ мкф}$ (450 в); $C_{13} = 0,05 \text{ мкф}$; $C_{14} = 200 \text{ мкф}$ (8 в).

Блок развертки смонтирован на шасси размером $230 \times 70 \times 50 \text{ мм}$ из листового алюминия толщиной 2 мм. К шасси крепится лицевая панель размером $250 \times 185 \text{ мм}$, на которой устанавливаются тумблер в цепи накала K , переключатель вида синхронизации $П_1$, сигнальная лампа L_3 , переключатель поддиапазонов $П_2$, три клеммы для подачи напряжения внешней синхронизации, потенциометры R_1 , R_5 , R_{10} и R_{16} , а также две клеммы выхода парафазного усилителя.

На задней стенке шасси установлен один октальный разъем для соединения с помощью гибкого кабеля блока развертки с блоком питания через разъем P_2 последнего.

Блок горизонтальной развертки вставляется в алюминиевый кожух, имеющий вентиляционные отверстия. Кожух изготавливается из листового алюминия толщиной 1,5 мм и имеет размеры $240 \times 150 \times 75 \text{ мм}$. В задней стенке кожуха имеется отверстие для подключения кабеля к октальному разъему.

Правильно собранный блок развертки начинает работать сразу. Налаживание его сводится к установке движка потенциометра R_3 в таком положении, при котором пилообразное напряжение получается наиболее линейным.

4. Усилитель собран по схеме, представленной на рисунке 9.

Первый каскад усилителя собран по схеме катодного повторителя на левом (по схеме) триоде лампы L_1 .

Исследуемый сигнал подается через входной конденсатор C_1 на сетку лампы. С нагрузочных сопротивлений R_2 и R_3 сигнал через конденсатор C_4 и потенциометр R_7 поступает на сетку правого (по схеме) триода лампы L_1 , на которой собран второй каскад усилителя.

После второго каскада сигнал через конденсатор C_3 поступает на вход оконечного каскада, собранного по схеме парафазного усилителя на лампе L_2 .

Полное напряжение с потенциометра R_7 подается через разъемы и соединительные кабели на вход блока горизонтальной развертки в качестве сигнала внутренней синхронизации.

Потенциометр R_{13} используется для смещения линии развертки по вертикали.

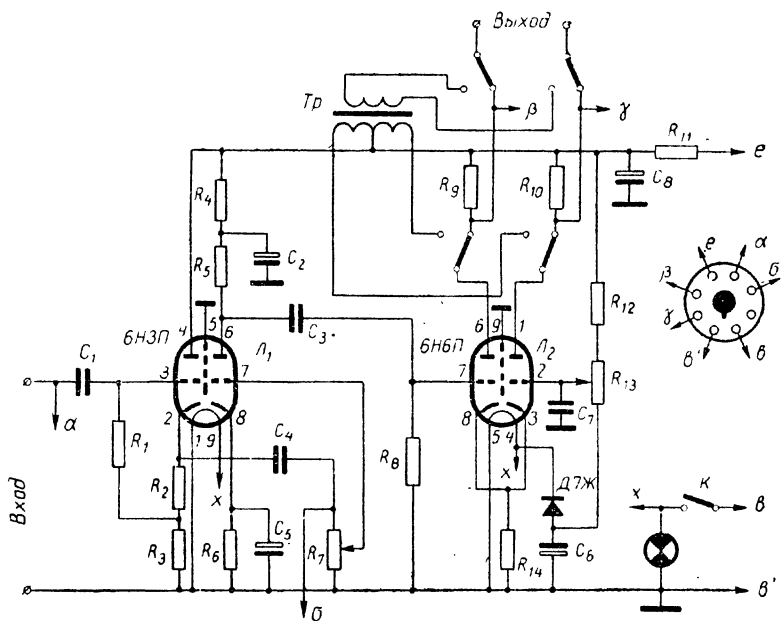


Рис. 9

Усилитель обеспечивает получение на экране осциллографа достаточного размера кривых при напряжениях исследуемого сигнала от 100 мв до 3 в. При большем напряжении исследуемого сигнала следует применять на входе делитель напряжения.

В усилителе предусмотрена возможность включения вместо нагрузочных сопротивлений R_9 и R_{10} выходного трансформатора Тр, ко вторичной обмотке которого может быть присоединена низкоомная нагрузка, например динамический громкоговоритель. Необходимые переключения в оконечном каскаде производятся с помощью двухплатного переключателя. Выходной трансформатор включается в тех случаях, когда усилитель используется не в комплекте осциллографа, а в других экспериментальных установках. При этом потенциометром R_{13} устанавливают на сетке правого триода лампы L_2 нулевой потенциал относительно шасси усилителя. Этим обеспечивается минимальное искажение усиливаемого сигнала.

Максимальная неискаженная мощность в нагрузке, подключенной через выходной трансформатор, составляет не менее 0,6 ватт.

Сопротивления и конденсаторы, используемые в схеме усилителя, имеют следующие данные: $R_1 = 10 \text{ Мом}$, $R_2 = 200 \text{ ом}$, $R_3 = 5,6 \text{ ком}$, $R_4 = 22 \text{ ком}$, $R_5 = 6,2 \text{ ком}$, $R_6 = 1,1 \text{ ком}$, $R_7 = 2,2 \text{ ком}$, $R_8 = 560 \text{ ком}$, $R_9 = R_{10} = 50 \text{ ком}$, $R_{11} = 5 \text{ ком}$,

$R_{12} = 1,8 \text{ Мом}$, $R_{13} = 220 \text{ ком}$,
 $R_{14} = 150 \text{ ом}$; $C_1 = 0,5 \text{ мкф}$, $C_2 =$
 $= 20 \text{ мкф (150 в)}$, $C_3 = 0,5 \text{ мкф}$,
 $C_4 = 4 \text{ мкф (160 в)}$, $C_5 = 10 \text{ мкф}$
 $(8 в)$, $C_6 = 200 \text{ мкф (8 в)}$, $C_7 = 0,07 \text{ мкф}$
и $C_8 = 20 \text{ мкф (450 в)}$.

Усилитель монтируется на алюминиевом шасси размером $175 \times 70 \times 50 \text{ мм}$. К шасси крепится лицевая панель размером $195 \times 140 \text{ мм}$, на которой устанавливаются тумблер K включения накала, входные и выходные клеммы, потенциометры R_7 , R_8 и R_{13} и переключатель выхода оконечного каскада. На заднюю стенку шасси выводят октальный разъем, который через кабель соединяется с разъемом P_3 на блоке электроннолучевой трубки.

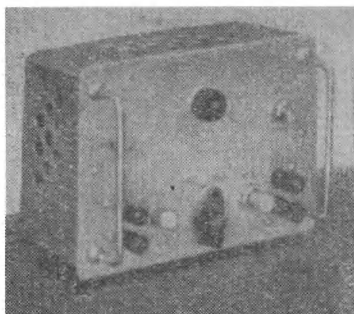


Рис. 10

Усилитель заключается в алюминиевый кожух размером $185 \times 130 \times 70 \text{ мм}$ с вентиляционными отверстиями. В задней стенке кожуха имеется отверстие для подключения кабеля к октальному разъему. Общий вид усилителя показан на рисунке 10. В корпусе осциллографа усилитель устанавливается через прямоугольный вырез, имеющийся в правой стенке (см. рис. 1).

Кожух осциллографа имеет размер $275 \times 380 \times 445 \text{ мм}$ и изготавливается из листового дюралюминия толщиной $1,5 \text{ мм}$. В его передней стенке вырезают отверстие диаметром 135 мм для трубки. Кроме того, в кожухе делают два отверстия, через которые выступают клеммы, соединенные с отклоняющими пластинами трубки, а также три прямоугольных выреза, через которые устанавливаются блок развертки, блок питания и усилитель. Задняя стенка кожуха осциллографа является съемной и имеет вырез для сетевого кабеля.

Ниже описываются некоторые опыты, проводимые с осциллографом блочной конструкции.

Свойства электронных пучков

1. *Отклонение электронного луча в магнитном поле.* Блок электроннолучевой трубки соединяют кабелем с блоком питания. Устанавливают в центре экрана трубки нефокусированное пятно (диаметр — $10\text{--}15 \text{ мм}$). Затем к трубке с разных сторон подносят прямой магнит и наблюдают смещение электронного луча.

2. *Защитное действие стального экрана.* Надевают на электроннолучевую трубку стальной экран и подносят магнит. Электронный луч не отклоняется.

3. *Магнитное управление электронным лучом.* Блок трубки соединяют с блоком питания и, сняв с трубки стальной экран, надевают на горловину трубки катушку, устройство которой показано на рисунке 11 (каждая ее секция содержит 2000 витков провода марки ПЭ-0,08). К катушке подводят постоянное напряжение через потенциометр со средней точкой. Изменяя направление и силу тока в катушке, наблюдают смещение светящегося пятна на экране.

Затем пропускают по катушке переменный ток и получают на экране линию развертки. Изменяя с помощью реостата силу тока, демонстрируют изменение длины линии развертки. При повороте

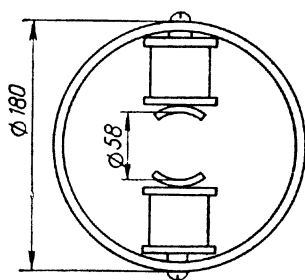


Рис. 11

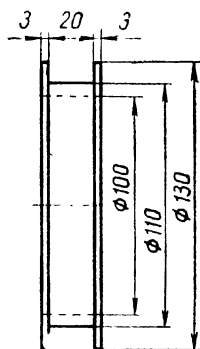


Рис. 12

катушки изменяется ориентация линии развертки относительно горизонтального направления.

4. *Фокусирующее действие магнитного поля.* Для проведения опыта изготавливают специальную катушку. Размеры каркаса катушки показаны на рисунке 12. Каркас вытачивают из оргстекла или эбонита. Намотку ведут проводом марки ПЭ-0,19 до заполнения каркаса. Катушку подключают к зажимам регулируемого напряжения блока питания и устанавливают напряжение 300 в. Затем включают блок электроннолучевой трубки и наблюдают образование на экране нефокусированного пятна. Далее надевают на горловину трубки катушку. Перемещая катушку вдоль горловины и изменяя протекающий по ней ток, добиваются фокусировки электронного луча.

5. *Действие электрического поля на электронный луч.* К электроннолучевой трубке (без стального экрана), соединенной с блоком питания, подносят с противоположных сторон две пластины, соединенные с борнами электрофорной машины. При этом можно наблюдать на экране отклонение светящегося пятна.

Действие электроннолучевой трубки и электронного осциллографа

1. *Действие регуляторов яркости и фокусировки.* Блок электроннолучевой трубки соединяют с блоком питания и демонстрируют управление яркостью и фокусировкой пятна на экране трубки.

2. *Действие отклоняющих пластин.* В установке, собранной для предыдущего опыта, вставляют в разъемы P_2 и P_3 блока электроннолучевой трубки замыкающие фишки. Затем с регулируемого выхода блока питания подают через потенциометр со средней точкой напряжение различной полярности на горизонтально отклоняющие пластины и наблюдают перемещение светящегося пятна на экране при изменении величины и полярности напряжения. Затем таким же образом демонстрируют действие вертикально отклоняющих пластин.

3. *Принцип получения горизонтальной развертки.* В установке, собранной для предыдущего опыта, подключают к зажимам горизонтально отклоняющих пластин выход простого RC -генератора на лампе тлеющего разряда (рис. 13). При малой частоте

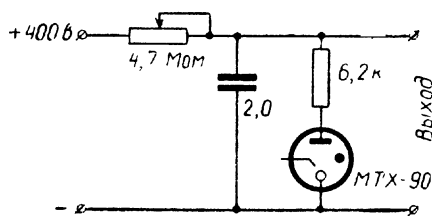


Рис. 13

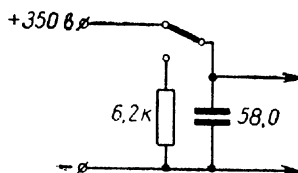


Рис. 14

релаксации наблюдают медленное смещение луча слева направо и быстрое его возвращение назад. В RC -генераторе используется промежуток катод-анод безнакального тиратрона типа МТХ-90. Это обеспечивает получение достаточно большой амплитуды пилообразного напряжения и образование линии развертки по всему диаметру экрана.

4. *Принцип получения осциллограммы.* Для проведения данного опыта удобно воспользоваться медленным процессом, например процессом зарядки и разрядки конденсатора большой емкости.

Собирают такую же установку, как для проведения предыдущего опыта. К выводам вертикально отклоняющих пластин электроннолучевой трубки подают напряжение с конденсатора, включенного по схеме, представленной на рисунке 14. При зарядке и разрядке конденсатора учащиеся наблюдают медленное движение светящегося пятна по соответствующим экспонентам.

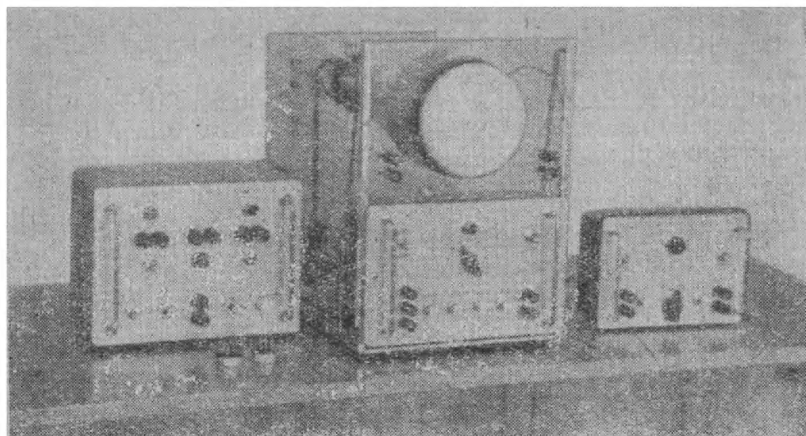


Рис. 15

5. *Получение осциллограммы синусоидального напряжения.* В установке, собранной для предыдущего опыта, плавно увеличивают частоту RC -генератора развертки до получения на экране трубки устойчивой линии развертки. Затем к зажимам вертикально отклоняющих пластин подводят напряжение от звукового генератора и получают на экране осциллограмму электрических колебаний. Обращают внимание учащихся на то, что положение осциллограммы не является устойчивым: она почти все время бежит вдоль экрана.

6. *Действие блока развертки.* К блоку питания присоединяют через разъем, установленный на его задней стенке, блок электроннолучевой трубки, а через разъем, установленный на передней стенке, — блок развертки. К зажимам горизонтально отклоняющих пластин электроннолучевой трубки присоединяют выход блока развертки, а к зажимам вертикально отклоняющих пластин — выход звукового генератора. На экране образуется бегущая осциллограмма. Затем зажимы вертикально отклоняющих пластин присоединяют к входу синхронизации блока развертки. При этом осциллограмма на экране становится устойчивой.

Отмечают, что значительные размеры осциллограммы получаются при достаточно большом напряжении сигнала (20—30 в).

7. *Действие усилителя вертикального отклонения.* К блоку питания подключаются все блоки осциллографа (рис. 15). На вход вертикального усилителя подают небольшое (до 3 в) напряжение от звукового генератора, и на экране образуется осциллограмма большой амплитуды.

Затем демонстрируют действие всех органов управления осциллографа (регулировка яркости и фокусировки, смещение осцилло-

граммы по осям X и Y , изменение частоты развертки, синхронизация).

В заключение все блоки помещают в металлический кожух и снова демонстрируют действие осциллографа.

А. М. ЧЕЛЬЦОВ

(г. Калининград Московской обл.)

ДВУХКАНАЛЬНЫЙ КОММУТАТОР НА ТРАНЗИСТОРАХ

Описываемый коммутатор применяется как приставка к электронному осциллографу и дает возможность одновременно наблюдать на экране однолучевого электронного осциллографа два процесса, что позволяет сравнивать переменные электрические напряжения по форме графика, амплитуде, фазе, частоте.

Коммутатор состоит из двух входных делителей напряжения, двух работающих на общую нагрузку ключей и генератора прямоугольных импульсов, управляющего работой ключей. Схема прибора приведена на рисунке 1.

Уровни сигналов, поступающих на входы, регулируются потенциометрами R_4 и R_5 .

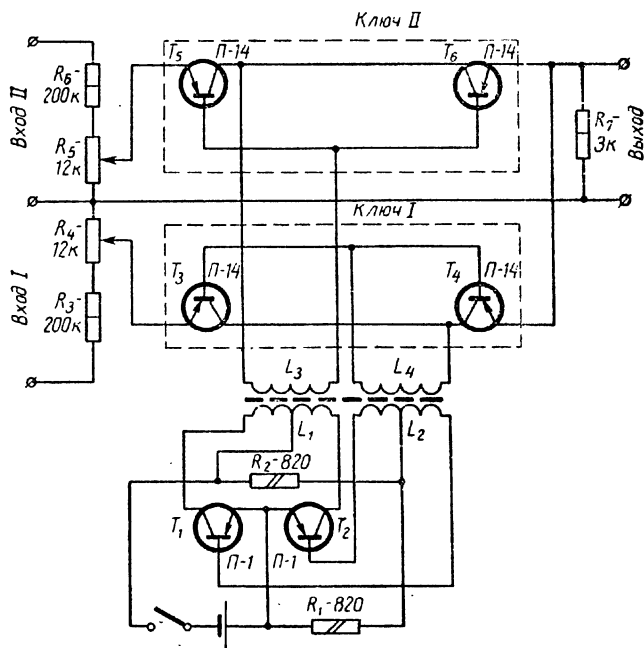


Рис. 1

Первый вход соединен с нагрузочным сопротивлением R_7 через включенные друг другу навстречу эмиттерные переходы триодов T_3 и T_4 , образующих первый ключ, а второй вход — через включенные таким же образом эмиттерные переходы триодов T_5 и T_6 , образующих второй ключ.

Когда на коллекторные переходы триодов какого-нибудь из ключей напряжение не подано, эмиттерные переходы этих триодов действуют как два включенных навстречу друг другу диода и соответствующий сигнал к нагрузочному сопротивлению не проходит. Если же на коллектор-

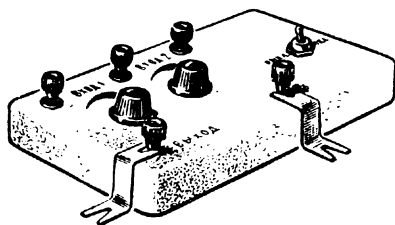


Рис. 2

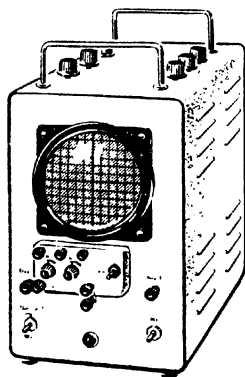


Рис. 3

ные переходы триодов ключа подается напряжение соответствующей полярности, эмиттерные переходы начинают проводить ток в обе стороны и сигнал проходит к нагрузочному сопротивлению.

Для того чтобы сигналы с обоих входов поступали к нагрузочному сопротивлению поочередно, необходимо на коллекторные переходы триодов обоих ключей подавать противофазные Π -образные переменные напряжения. Такие напряжения подаются со вторичных обмоток трансформатора блокинг-генератора, собранного по двухтактной схеме на триодах T_1 и T_2 .

Подбором величины сопротивления R_1 устанавливают частоту коммутации около 2 кГц.

Трансформатор блокинг-генератора наматывают на ферритовом кольце марки Ф-600 или Ф-1000, имеющем наружный диаметр 18 мм, внутренний диаметр 8 мм и толщину 5 мм. Намотка всех катушек ведется проводом типа ПЭЛШО-0,12. Катушки содержат следующие количества витков: L_1 — 2×10 витков, L_2 — 2×36 витков, L_3 — 30 витков, L_4 — 30 витков.

Катушки L_3 и L_4 целесообразно наматывать одновременно двойным проводом. Это обеспечивает их полную идентичность. Витки этих катушек следует расположить равномерно вдоль всего кольца сердечника.

Поверх катушек L_3 и L_4 наматывают в один слой виток к витку катушку L_1 . Наконiec поверх катушки L_1 наматывают катушку L_2 . В каждой из катушек L_1 и L_2 секции должны иметь противоположные направления намотки.

После сборки блокинг-генератора проверяют его работу, подключив одну из вторичных обмоток трансформатора к входу электронного осциллографа. На экране должна наблюдаться осциллограмма почти П-образной формы. При отсутствии генерации следует поменять местами крайние выводы катушки L_1 или L_2 .

После монтажа всего прибора испытывают его действие. Если на экране не получаются отдельные осциллограммы двух исследуемых сигналов, надо поменять местами выводы обмотки L_3 или L_4 .

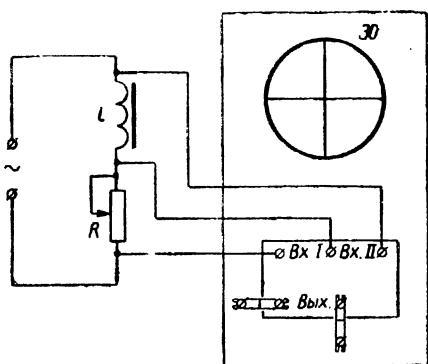


Рис. 4

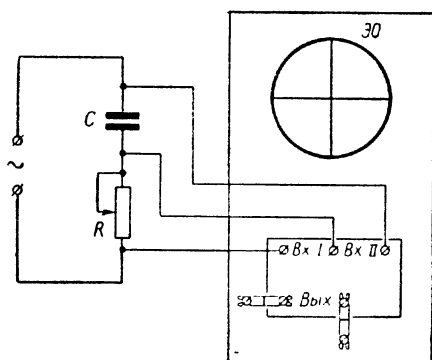


Рис. 5

Питание прибора осуществляется от одного сухого гальванического элемента типа 1,3-ФМУ-0,25. Потребляемый ток не превышает 10 *ма*.

Коммутатор монтируется в металлическом корпусе размером 120×70×25 *мм*. Общий вид прибора показан на рисунке 2. На его верхней панели размещены рукоятки входных потенциометров R_3 и R_5 , входные и выходные клеммы и тумблер включения.

Для удобства подключения коммутатора к зажимам Y-входа осциллографа применяются специальные латунные вилки.

На рисунке 3 показана установка коммутатора на школьном электронном осциллографе. На рисунке 4 приведена в качестве примера схема установки для демонстрации сдвига фаз между током в цепи и напряжением на катушке индуктивности, а на рисунке 5—схема установки для демонстрации сдвига фаз между током в цепи и напряжением на конденсаторе.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЧЕТЫРЕХКАНАЛЬНЫЙ КОММУТАТОР

Очень часто в процессе преподавания физики возникает необходимость одновременно показывать на экране однолучевого осциллографа два или три периодических процесса, имеющих равные или кратные частоты.

Примером подобной демонстрации является наблюдение разности фаз между током и напряжением на индуктивной или емкостной нагрузке в цепи переменного тока.

Применение описываемого ниже прибора в качестве приставки к электронному осциллографу дает возможность одновременно наблюдать на экране до четырех кривых.

Это достигается поочередным подключением источников исследуемых сигналов ко входу осциллографа. Схема прибора представлена на рисунке. Коммутатор состоит из четырех двухкаскадных усилителей, которые работают на общий выход (сопротивление R). Выходные каскады этих усилителей поочередно отпираются импульсами, вырабатываемыми управляющим генератором. Усилители собраны соответственно на лампах $L_{3a} - L_{5a}$, $L_{3b} - L_{5b}$, $L_{4a} - L_{6a}$, $L_{4b} - L_{6b}$. Управляющий генератор состоит из двух симметричных мультивибраторов, собранных на лампах L_1 и L_2 . Мультивибратор на лампе L_2 работает на частоте, вдвое большей частоты мультивибратора на лампе L_1 .

Входные сигналы подаются на управляющие сетки первых каскадов усилителей (лампы L_{3a} , L_{3b} , L_{4a} , L_{4b}) через потенциометры регулировки уровня сигнала R_1 , R_2 , R_3 , R_4 .

В схеме коммутатора предусмотрена возможность выделения отдельных осциллограмм путем их смещения с помощью потенциометров R_5 , R_6 и R_7 . Потенциометр R_6 позволяет смещать одну пару осциллограмм относительно другой, а потенциометры R_5 и R_7 — отдельные осциллограммы в каждой из пар.

Описываемый электронный коммутатор позволяет осуществить сложение двух сигналов, имеющих кратные или равные частоты, и наблюдать на экране осциллографа результирующую кривую двух периодических процессов. Для демонстрации сложения колебаний подключают с помощью переключателя $B\kappa_1$ или $B\kappa_2$ выходные каскады двух усилителей к одному выходу мультивибратора. При этом на общем сопротивлении нагрузки усилителей выделяется падение напряжения, равное сумме падений напряжения, создаваемых двумя усиленными сигналами.

Переключатель конденсаторов мультивибраторов позволяет установить одну из трех фиксированных частот коммутации.

Два входа коммутатора имеют переходные конденсаторы, пропускающие только переменные составляющие исследуемых сигна-

Схема коммутатора не критична к номинальным значениям деталей. В ней применяются сопротивления и конденсаторы с допуском по номинальным значениям $\pm 20\%$. Однако работа прибора во многом зависит от качества полупроводниковых диодов. Рекомендуется использовать полупроводниковые диоды типа Д2Е с обратным сопротивлением не менее $0,5 \text{ Мом}$.

В приборе используются шесть двойных триодов типа 6Н8С.

С помощью электронного коммутатора и осциллографа могут быть проведены следующие демонстрации:

1. Наблюдение фазовых сдвигов в сложных цепях, содержащих активное, индуктивное и емкостное сопротивления.

2. Сравнение амплитудного и эффективного значений переменного напряжения.

3. Процессы при выпрямлении переменного тока.

4. Сравнение колебаний несущей и звуковой частот при радиопередаче; наблюдение модулированных колебаний и сравнение формы модулированных колебаний с формой модулирующего сигнала

5. Сложение колебаний.

6. Напряжения отдельных фаз трехфазной системы.

М. И. ГРИНБАУМ

(г. Москва)

ЗВУКОВОЙ ГЕНЕРАТОР

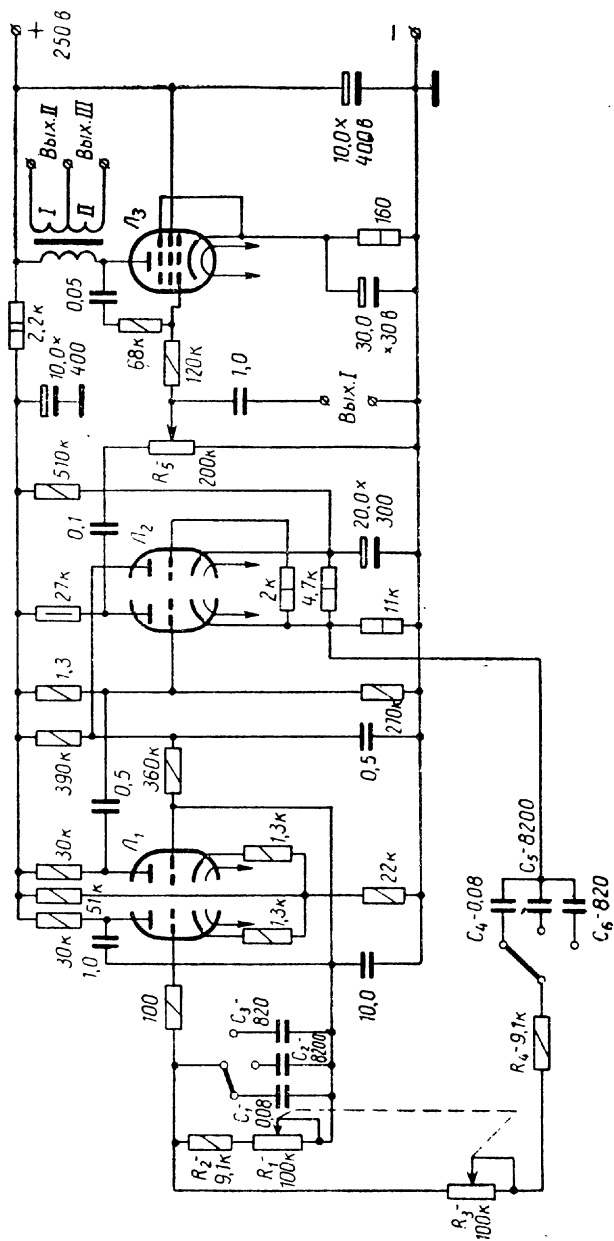
Описываемый прибор позволяет получать синусоидальные колебания звуковой частоты в пределах от 20 гц до 20 кгц . Весь диапазон частот звукового генератора разбит на три поддиапазона: $20 - 200 \text{ гц}$; $200 \text{ гц} - 2 \text{ кгц}$; $2 - 20 \text{ кгц}$. Схема прибора приведена на рисунке.

Прибор состоит из задающего генератора, предконечного усилителя, выходного каскада и стабилизатора амплитуды.

Задающий RC-генератор собран на лампе L_1 типа 6Н3П (двойной триод). Он представляет собой двухкаскадный избирательный усилитель с положительной обратной связью.

Переход от одного поддиапазона частот к другому осуществляется путем переключения конденсаторов C_1, C_2, C_3 и C_4, C_5, C_6 . В пределах же каждого поддиапазона частота регулируется переменными сопротивлениями R_1 и R_3 , ползунки которых механически связаны с общей осью (сдвоенное переменное сопротивление).

Предоконечный каскад усиления собран на левом (по схеме) триоде лампы L_2 типа 6Н3П, а оконечный каскад — на лампе L_3 типа 6П9. Стабилизатор амплитуды работает на правом (по схеме) триоде лампы L_2 .



Прибор имеет три выхода. Выход предоконечного каскада (Вых. I) предназначен для подключения высокоомной нагрузки (более 50 *ком*). С помощью потенциометра R_5 напряжение на этом выходе регулируется в пределах от 0 до 30 *в*.

Два других выхода являются низкоомными. Они выполнены через выходной трансформатор оконечного каскада. Один из них рассчитан на подключение нагрузки сопротивлением 4 *ом*, а другой — нагрузки сопротивлением 12 *ом*. Выходная мощность — 3 *вт*.

В основном прибор собирается из готовых деталей. Самодельными являются шасси, выходной трансформатор и лимб установочной частоты.

Выходной трансформатор наматывается на сердечнике из трансформаторных пластин типа Ш-20; толщина набора — 35 *мм*. Первичная обмотка содержит 3000 витков провода типа ПЭ-0,15, вторичная обмотка I — 95 витков провода типа ПЭ-0,86, а вторичная обмотка II — 290 витков провода типа ПЭ-0,31.

Шасси изготавливается из листового алюминия. На лицевую панель прибора, кроме лимба плавной регулировки частоты, выводятся ручки переключателя поддиапазонов и регулировки усиления, зажимы для подключения нагрузки и зажимы питания.

Питание генератора осуществляется от выпрямителя, обеспечивающего ток 100 *ма* при напряжении 250—300 *в*.

Прибор не требует предварительной наладки и после выполнения монтажа, как правило, сразу начинает работать. Границы поддиапазонов и всего диапазона в целом устанавливаются подбором величин сопротивлений R_2 и R_4 . На их место можно сначала включить переменные сопротивления и, подобрав нужные границы изменения частоты задающего генератора, заменить их постоянными сопротивлениями соответствующей величины.

Шкалу прибора лучше всего градуировать, пользуясь измерителем частоты типа ИЧ-1. При отсутствии такого измерителя частоты градуировку можно произвести с помощью осциллографа и другого звукового генератора, имеющего шкалу частот. В этом случае поступают следующим образом. Выключают генератор горизонтальной развертки осциллографа и подают на X-вход сигнал от одного звукового генератора, а на Y-вход — от другого. Изменяя частоту градуируемого генератора, добиваются образования на экране фигуры Лиссажу в виде эллипса, окружности или прямой. При этом частоты обоих генераторов одинаковы. Повторяя эти операции при различных частотах эталонного генератора, наносят деления и оцифровку на шкале градуируемого генератора.

С помощью описанного звукового генератора можно провести ряд основных демонстраций по акустике, свойствам переменного тока и другим вопросам школьного курса физики.

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ГЕНЕРАТОР

Ультразвуковой генератор, схема и конструкция которого описываются в настоящей статье, работает в трех диапазонах ультразвуковых частот: 15 — 25 кГц; 750—1050 кГц; 10—18 МГц.

Генератор собран на двойном тетроде типа ГУ-32 или ГУ-29 по двухтактной схеме с настраиваемым колебательным контуром и емкостной обратной связью (рис. 1). Колебательный кон-

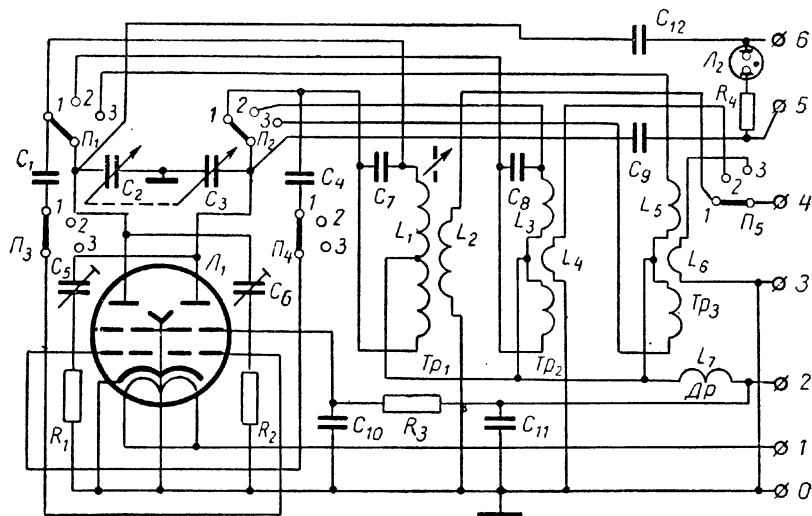


Рис. 1

тур образуется блоком конденсаторов переменной емкости C_2 и C_3 и катушками индуктивности L_1 (для первого диапазона), L_2 (для второго диапазона) и L_3 (для третьего диапазона). На первом и втором диапазонах параллельно конденсатору переменной емкости включаются конденсаторы постоянной емкости C_7 и C_8 соответственно. Настройка генератора на нужную частоту во втором и третьем диапазонах производится при помощи конденсатора переменной емкости. В первом диапазоне колебательный контур настраивается путем перемещения в катушке L_1 ферритового сердечника; при этом ротор блока переменной емкости устанавливается в определенном положении, отмеченном на шкале частот красной точкой.

Обратная связь осуществляется через полупеременные подстроечные конденсаторы C_5 и C_6 . В первом диапазоне параллель-

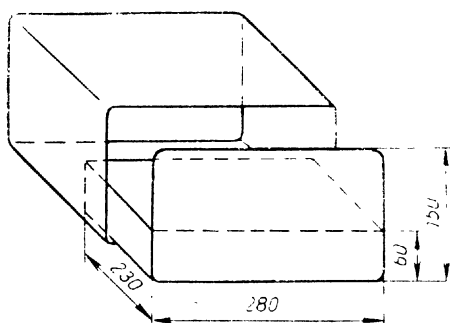


Рис. 2

но этим конденсаторам подключаются конденсаторы постоянной емкости C_1 и C_4 . Сопротивления R_1 и R_2 обеспечивают необходимые напряжения смещения на управляющих сетках лампы. Напряжение на экранную сетку (300 в) поступает через гасящее сопротивление R_3 , образующее, кроме того, совместно с конденсатором C_{10} сглаживающий фильтр. Анодное на-

пряжение подается через фильтр, состоящий из дросселя Dr и конденсатора C_{11} ; этот фильтр блокирует источник анодного питания по высокой частоте.

Генератор имеет два выхода — низковольтный (клеммы 3 и 4) и высоковольтный (клеммы 5 и 6). Низковольтный выход предназначен для подключения магнитострикционного излучателя (ферритового или никелевого), а высоковольтный — для подключения кварцевого излучателя. Напряжение на клеммах 3—4 составляет 100—200 в.

Неоновая лампочка L_2 является индикаторной.

Генератор монтируется на алюминиевом шасси размером $280 \times 230 \times 150$ мм,двигающемся в корпус, который изготавливается из листового алюминия толщиной 1,5 мм (рис. 2).

Самодельными деталями генератора являются высокочастотные трансформаторы и дроссель. Катушки высокочастотного трансформатора Tr_1 наматываются на общем каркасе, склеенном из нескольких слоев бумаги и пропитанном парафином (рис. 3). Наружный диаметр каркаса — 40 мм, длина — 150 мм. Внутри каркаса с помощью двух картонных дисков с центральными отверстиями укреплена картонная трубка с внутренним диаметром 12 мм и длиной 150 мм. Она служит направляющей для феррито-

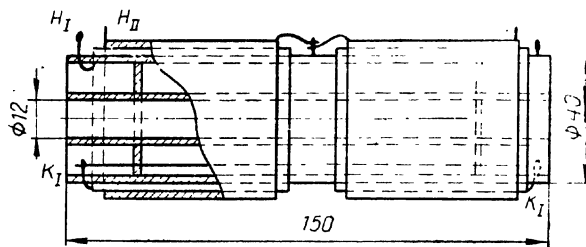


Рис. 3

вого стержня. Катушка L_1 состоит из двух секций по 320 витков медного провода диаметром 0,3 мм в эмалированной изоляции; она наматывается в два слоя, которые изолируются друг от друга слоем бумаги. Секции имеют взаимно противоположные направления намотки. Концы секций соединяются между собой проводником, который служит средним выводом катушки. Всю обмотку L_1 покрывают лакотканью, поверх которой наматывают катушку L_2 (100 витков медного провода диаметром 0,7 мм в эмалированной изоляции).

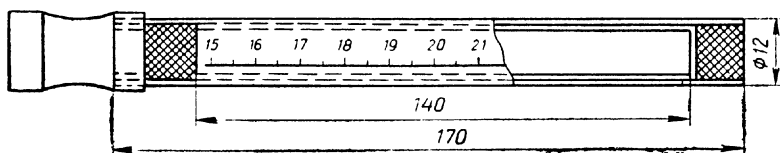


Рис. 4

Настроечный ферритовый стержень (рис. 4) для удобства вставляется в стеклянную трубку с наружным диаметром 12 мм и длиной 170 мм. Между стеклянной трубкой и ферритовым стержнем помещают бумажную ленту с делениями. Положение стержня в трубке фиксируется резиновыми пробками. На один конец стеклянной трубки надевают отрезок резиновой трубки, закрытый снаружи пробкой. Это ручка ферритового сердечника. При градуировке генератора в первом диапазоне (например, по частоте типа ИЧ-6) составляют градуировочный график, на котором по оси абсцисс откладывают частоты, а по оси ординат — деления по шкале стержня.

Высокочастотный трансформатор диапазона средних ультразвуковых частот (Tr_2) также наматывается на каркасе, склеенном из нескольких слоев бумаги и пропитанном парафином. Диаметр каркаса — 50 мм, а длина — 150 мм. Витки катушки L_4 располагаются между секциями катушки L_3 (рис. 5). Каждая из секций катушки L_3 содержит 37 витков провода типа ПЭЛ диа-

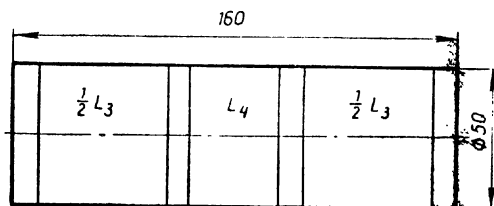


Рис. 5

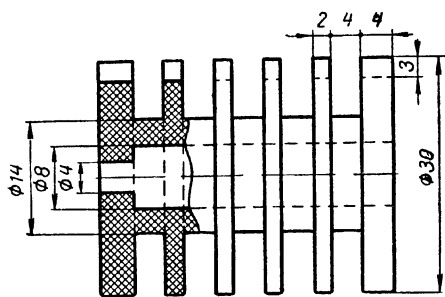


Рис. 6

метром 1,2 мм, а катушка L_4 — 18 витков провода типа ПЭЛ диаметром 1,5 мм.

Высокочастотный трансформатор Tr_3 наматывается на керамическом каркасе диаметром 40 мм проводом диаметром 2 мм. Каждая секция катушки L_5 содержит 6 витков, а катушки L_6 — четыре витка. Намотка ведется с шагом 3 мм.

Каркас для анодного дросселя L_7 вытачивается из гетинакса или аналогичного изоляционного материала. Его форма и размеры показаны на рисунке 6. В каждый из пяти пазов каркаса наматывается внавал 150 витков провода диаметром 0,25 — 0,30 мм в эмаливой изоляции.

Конденсаторы и сопротивления имеют следующие данные: $C_2 = C_3 = 12 \div 495$ нф, $C_1 = C_4 = C_7 = C_9 = C_{11} = C_{12} = 10\,000$ нф, $C_8 = 200$ нф, $C_{10} = 0,5$ мкф, $C_5 = C_6 = 25$ нф, $R_1 = R_2 = 120$ ком, $R_3 = 5,4$ ком (остеклованное), $R_4 = 62$ ком.

При монтаже генератора следует на провода анодных и сеточных цепей надеть кембриковые трубки.

Смонтированный генератор начинает работать сразу же без предварительной наладки. О работе генератора можно судить по свечению неоновой лампочки.

Режим симметричной работы тетродов генераторной лампы достигается подстройкой полупеременных конденсаторов обратной связи C_5 и C_6 . Для этого переключатель устанавливается в положение второго диапазона, а к выходу генератора (клеммы 3 и 4) подключается стрелочный электроизмерительный прибор или электронный осциллограф. Один из полупеременных конденсаторов устанавливается приблизительно в среднее положение. Тогда вращением подвижной части второго конденсатора добиваются максимальной отдачи на выходе генератора. Это заметно по отклонению стрелки прибора или увеличению амплитуды кривой на экране осциллографа.

Генератор позволяет получить колебания, по форме близкие к синусоидальным.

В качестве источника питания используется школьный кенотронный выпрямитель типа ВК-3.

При проведении многих опытов генератор можно питать переменным напряжением 350—400 в, которое подают от соответствующего трансформатора или автотрансформатора.

В качестве излучателя в первом диапазоне ультразвуковых частот используются ферритовые стержни, предназначенные для

магнитных антенн радиоприемников (магнитная проницаемость $\mu = 600$).

Основная частота f собственных упругих колебаний стержня длиной l определяется по формуле

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

где E — модуль упругости в дин/см^2 , ρ — плотность материала стержня в г/см^3 .

Учитывая, что $\sqrt{\frac{E}{\rho}}$ есть скорость звука v в данном материале излучателя, можно записать:

$$f = \frac{v}{2l}.$$

Отсюда необходимая для получения заданной частоты колебаний (при работе на основной частоте) длина стержня определяется так:

$$l = \frac{v}{2f}.$$

Данные, необходимые для расчета никелевых и ферритовых стержней магнитострикционных излучателей, приводятся в таблице:

| Материал | Модуль упругости E (дин/см^2) | Плотность ρ (г/см^3) | Скорость звука v (см/сек) |
|----------|---|---|---|
| Никель | $21 \cdot 10^{11}$ | 8,9 | $4,76 \cdot 10^5$ |
| Феррит | $12,5 \cdot 10^{11}$ | 4,7 | $5,15 \cdot 10^5$ |

Для проведения школьных опытов целесообразно приготовить два ферритовых стержня. Длина одного должна соответствовать резонансной частоте 15 — 16 кГц , а второго — 20 — 22 кГц . Произведя расчет, получают для первого стержня длину 16 см , а для второго — 12,5 см . Стержень свободно вставляется в катушку возбуждения и удерживается в ней с помощью резиновых прокладок (рис. 7).

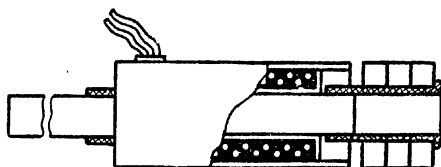


Рис. 7

Обмотка катушки возбуждения магнитострикционного излучателя наматывается на каркас из текстолита или гетинакса, выточенный на токарном станке (рис. 8); она содержит 150 витков эмалированного провода диаметром 0,65 мм .

Для получения большей амплитуды колебаний следует применить подмагничивание магнитострикционного стержня. С этой

целью его помещают в постоянное магнитное поле, которое создается тремя кольцевыми керамическими магнитами. Эти магниты насаживаются на конец магнитострикционного стержня и удерживаются на нем при помощи резиновой втулки.

В ряде опытов бывает необходимо фокусировать ультразвуковые волны. Для этого нами применяется акустическая линза, изготавливаемая из оргстекла (рис. 9). Радиус кривизны вогнутой

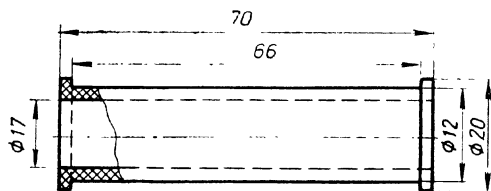


Рис. 8

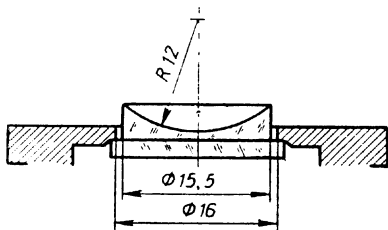


Рис. 9

сферической поверхности линзы — 12 мм, диаметр — 15,5 мм, а минимальная толщина — 0,2 мм. Уплотняющей средой между излучателем и линзой служит технический вазелин.

С помощью описанного прибора можно демонстрировать явление кавитации, ультразвуковой фонтан, принципы применения ультразвука для очистки поверхностей, дегазации жидкостей, лужения и пайки алюминия, размерной обработки твердых тел и др.

В. Ю. КЛИХ
(г. Житомир)

ЭЛЕКТРОННЫЙ СЕКУНДОМЕР

Описанный в данной статье секундомер позволяет измерять малые промежутки времени в следующих пяти диапазонах: 0—15 сек, 0—1,5 сек, 0—0,15 сек, 0—0,015 сек и 0—0,0015 сек. Указателем времени служит встроенный микроамперметр на 400 мка или школьный демонстрационный гальванометр на такой же номинальный ток. Для подключения демонстрационного гальванометра в схеме прибора предусмотрены специальные зажимы «Г». Указатель должен иметь равномерную шкалу на 15 делений. Электрическая схема секундомера приведена на рисунке 1. На транзисторе T_1 типа П401 и колебательном контуре I собран по трехточечной схеме генератор высокой частоты. В коллекторную цепь транзистора через разделительный конденсатор C_3 включен колебательный контур II, собственная частота которого отличается от собственной частоты контура I и может изменяться.

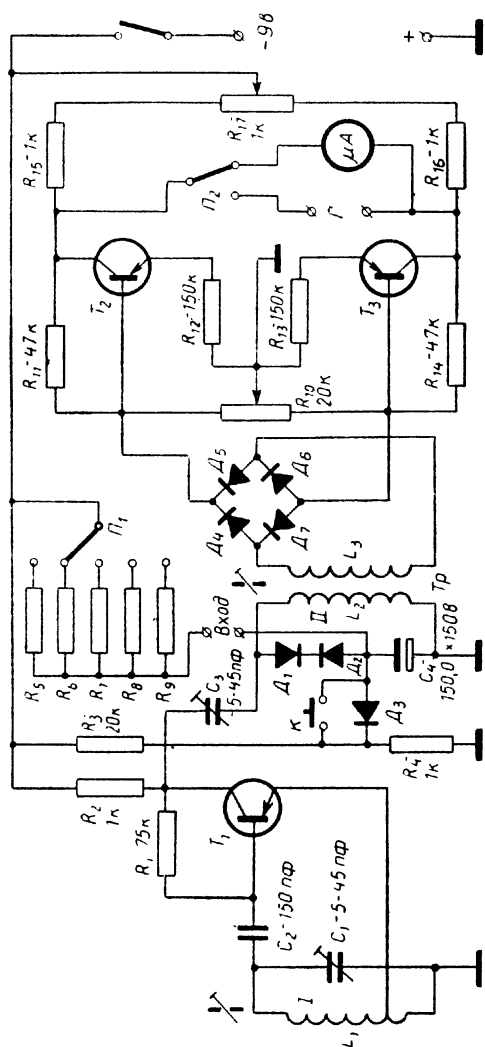


Рис. 1

Этот колебательный контур состоит из катушки индуктивности L_2 и емкости p - n -перехода диода D_2 типа Д809 (такой же марки берется диод D_3), на который с конденсатора C_4 подается напряжение в заперном направлении. От величины напряжения зависит емкость p - n -перехода, а стало быть, и собственная частота колебательного контура II. Емкость конденсатора C_4 на собственную частоту колебательного контура II не влияет, поскольку она велика (150 мкф) в сравнении с емкостью p - n -перехода.

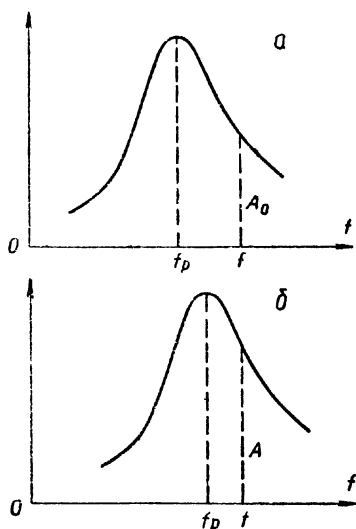


Рис. 2

С делителя напряжения, образованного сопротивлениями R_3 и R_4 , подается через диод D_3 типа Д103 на конденсатор C_4 небольшое начальное напряжение (0,5 в). Соответствующее этому напряжению соотношение между частотой f колебаний, вырабатываемых генератором, и резонансной частотой f_p колебательного контура II показано на рисунке 2, а. (Благодаря начальному напряжению рабочая точка оказывается смещенной на почти прямой участок резонансной кривой, чем обеспечивается равномерность шкалы прибора.)

Если же конденсатор C_4 зарядить до большего напряжения, то емкость p - n -перехода диода D_2 уменьшится, а резонансная частота колебательного контура увеличится (рис. 2, б). При этом увеличится также амплитуда вынужденных колебаний в колебательном контуре II ($A > A_0$).

Дополнительная зарядка конденсатора C_4 происходит от источника питания прибора через одно из сопротивлений $R_5 - R_9$ и контактное устройство, подключаемое к зажимам «Вход» и обеспечивающее замыкание зарядной цепи на измеряемый промежуток времени. В зависимости от длительности последнего конденсатор заряжается до большего или меньшего напряжения, что приводит к большему или меньшему увеличению амплитуды вынужденных электрических колебаний в контуре II.

Таким образом, амплитуда колебаний тока в катушке L_2 оказывается практически прямо пропорциональной времени зарядки конденсатора C_4 , т. е. измеряемому промежутку времени. Переход с одного диапазона измерения времени на другой осуществляется переключением сопротивлений $R_5 - R_9$ при помощи переключателя $П_1$.

Описанная часть схемы представляет собой измерительный датчик времени, вырабатывающий электрический сигнал, уровень которого прямо пропорционален длительности измеряемого промежутка времени. Остальная часть схемы служит для измерения уровня этого сигнала.

За счет колебаний тока в катушке L_2 индуцируется переменная э.д.с. в катушке L_3 высокочастотного трансформатора. Далее сигнал выпрямляется с помощью мостикового выпрямителя, собранного на диодах $D_4 - D_7$ типа Д2Б. С нагрузочного потенциометра R_{10} он поступает на эмиттерные переходы триодов T_2 и T_3 типа МП41, на которых собрана мостовая схема измерителя постоянного тока. Ввиду того что управляющие токи в эмиттерных цепях триодов T_2 и T_3 имеют противоположные направления, коллекторный ток одного триода увеличивается, а другого уменьшается.

Возникающая при этом разность потенциалов между коллекторными выводами триодов (благодаря наличию в коллекторных цепях нагрузочных сопротивлений R_{15} и R_{16}) создает ток через указатель.

Величина этого тока прямо пропорциональна измеряемому промежутку времени.

Указатель (гальванометр) продолжает показывать величину измеренного промежутка времени и после истечения последнего и размыкания цепи зарядки конденсатора C_4 . Это объясняется тем, что конденсатор C_4 сохраняет заряды на своих обкладках, не разряжаясь через диод D_3 , включенный в заперном направлении, и сопротивление R_4 . Также не может этот конденсатор разрядиться через катушку индуктивности L_2 и диод D_2 . Однако вследствие наличия у диодов D_2 и D_3 некоторой проводимости в заперном направлении конденсатор C_4 все же с течением времени разряжается, хотя и очень медленно. Стрелка гальванометра сползает по шкале на одно деление за 20 мин. Таким образом, показания прибора держатся достаточно устойчиво и долго.

Для сброса показаний достаточно нажать на кнопку K . Конденсатор C_4 быстро разряжается через сопротивление R_4 до начального напряжения, и стрелка гальванометра переходит на нулевое деление шкалы.

Настройка контура I производится при помощи триммера C_1 и ферритового сердечника, который можно перемещать в катушке L_1 , а настройка контура II — при помощи ферритового сердечника, перемещающегося в катушке L_2 .

Стрелку указательного прибора (микроамперметра или демонстрационного гальванометра) устанавливают на нулевое деление, регулируя уровень сигнала при помощи триммера C_3 и перемещая ползун потенциометра R_{10} .

Предельный ток в цепи гальванометра устанавливается подбором величины сопротивления R_3 при времени зарядки конденса-

тора C_4 в 15 сек (контролируется по спортивному секундомеру или секундной стрелке часов).

Сопротивления R_6 , R_7 , R_8 и R_9 берутся меньшими сопротивления R_5 соответственно в 10, 100, 1000 и 10 000 раз. В отрегулированном нами образце электронного секундомера эти сопротивления имеют следующие значения: $R_5 = 620 \text{ ком}$, $R_6 = 62 \text{ ком}$, $R_7 = 6,2 \text{ ком}$, $R_8 = 620 \text{ ом}$, $R_9 = 62 \text{ ом}$. При этих значениях сопротивлений максимальное напряжение на конденсаторе C_4 в каждом из диапазонов составляет всего 1 в.

Ввиду изменения напряжения на диоде D_2 в узких пределах (от 0,5 до 1 в) соответствующее изменение емкости p - n -перехода

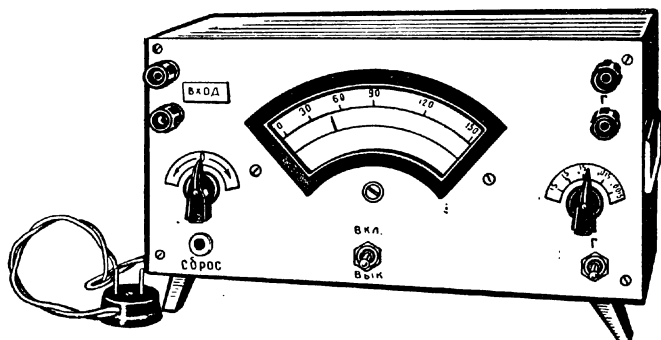


Рис. 3

происходит по линейному закону. Это является важным условием равномерности шкалы прибора.

Катушка L_1 содержит $(30 + 50)$ витков провода ПЭЛШО-0,1, катушка L_2 — 80 витков провода ПЭЛШО-0,1, а катушка L_3 — 25 витков провода ПЭЛШО-0,2.

Катушка L_3 наматывается поверх катушки L_2 .

Питание прибора осуществляется от выпрямителя или батареи гальванических элементов на 9 в.

Общий вид прибора показан на рисунке 3. На его передней панели установлены: зажимы «Вход»; зажимы «Г», предназначенные для подключения школьного демонстрационного гальванометра; микроамперметр; потенциометр R_{10} , предназначенный для установки прибора на нуль; кнопка K , предназначенная для сброса показаний (помечена надписью «Сброс»); тумблер включения питания (помечен надписями «Вкл» и «Выкл»); переключающий тумблер P_2 , с помощью которого выход прибора подключается к встроенному микроамперметру или к зажимам «Г».

Опыты, в которых с помощью секундомера измеряются промежутки времени в несколько секунд или десятые доли секунды, общеизвестны. Поэтому приводим описание лишь нескольких опытов, в которых измеряются весьма малые промежутки времени,

исчисляемые сотыми, тысячными или десятитысячными долями секунды.

1. *Измерение времени соударения двух шаров.* Установка для проведения этого опыта схематически представлена на рисунке 4. Два одинаковых стальных шара диаметром 2—3 см подвешены на тонких гибких проводниках (провод ЛЭШО-5 $\times \times 0,07$). Концы проводников присоединяются к входным зажимам секундомера. Цепь зарядки конденсатора C_4 будет замкнута в течение времени соударения шаров, и секундомер, работающий в диапазоне «0,0015 сек», этот промежуток времени зафиксирует.

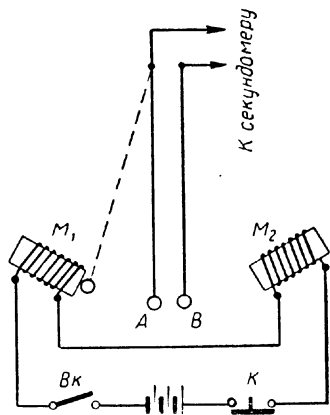


Рис. 4

Для удобства проведения демонстрации в установку введены электромагниты M_1 и M_2 , питаемые от аккумуляторной батареи.

Во время демонстрации замыкают тумблер «Вк». Шар А подводят к электромагниту M_1 . При кратковременном нажатии на кнопку K электромагнит M_1 отпускает шар А, который после соударения с шаром В останавливается; шар В отскакивает вправо и захватывается электромагнитом M_2 .

Записав показания секундомера и сбросив их, повторяют опыт. Снова нажимают на кнопку K . Шар В освобождается и, ударившись о шар А, останавливается. Шар А при этом отскакивает и захватывается электромагнитом M_1 . Секундомер снова регистрирует время соударения шаров. Из нескольких таких измерений вычисляют среднее арифметическое значение времени соударения.

Перед демонстрацией поверхность шаров следует очистить мелкой наждачной бумагой.

В одном из проведенных нами опытов время соударения шаров оказалось равным 0,0009 сек.

Если вместо шаров со входом секундомера соединить гибкими проводами молоток и наковальню, можно измерять время удара и в этом случае.

2. *Определение скорости распространения ударной волны (скорости звука).* Применяя электронный секундомер, можно на уроке при помощи несложных лабораторных установок измерять время прохождения ударной волны в металле, воздухе, воде и определять скорость звука в этих средах. Для измерения скорости звука в металле собирают установку, схематически показанную на рисунке 5.

Металлический стержень C длиной 1,5—2 м с хорошо отшлифованными торцами закрепляется посередине на стойке прибора. С одной стороны в торец стержня упирается ударный контакт

K_1 . Другого торца стержня касается легкий откидной контакт K_2 . Если оттянуть жесткую пружину контакта K_1 и отпустить ее, то после удара вход секундомера будет замкнут и начнется счет времени. Когда же ударная волна достигнет противоположного торца стержня, контакт K_2 будет откинут и цепь разомкнется. Счет времени прекратится. Таким образом, секундомер фиксирует время прохождения ударной волной всей длины стержня.

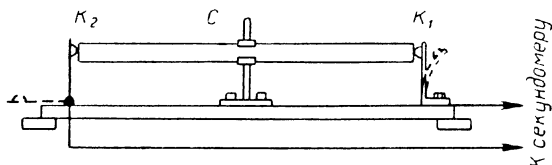


Рис. 5

Разделив длину стержня на это время, находим скорость звука в стержне.

Скорость звука в воздухе и воде определяется на установке, показанной на рисунке 6. Укрепленная на подставке металлическая или стеклянная труба T длиной 60—80 см и диаметром 6—8 см затянута с торцов резиновыми мембранами, к которым

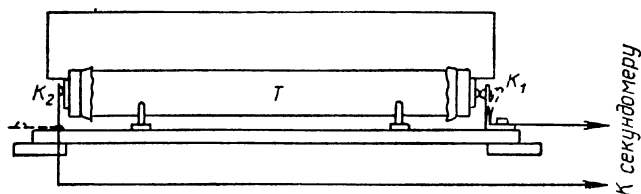


Рис. 6

приклеиваются контактные пластины (со стороны ударного контакта K_1 — латунный диск диаметром 5 см с напаянным контактом, а со стороны откидного контакта K_2 — диск из фольги). Обе контактные пластины соединяются между собой гибким проводом. При ударе контакта K_1 по мембране ударная волна пробегает от одного конца трубы к другому и отбрасывает откидной контакт K_2 . Секундомер регистрирует время прохождения ударной волной по воздуху пути, равного длине трубы. Разделив длину трубы на это время, находят скорость звука в воздухе.

Для того чтобы измерить скорость звука в воде, трубу T заполняют водой.

Получаемые результаты отличаются от табличных значений скорости звука не более чем на 10%.

3. Измерение времени срабатывания реле. На рисунке 7 представлена схема для измерения времени срабатывания размыкающих контактов реле.

В этой схеме, кроме испытуемого реле P_1 , используется вспомогательное реле P_2 с двумя парами одновременно замыкающихся контактов ($1KP_2$ и $2KP_2$). Ключом «Вк» замыкают цепь катушки реле P_2 . Когда это реле срабатывает, его контакты $1KP_2$ замыкают цепь катушки испытуемого реле P_1 . Одновременно контакты $2KP_2$, замыкаясь, пускают секундомер. Когда же сработает реле P_1 ,

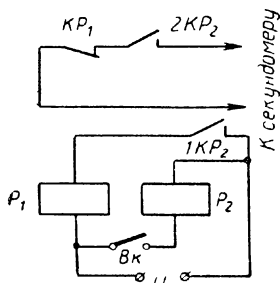


Рис. 7

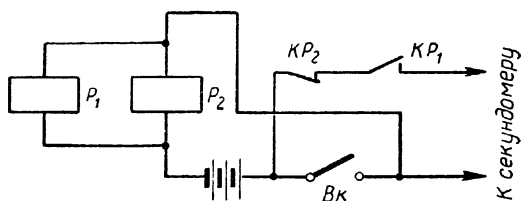


Рис. 8

его контакты KP_1 размыкаются и счет времени прекращается. Секундомер, таким образом, фиксирует время срабатывания реле P_1 . Если нет уверенности в том, что контакты $1KP_2$ и $2KP_2$ срабатывают одновременно, следует в схеме поменять эти контакты местами и повторить измерение, а затем вычислить среднее арифметическое результатов обоих измерений.

Измерить время срабатывания замыкающих контактов реле можно, используя вспомогательное реле с размыкающими контактами и достаточно большим временем срабатывания, большим времени срабатывания испытуемого реле.

Сначала описанным выше способом определяют время срабатывания вспомогательного реле. Затем собирают установку по схеме, представленной на рисунке 8 (P_1 — испытуемое реле, P_2 — вспомогательное реле). Ключом «Вк» замыкают цепь питания обмоток обоих реле. Через некоторое время сработает испытуемое реле P_1 ; его контакты KP_1 замкнутся и пустят в ход секундомер. Затем сработает вспомогательное реле P_2 . Контакты KP_2 разомкнутся, и счет времени прекратится. Секундомер зафиксирует промежуток времени, равный разности между временем срабатывания вспомогательного реле и временем срабатывания испытуемого реле. Поэтому, вычтя зафиксированный секундомером промежуток времени из ранее определенного времени срабатывания вспомогательного реле, находим время срабатывания испытуемого реле.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Преобразователь предназначен для преобразования постоянного напряжения 6 в в переменное напряжение от 5 до 400 в и постоянное напряжение от 5 до 850 в.

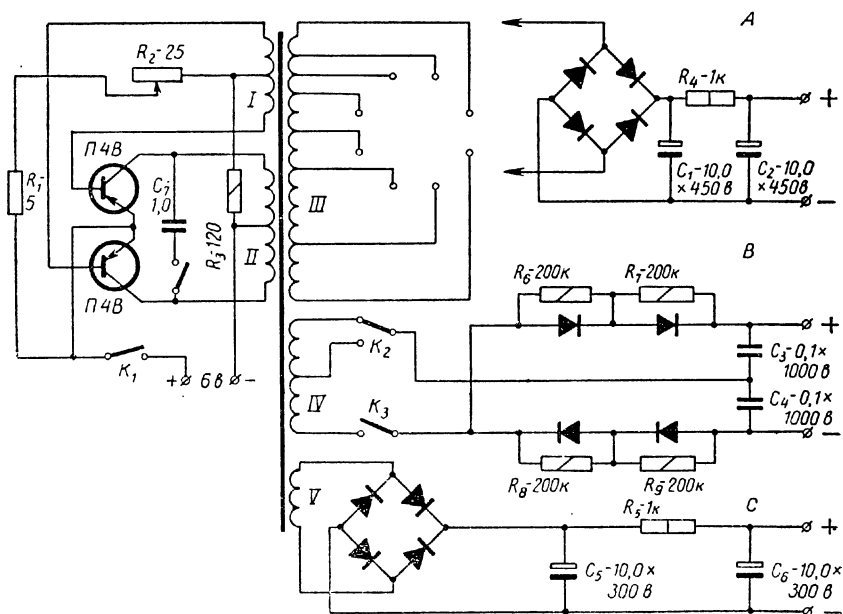
Источником питания для преобразователя может служить батарея из пяти последовательно соединенных щелочных аккумуляторов типа НКН-10.

Преобразователь позволяет осуществлять питание установок для опытов, выясняющих свойства переменного тока, некоторых опытов по акустике, ряда опытов с электронными лампами, по фотоэффекту, электропроводности ионизированного воздуха и др.

Выходная мощность преобразователя около 6 вт при коэффициенте полезного действия 50—60%.

Принципиальная схема преобразователя приведена на рисунке. Прибор представляет собой сочетание блокинг-генератора, работающего на двух транзисторах типа П4В, с тремя выпрямителями.

Трансформатор преобразователя имеет сердечник, набираемый из пермалоевых пластин. Площадь поперечного сечения сердечника — 1,5 см². Сердечник трансформатора можно также на-



брать из пластин трансформаторной стали типа Ш-18; толщина пакета — 16 мм.

Обмотки трансформатора имеют следующие данные: обмотка I — 2×9 витков провода ПЭЛ-0,6; обмотка II — 2×17 витков провода ПЭЛ-0,6; обмотка III — $(15 + 30 + 90 + 180 + 180 + 420 + 240)$ витков провода ПЭЛШО-0,15; обмотка IV — $(780 + 220)$ витков провода ПЭЛШО-0,1; обмотка V — 300 витков провода ПЭЛ-0,15.

Выходы обмотки III подведены к ножкам октальной ламповой панельки $П_2$. С гнезд панельки переменное напряжение с помощью двух проводов, оконцованных штекерами, подается на вход выпрямителя А, собранного по мостовой схеме на полупроводниковых диодах типа Д7Ж.

Выпрямитель В собран по схеме удвоения напряжения также на диодах типа Д7Ж.

Выпрямитель С работает по мостовой схеме на диодах типа Д7Д.

Сопротивления R_1 и R_2 проволочные.

При подключении конденсатора C_7 частота колебаний, генерируемых блокинг-генератором, уменьшается скачкообразно. Плавную регулировку рабочей частоты преобразователя можно производить путем изменения сопротивления реостата R_2 .

Преобразователь монтируется в фанерном ящике размером $230 \times 160 \times 160$ мм. Перегородкой ящик разделен на две части. В одной из них монтируется сам преобразователь, а в другой помещается аккумуляторная батарея типа 5НКН-10, служащая источником питания.

Необходимо тщательно следить за правильностью подключения аккумуляторной батареи. Если будет допущена ошибка в полярности, то преобразователь неминуемо выйдет из строя вследствие порчи транзисторов.

Собранный преобразователь обычно начинает работать сразу. Если же прибор не работает, то следует поменять местами концы обмотки I или обмотки II.

Переменные напряжения на выводах обмотки III имеют следующие значения: на 15 витках — 5 в, на 45 витках — 15 в, на 135 витках — 45 в, на 315 витках — 105 в, на 495 витках — 165 в, на 915 витках — 300 в, на 1155 витках — 400 в. Эти напряжения можно снимать с гнезд ламповой панельки при проведении опытов на переменном токе.

Постоянное напряжение на выходе выпрямителя В составляет около 850 в. При отключении части витков тумблером K_2 напряжение снижается до 600 в.

На выходе выпрямителя С получается постоянное напряжение около 120 в.

Отметим, что переменное сопротивление R_2 позволяет регулировать не только рабочую частоту преобразователя, но и потреб-

ляемый им ток и отдаваемую мощность. Максимальную мощность преобразователь отдает при полностью выведенном сопротивлении.

Выходная мощность преобразователя не превышает 6 *вт*. При перегрузках происходит срыв колебаний мультивибратора и преобразователь перестает действовать.

После устранения перегрузки преобразователь вновь начинает работать вполне нормально.

М. И. ГРИНБАУМ

(г. Москва)

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ К ШКОЛЬНОМУ ГАЛЬВАНОМЕТРУ

Схема прибора представлена на рисунке 1. В ней предусмотрены переключения, обеспечивающие возможность применения усилителя при исследовании цепей с различными сопротивлениями. Эти переключения осуществляются с помощью четырехклатного галетного переключателя на три положения, помеченные на панели прибора знаками «0», «500» и « ∞ ».

Положение «0» соответствует нулевому значению входного сопротивления; при этом коэффициент усиления равен 200—250 (в зависимости от параметров транзисторов).

В положении «500» входное сопротивление усилителя имеет величину порядка 500 *ом*, а коэффициент усиления равен 120—150.

В положении « ∞ » входное сопротивление значительно больше 500 *ом*, а коэффициент усиления прибора имеет величину порядка 1000.

Во всех трех случаях сопротивление нагрузки должно составлять 400 *ом*; такое сопротивление имеет школьный демонстрационный гальванометр последнего выпуска.

Питание прибора осуществляется от батареи для карманного фонаря (типа КБС-Л-0,5); одной батареи хватает на 70—100 ч непрерывной работы усилителя.

Схема усилителя, соответствующая установке переключателя в положение «0», показана на рисунке 2. Она состоит из двух балансных каскадов. Схема первого балансного каскада представлена на рисунке 3.

В цепь базы левого (по схеме) транзистора включен потенциометр, с помощью которого осуществляется балансировка каскада — выравнивание потенциалов точек a_1 и a_2 при отсутствии сигнала на входе.

Важной особенностью данной схемы является то, что изменение напряжения источника питания не нарушает балансировку.

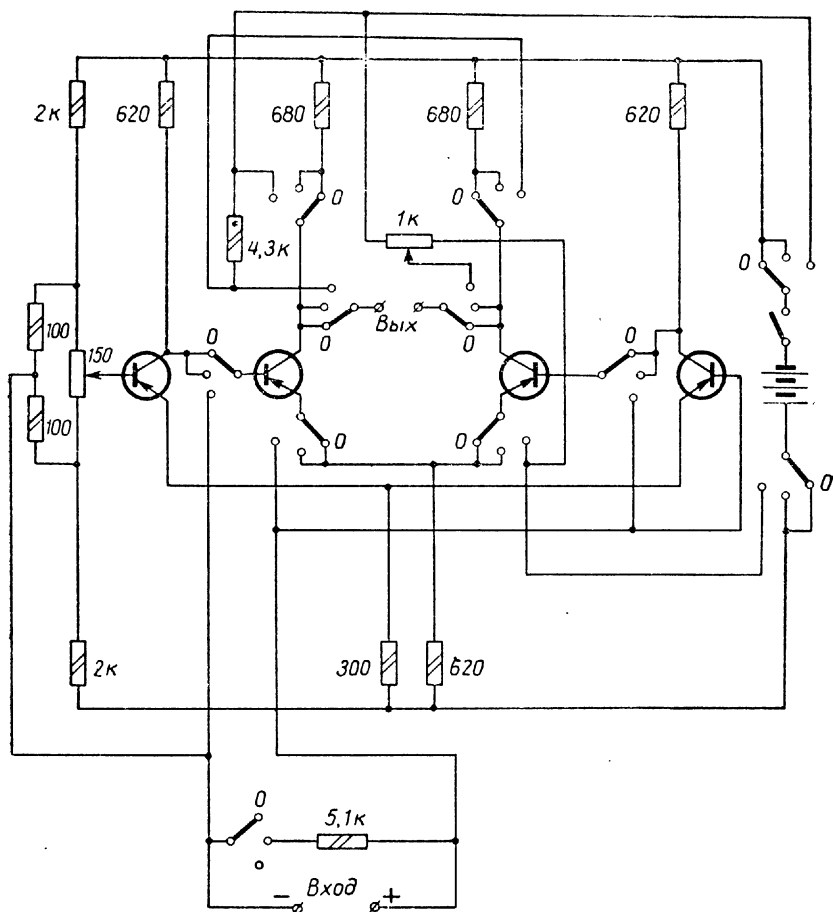


Рис. 1

При поступлении на зажимы «Вход» усиливаемого напряжения балансировка нарушается и за счет разности потенциалов между точками a_1 и a_2 возникает ток через подключенный к этим точкам прибор.

Для получения достаточно высокого коэффициента усиления сигнал с выхода первого балансного каскада подается на вход второго каскада, построенного по такой же схеме. Нагрузкой второго каскада служит гальванометр (см. рис. 2).

При переводе переключателя в положение «500» (на рисунке 1 — средние контакты переключателя) к входу рассмотренной схе-

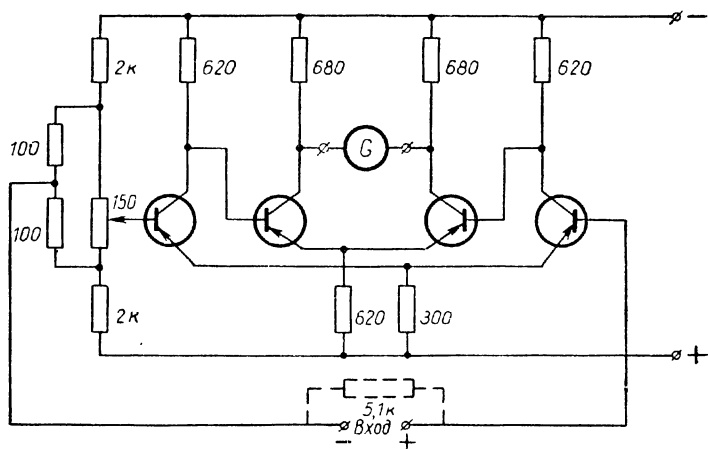


Рис. 2

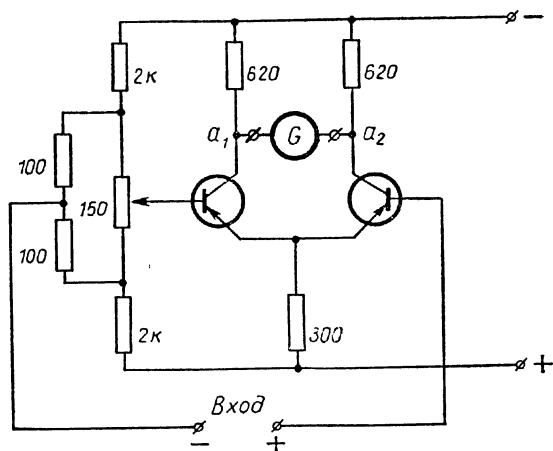


Рис. 3

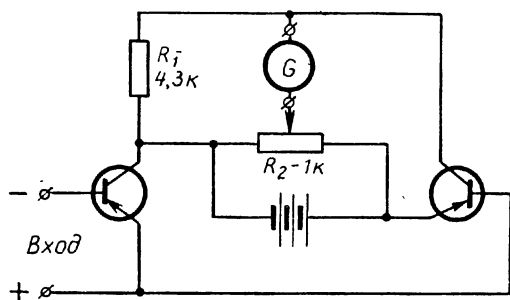


Рис. 4

мы присоединяется шунтирующее сопротивление на 5,1 ком. В остальном эта схема остается без изменений.

После установки переключателя в положение «∞» усилитель работает по двухкаскадной схеме, представленной на рисунке 4. Нулевое значение тока через гальванометр при отсутствии сигнала на входе в этом случае устанавливают с помощью потенциометра R_2 .

Во всех трех случаях шкала прибора остается линейной и дополнительной градуировки не требует.

При пользовании усилителем надо следить за правильной полярностью подключения источника питания и гальванометра.

Внешний вид усилителя показан на рисунке 5.

Ниже приводятся примеры использования усилителя при проведении опытов.

1. *Явление электромагнитной индукции.* Ручка переключателя ставится в положение «0» и к входным зажимам подключают гибкий провод длиной 1 м. Пересекая проводником магнитный поток дугообразного магнита, наблюдают отклонение стрелки гальванометра, указывающее на появление в цепи индукционного тока; при этом можно определить его направление.

2. *Действие терморпары.* Установив ручку переключателя в положение «0», подключают к входным зажимам усилителя терморпару и нагревают ее спай пальцами руки. При этом стрелка гальванометра отклоняется приблизительно до середины шкалы.

3. *Опыты с термостолбиком.* Ручка переключателя ставится в положение «500». К входу присоединяют демонстрационный термостолбик. Если к термостолбику поднести руку на расстоянии 0,5—1 м, то стрелка гальванометра отклонится на 3—4 деления. Если же перед термостолбиком на расстоянии 2—3 м поместить зажженную спичку, то стрелка прибора отклонится на всю шкалу.

Можно также обнаружить инфракрасное излучение в спектре белого света. Для этого следует перемещать спай термостолбика вдоль спектра. В области, лежащей за красной полосой спектра, отклонение стрелки будет максимальным.

Для обнаружения инфракрасного излучения помещают электрический паяльник или утюг на расстоянии 1 м от термостолбика

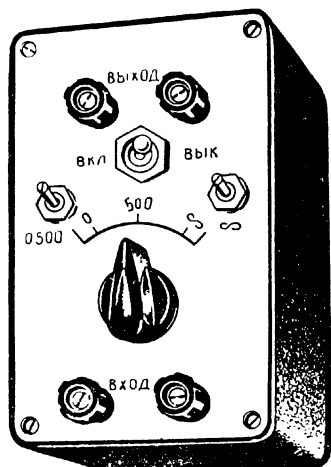


Рис. 5

и наблюдают постепенное увеличение отклонения стрелки гальванометра по мере прогрева этих приборов.

4. *Демонстрация фототока и его зависимости от освещенности.* Ручка переключателя вида работы усилителя ставится в положение « ∞ ». К входу усилителя подключают вакуумный фотоэлемент типа СЦВ-4, который освещают проекционным фонарем. Последовательно с лампой фонаря включают реостат на 200—250 *ом*. При включении фонаря наблюдается слабый фототок, обусловленный начальной скоростью фотоэлектронов. По мере увеличения накала лампы сила фототока растет. При полном накале лампы стрелка гальванометра отклоняется на всю шкалу.

Если в цепь фотоэлемента подать регулируемое напряжение, можно показать увеличение фототока насыщения с увеличением освещенности фотокатода или же построить несколько графиков изменения фототока в зависимости от напряжения между электродами фотоэлемента при различной освещенности. Источником напряжения могут служить две-три соединенные последовательно батарейки от карманного фонаря. Величина напряжения регулируется потенциометром (переменное сопротивление типа ВС-0,25 на 220 *ком*).

5. *Демонстрация фототока в воздухе.* Применение усилителя позволяет воспроизвести опыт Столетова. К входным зажимам усилителя присоединяют цинковую амальгамированную пластину и медную сетку; последовательно включают источник тока напряжением 250 *в*. Если направить сквозь сетку на цинковую пластинку пучок света от электрической дуги, то при расстоянии между электродами 6—8 *мм* стрелка гальванометра отклоняется больше чем на половину шкалы.

6. *Измерение энергии фотоэлектронов методом тормозного напряжения.* Установка для проведения опыта собирается по схеме, приведенной на рисунке 6. Источником тока служит аккумулятор или гальванический элемент (напряжение — 1,5—2 *в*). Потенциометр имеет сопротивление 100—120 *ом*. Напряжение

измеряется школьным демонстрационным вольтметром, для чего к нему подбирают дополнительное сопротивление такой величины, чтобы стрелка отклонялась на всю шкалу при напряжении 1,5 *в*. Опыт проводится с вакуумным фотоэлементом типа СЦВ-4. Переключатель на усилителе устанавливают в положение « ∞ ».

Сначала устанавливают ползун потенциометра в крайнее правое (по схеме) положение, закрывают фотоэлемент светонепроницаемым колпаком и, поворачивая ручку потен-

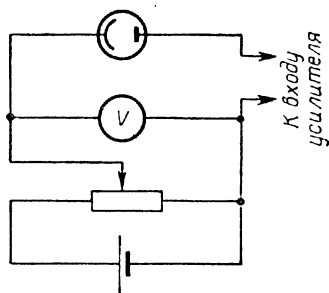


Рис. 6

циометра R_2 (см. рис. 4), добиваются нулевого тока в цепи подключенного к выходу усилителя гальванометра.

Затем фотоэлемент открывают и направляют на него от проекционного фонаря через светофильтр монохроматический пучок света. В цепи фотоэлемента возникает ток.

Постепенно увеличивая с помощью потенциометра величину отрицательного потенциала, подаваемого на анод фотоэлемента, добиваются уменьшения фототока до нуля. При этом записывают показания вольтметра.

Из уравнения $\frac{mv^2}{2} = eU$ находит максимальную скорость вылета фотоэлектронов, соответствующую длине волны монохроматического пучка данного света. Повторяя опыт несколько раз при различных светофильтрах (например, желтом, зеленом, синем), получают результаты, показывающие, что с увеличением частоты световой волны увеличивается скорость вылета фотоэлектронов.

Нами получены для тормозного напряжения следующие данные: при желтом светофильтре $U = 0,15$ в, при зеленом $U = 0,6$ в, а при синем $U = 1,1$ в. Учитывая, что работа выхода электронов для сурьмяноцезиевого фотокатода равна $1,95$ эв, можно легко показать, что полученные данные довольно хорошо согласуются со средними значениями энергии квантов для используемых участков спектра ($2,06$ эв; $2,5$ эв; $2,9$ эв).

На опыте можно показать, что, хотя изменение накала лампы проекционного фонаря ведет к изменению фототока, тормозное напряжение, прекращающее фототок, от освещенности фотоэлемента не зависит.

Пользуясь усилителем к школьному гальванометру, можно демонстрировать зависимость фототока насыщения от освещенности фотокатода, зависимость тока в цепи фотосопротивления от освещенности и ряд других опытов, требующих измерения слабых токов.

В заключение отметим, что перед переводом переключателя усилителя из одного положения в другое необходимо предварительно тумблером разомкнуть цепь питания прибора.

М. И. ГРИНБАУМ
(г. Москва)

ЭЛЕКТРОННЫЙ СТРОБОСКОП

Для целого ряда демонстраций в курсе физики средней школы применяется метод стробирования, т. е. освещение быстропротекающих повторяющихся процессов вспышками света, частота которых совпадает или близка к частоте повторения изучаемых явлений.

Предлагаемый электронный стробоскоп позволяет получать вспышки импульсной лампы типа ИФК-120 с частотой от 10 до 1080 *гц*.

Схема электронного стробоскопа приведена на рисунке.

Прибор состоит из мультивибратора, собранного на лампе типа 6Н8С, импульсного генератора на тиратроне типа ТГ1-0,1/1,3, зарядного устройства на лампе типа 6ПЗС и стабилизатора напряжения из двух последовательно соединенных стабилизаторов типа СГ-4С.

Мультивибратор имеет пять диапазонов частоты: 10—20 *гц*; 20—40 *гц*; 40—120 *гц*; 120—360 *гц* и 360—1080 *гц*. Переключение диапазонов производится двухплатным переключателем на пять положений. Плавная регулировка частоты в пределах каждого диапазона осуществляется переменным сопротивлением.

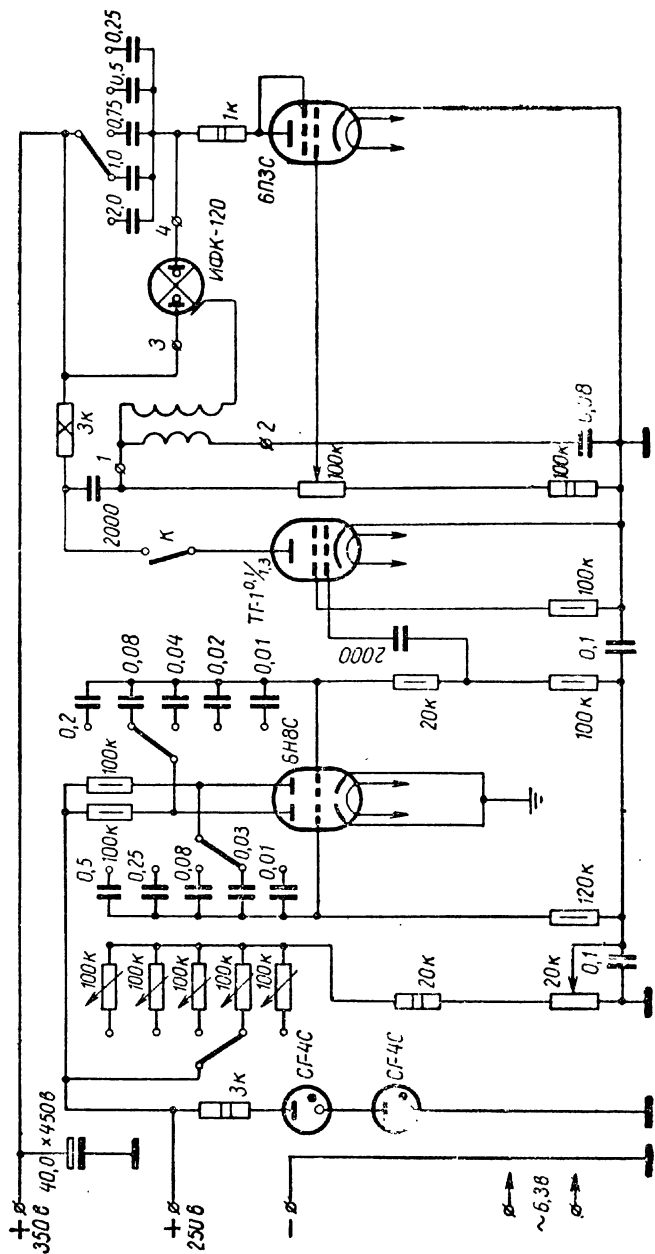
Положительные пики напряжения, образовавшиеся в результате дифференцирования импульсов, вырабатываемых мультивибратором, на цепочке, состоящей из переходной емкости и сопротивления, поступают на сетку тиратрона и открывают его. Конденсатор, включенный в анодную цепь тиратрона, разряжается через тиратрон и первичную обмотку импульсного трансформатора, создавая высоковольтные импульсы напряжения на вторичной обмотке. Эти импульсы и обеспечивают вспышку при разряде через лампу одного из накопительных конденсаторов.

Зарядное устройство обеспечивает быструю зарядку накопительных конденсаторов. Питание прибора производится от школьного кенотронного выпрямителя.

Прибор монтируется на угловой панели. На шасси располагаются лампы, конденсаторы и монтажная плата с сопротивлениями. На передней панели укрепляется потенциометр плавной регулировки частоты с лимбом настройки, переключатель диапазонов и тумблер для включения питания тиратрона. Для точной установки заданной частоты импульсов лимб настройки приводится во вращение через фрикционный замедлитель с соотношением 1 : 16.

В качестве импульсного трансформатора можно использовать индукционную катушку системы зажигания двигателя внутреннего сгорания. При отсутствии такой индукционной катушки импульсный трансформатор может быть изготовлен так.

На эбонитовый каркас длиной 20 *мм* и диаметром 7 *мм* наматывают две обмотки. Первичная обмотка содержит 30 витков провода типа ПЭЛ диаметром 0,69 *мм*, а вторичная — 2000 витков провода типа ПЭШО диаметром 0,06 *мм*. Обмотки изолируются друг от друга пятью слоями лакошелка или трубкой из органического стекла с толщиной стенок 1—2 *мм*. Намотанный трансформатор помещают в бумажный футляр и заливают парафином так, чтобы толщина слоя парафина была не менее 6 *мм*. Крепится импульсный трансформатор на пластинке из органического стекла



при помощи скобы, согнутой из полоски органического стекла.

Импульсная лампа ИФК-120 с помощью скобочек укрепляется на пластинке из органического стекла и устанавливается в рефлекторе от лампы-вспышки или самодельном рефлекторе. При этом импульсный трансформатор размещают в ручке рефлектора.

С помощью четырехштырькового разъема и планга с четырьмя проводами, монтируемого в разрыв точек, помеченных на схеме номерами 1, 2, 3 и 4, рефлектор с лампой и импульсным трансформатором соединяется со схемой прибора.

Градуировку шкал частот прибора можно произвести с помощью измерителя частоты типа ИЧ-5 или с помощью звукового генератора и осциллографа с электронным коммутатором. Шкалы располагаются таким образом, чтобы ближе к оси лимба были расположены деления более низких частот, а к периферии лимба частоты на шкалах диапазонов возрастали. В приборе предусмотрена точная подгонка частот с помощью переменных сопротивлений, подключаемых переключателем диапазонов, а также поддержание при изменении частоты неизменной средней освещенности объектов за счет изменения емкости накопительных конденсаторов.

Рассмотрим несколько демонстраций с применением электронного стробоскопа.

1. *Демонстрация образования стоячей волны.* К молоточку укрепленного в лапке штатива электрического звонка, с которого предварительно снимают звонковую чашку, привязывают шелковый белый шнур диаметром 5 мм и длиной 1,5 м. Второй конец шнура закрепляют в другом штативе. Высота шнура над столом — 0,5—0,7 м.

Изменяя расстояние между штативами, добиваются, чтобы на длине шнура укладывалось 5—6 полуволн. За шнуром устанавливают черный экран. Рефлектор с лампой стробоскопа располагают на уровне крышки демонстрационного стола так, чтобы свет от лампы падал на шнур снизу под углом примерно 45° .

Постепенно увеличивая частоту повторения вспышек, можно наблюдать, что при сближении частот вибратора и генератора стробоскопа видимое перемещение частиц шнура становится все медленнее и наконец прекращается. Соответствующим подбором частоты следования стробирующих вспышек добиваются, чтобы полное смещение частиц шнура продолжалось 3—5 сек. При этом очень удобно наблюдать расположение узлов и пучностей стоячей волны и можно заметить, что в некоторые моменты времени все частицы шнура располагаются на одной прямой.

2. *Демонстрация закона путей при свободном падении.* На высоте 1 м над столом укрепляют капельницу, из которой крупные капли падают почти с постоянной частотой. Такую капельницу можно сделать из широкой двугорлой склянки. Через пробки, закрывающие горла склянок, пропускают стеклянные трубки. Одну

из трубок опускают до дна; она служит в качестве вентиляционной, а вторую (короткую) соединяют резиновой трубкой с наконечником, имеющим узкий оттянутый конец с внутренним диаметром 3 мм. На соединительную трубку надевают винтовой зажим, с помощью которого регулируют скорость вытекания жидкости. Чем шире сосуд, из которого вытекает вода, т. е. чем медленнее меняется высота столба жидкости в сосуде, тем стабильней будет частота падения капель. Жидкость в сосуде подкрашивают чернилами для авторучки.

Установив определенную частоту падения капель, освещают их светом стробирующих вспышек. При этом лампу следует расположить таким образом, чтобы рефлектор не закрывал падающих капель от учащихся. Медленно изменяя частоту вспышек, можно подобрать ее равной частоте отрыва капель. Тогда будет казаться, что капли висят в воздухе неподвижно. Измерив линейкой расстояние между несколькими соседними каплями, можно показать, что пути, проходимые каплями за равные промежутки времени, пропорциональны последовательным нечетным числам натурального ряда.

3. Колебания камертона. Закрепив камертон в лапке штатива, возбуждают его и освещают стробирующими вспышками. Если частоту вспышек подобрать близкой к собственной частоте камертона, будет казаться, что ножки камертона движутся медленно, и можно будет наблюдать распределение узлов и пучностей.

Кроме описанных выше опытов, с помощью электронного стробоскопа можно поставить еще много различных опытов: опыты с волновой ванной, наблюдение стоячих волн, образующихся на звучащих струнах, наблюдение сгущений воздуха в звуковой волне от мощного громкоговорителя и т. п.

А. А. СЫРОМЯТНИКОВ

(г. Бердянск)

ПРИБОРЫ ДЛЯ ЗАПИСИ МЕХАНИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ

Изучать законы кинематики и динамики удобно путем исследования записи механического движения. В известных способах записи движения используются периодические процессы, с помощью которых на том или ином теле отсчета наносятся метки, фиксирующие через равные промежутки времени положение движущегося тела.

Новые возможности для более точной записи механического движения дает применение импульсной электрической дуги переменного тока.

Импульсная электрическая дуга

Принципиальная электрическая схема установки для получения импульсной электрической дуги приведена на рисунке 1 (Tr_1 — трансформатор на 220/2000 в, 40 вт; R_1 — сопротивление 100 ком; R_2 — реостат на 20 ом, 10 а; C_1 — конденсатор емкостью 0,01 мкф на рабочее напряжение 3000 в; C_2 — конденсатор емкостью 0,25 мкф на рабочее напряжение 400 в; Tr_2 — трансформатор с ферритовым сердечником, первичная обмотка которого L_1 содержит 15 витков провода типа ПЭЛ диаметром 2 мм, а вторичная

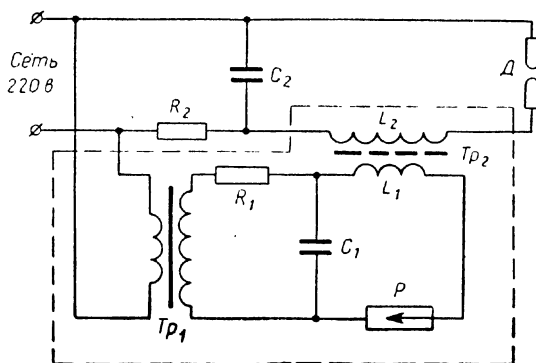


Рис. 1

обмотка L_2 — 150 витков провода типа ПЭЛ диаметром 0,6 мм; D — металлические электроды дуги; P — искровой разрядник).

Электроды дуги разводятся на 2—3 мм.

Для обеспечения возможности периодического зажигания дуги при разведенных электродах в схему введен искровой генератор электрических колебаний высокой частоты (на рисунке он обведен пунктирной линией).

В течение первой половины каждого полупериода конденсатор C_1 заряжается через повышающий трансформатор Tr_1 до напряжения, которое пробивает воздушный промежуток между электродами разрядника P . В момент пробоя в контуре $L_1 C_1$ возникают электрические колебания, которые передаются в цепь дуги, где в воздушном промежутке между электродами D происходит ионизация воздуха и проскакивает высокочастотная искра. Вслед за этим зажигается дуговой разряд, который гаснет при снижении мгновенного значения напряжения в сети до 30—40 в.

Конденсатор C_2 предотвращает попадание высокочастотных колебаний в питающую сеть. Дуговой разряд прерывается и вновь появляется 100 раз в секунду.

Сопротивление R_2 служит для ограничения тока дуги.

Практика использования импульсной дуги в школьном физическом эксперименте показывает, что частота дуги должна составлять 10, 20 и 50 гц. Такие частоты можно получить, введя в схему вместо простого искрового разрядника P специальный коммутатор (рис. 2), состоящий из распределителя K и переключателя Π . Электрод I распределителя укреплен на валу синхронного двигателя, вращающегося со скоростью 10 об/сек. Вокруг вращающегося электрода расположены неподвижные электроды: пять по вершинам правильного пятиугольника (электроды 2, 3, 4, 5, 6) и один (электрод 7) — диаметрально противоположно электроду 2. Если переключатель Π установить, как показано на рисунке, то каждому обороту двигателя будет соответствовать лишь одна искра (10 вспышек в секунду). Следующему положению переключателя, когда ламель t будет касаться контакта b , а ламель n — контакта a , соответствуют две вспышки за каждый оборот двигателя (20 вспышек в секунду). Наконец установив переключатель так, чтобы ламель t касалась контакта c , а ламель n — контакта b , получают пять вспышек за оборот (50 вспышек в секунду).

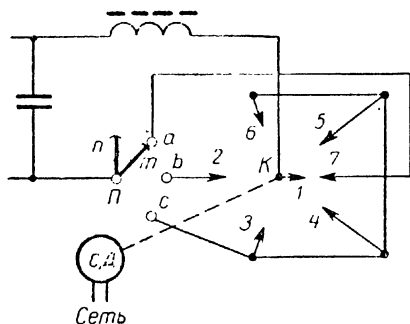


Рис. 2

Если между электродами дуги протягивать бумажную ленту с некоторой скоростью, то на ней образуются прожоги в виде круглых отверстий диаметром 0,2—0,5 мм. Величина отверстий зависит от силы тока дуги, сорта бумаги и скорости движения ленты. Отрезки пути между прожогами определяются с точностью до 1 мм.

Время движения, соответствующее участку ленты между какими-нибудь двумя прожогами, определяется по формуле

$$t = Tn,$$

где T — период, через который повторяются вспышки дуги, а n — количество отмеченных дугой отрезков на данном участке ленты.

Запись движения обычно длится несколько десятых долей секунды. За это время частота тока практически остается неизменной. Поэтому ошибка в определении времени не превышает 0,001 сек.

Применение импульсной дуги позволяет сравнительно легко осуществлять синхронизацию начала движения с началом записи.

Важно и то, что этим методом можно записывать движение тел одновременно на нескольких листах бумаги и, таким образом, получать раздаточный материал для учащихся.

Прибор для записи прямолинейного движения

Устройство прибора показано на рисунке 3. На деревянном основании 1, имеющем установочные винты 2, укреплена стойка 3 высотой 60 см. На верхнем конце стойки укреплена металлическая скоба 4, несущая обойму с блоком 5 и электромагнитный тормоз, состоящий из сердечника электромагнита 6, катушки 7, якоря 8, пружины 9 и упорной планки 10.

При отсутствии тока в катушке нить за счет силы упругости пружины зажата между якорем и упорной планкой. Когда же по катушке течет ток, якорь притягивается к сердечнику и нить освобождается.

Железные электроды дуги ввертываются в резьбовые каналы П-образной текстолитовой колодки 11, которая крепится к основанию прибора снизу.

Дуга соединяется последовательно с катушкой электромагнитного тормоза. Ток к прибору подводится с выходных зажимов генератора импульсной дуги через клеммы, установленные на основании. Большая сила тока в цепи электрической дуги обеспечивает быстрое срабатывание электромагнитного тормоза и освобождение нити практически одновременно с началом вспышки дуги.

Якорь тормоза должен иметь малую массу; это также будет способствовать быстрому срабатыванию.

Изучение свободного падения тел. Бумажную ленту длиной примерно 60 см и шириной 2 см пропускают между электродами дуги. Верхний конец ленты зажимают в тормозе между якорем и упорной планкой, а к нижнему концу подвешивают груз (рис. 4).

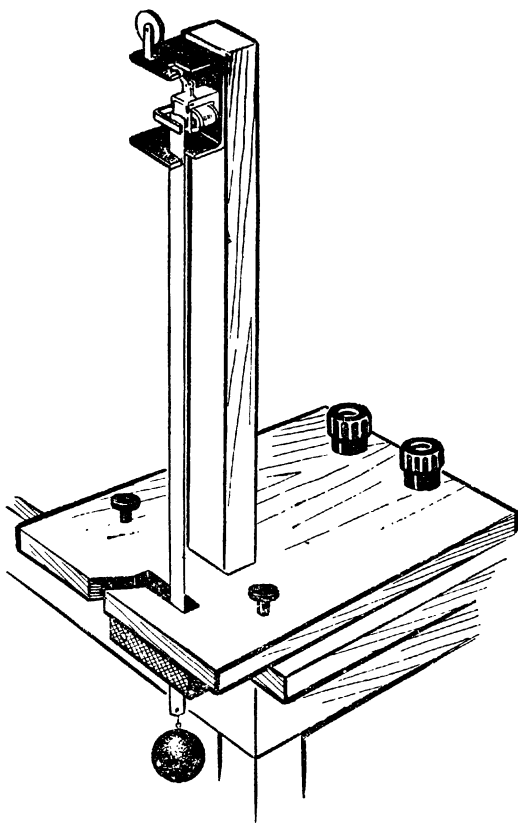


Рис. 4

Установив частоту вспышек 10 *гц*, включают генератор. Первый импульс тока, проходя по обмотке электромагнита, вызывает притяжение якоря и освобождение ленты. В этот момент прожигается первое отверстие. Далее груз совершает свободное падение, а последовательные вспышки дуги прожигают в ленте ряд отверстий.

Полученная запись позволяет легко установить, что отрезки пути, проходимые падающим телом за последовательные равные промежутки времени, относятся между собой как последовательные нечетные числа натурального ряда. Кроме того, по формуле

$$g = \frac{2h}{t^2}$$

вычисляется ускорение свободного падения. Погрешность определения g не превосходит 1%.

Проверка второго закона Ньютона. На блок надевают нить, к концам которой подвешивают два неравных груза, как показано на рисунке 3. За крючок меньшего (правого по рисунку) груза зацепляют конец бумажной ленты, пропущенной между электродами дуги. При этом верхний конец ленты лишь немного должен выступать над основанием прибора. Включив генератор импульсной дуги, получают запись движения в виде ряда прожогов ленты. Обработка этой записи позволяет определить ускорение движения системы, а затем проверить соотношением между силой, массой и ускорением.

Прибор для записи движения тела, брошенного горизонтально

Основой прибора (рис. 5) служит деревянный ящик размером 21×30 см. Ящик имеет крышку из оргстекла, к которой с внутренней стороны приклеена металлическая сетка. Ко дну ящика прикрепляется лист жести. Расстояние между металлической сеткой и листом жести должно быть не менее 15 мм. Выводы от металлической сетки и листа жести присоединяются к клеммам, установленным на одной из боковых стенок прибора.

К ящику прикрепляют желоб, предназначенный для пуска стального шарика и сообщения ему необходимой начальной скорости.

Перед проведением опыта прибор наклоняют примерно на 20° , для чего под основание прибора с одной стороны подкладывают

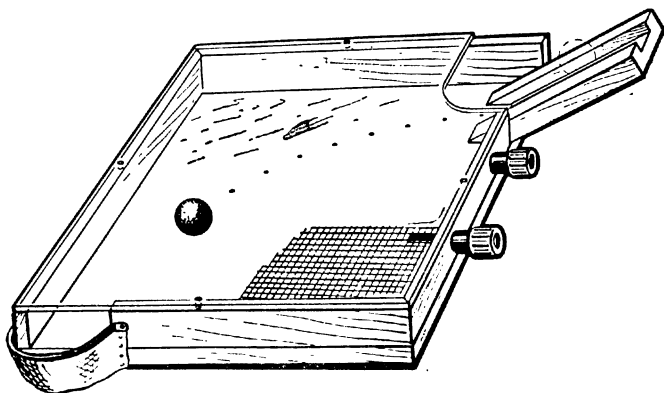


Рис. 5

планку. На дно прибора кладут лист бумаги, а клеммы прибора присоединяют к выходным зажимам генератора импульсной дуги, предварительно включенного на 50 вспышек в секунду. Затем по желобу пускают шарик диаметром 3 мм. Скотившись с желоба, он далее движется по дну прибора. Периодически зажигается дуга между сеткой и листом жести в том месте, где находится шарик. В листе бумаги при этом прожигаются отверстия. Таким образом, вдоль траектории шарика образуется ряд прожогов, которые затем соединяют плавной линией. Исследуя запись движения шарика, учащиеся убеждаются в том, что в горизонтальном направлении это движение было равномерным, а вдоль наклонной плоскости — равноускоренным (с ускорением $a \approx g \sin \alpha$). Начальную скорость шарика вычисляют по формуле $v = \sqrt{2gh}$, измерив высоту, с которой пускают шарик.

Прибор для записи движения тележки

В опытах по кинематике и динамике часто используется тележка, которая движется по рельсовой дорожке. Для записи движения тележки можно использовать простое устройство, показанное на рисунке 6.

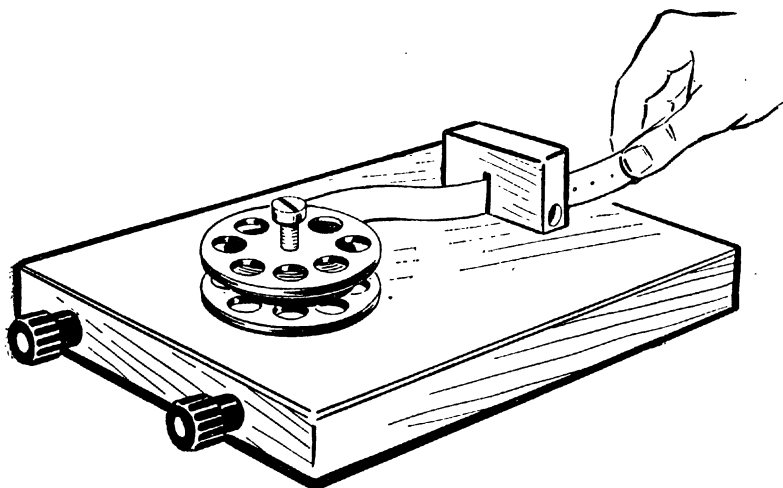


Рис. 6

На основании прибора укреплен текстолитовый брусок с прорезью, в которую выступают вставленные через боковые сверления железные электроды дуги. Выводы электродов присоединены к клеммам. Кроме того, на основании имеется неподвижная ось,

на которую надевается катушка с бумажной лентой. Ленту пропускают через щель между электродами дуги и прикрепляют к движущейся тележке. Клеммы прибора присоединяют к выходным зажимам генератора импульсной дуги. При движении тележки лента сматывается с катушки и на ней осуществляется запись движения в виде последовательности пржогов. Изучение характера движения проводится путем анализа этой записи.

Прибор для записи колебательного движения маятника

Устройство прибора показано на рисунке 7. Одним электродом дуги служит железный стержень 1, прикрепленный к маятнику.

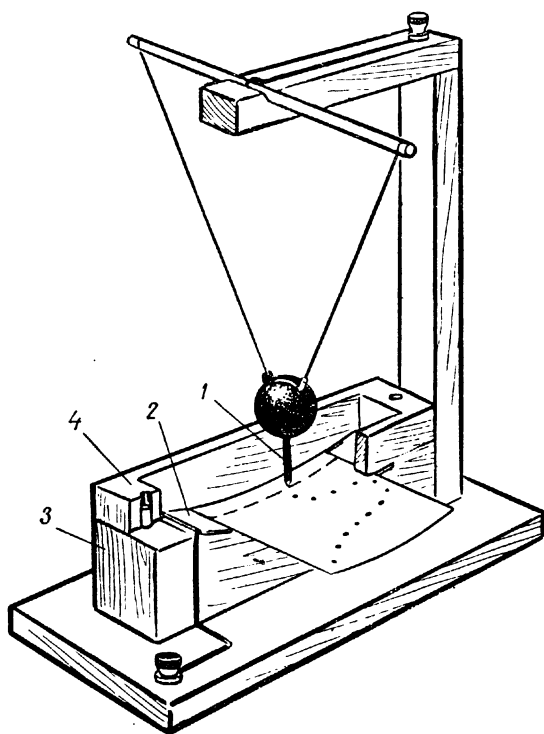


Рис. 7

а вторым — жестяная полоска 2, прикрепленная к деревянному основанию прибора 3. Через щель между основанием и прижимной планкой 4 протягивают равномерно лист бумаги. Прибор через клеммы присоединяют к генератору импульсной дуги и получают

на листе бумаги запись колебательного движения маятника в виде ряда прожогов.

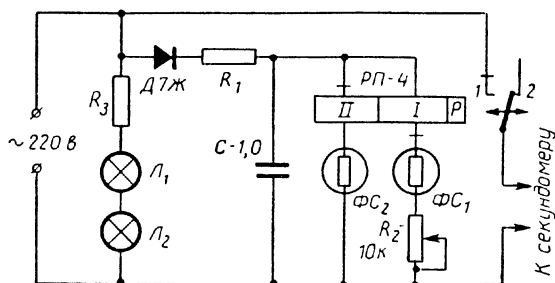
Кроме описанных, возможны и другие применения импульсной дуги в практике школьного физического эксперимента.

А. Ф. СВИРИДОВ

(г. Ташкент)

ФОТОРЕЛЕ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ И ВЫКЛЮЧЕНИЯ СЕКУНДОМЕРА

Для автоматического включения и выключения секундомера в опытах по механике весьма удобно пользоваться специальным фотореле, схема которого приведена на рисунке.



Последовательно с обмотками двухпозиционного поляризованного реле типа РП-4 включаются фотосопротивления ΦC_1 и ΦC_2 типа ФСК-1 или ФСК-2. Секундомер включается в сеть через контакты реле. Питание фотоэлектрических цепей осуществляется постоянным током через полупроводниковый диод типа Д7Ж. Сопротивление R_1 (2 — 10 ком, 2 вт) и конденсатор C образуют сглаживающий фильтр. Лампы накаливания L_1 и L_2 служат осветителями фотосопротивлений. Проволочное сопротивление R_3 обеспечивает номинальную силу тока в цепи этих ламп. Когда оба фотосопротивления освещены, токи в обеих обмотках реле должны быть одинаковыми. Балансировка токов осуществляется переменным сопротивлением R_2 .

При проведении опытов движущееся тело (шарик на желобе Галилея, тележка на рельсовой дорожке) сначала пересекает луч, идущий от осветителя L_1 к фотосопротивлению ΦC_1 . Ток в катушке I убывает, и подвижный контакт переходит из положения 2 в положение 1. Секундомер включается.

Когда же движущееся тело пересекает луч, идущий от лампы L_2 к фотосопротивлению ΦC_2 , уменьшается сила тока в катушке

II и подвижный контакт реле переходит обратно в положение 2. Секундомер выключается.

Если перед началом опыта секундомер оказался включенным, следует на короткое время загородить от света фотосопротивление ΦC_2 и этим обеспечить переброску подвижного контакта реле в положение 2.

А. М. ЕРКИН
(г. Барнаул)

ПРИБОР ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ И ВЫКЛЮЧЕНИЯ СЕКУНДОМЕРА

Предлагаемое устройство предназначено для автоматического включения и выключения электрического секундомера в опытах по механике и другим разделам курса физики.

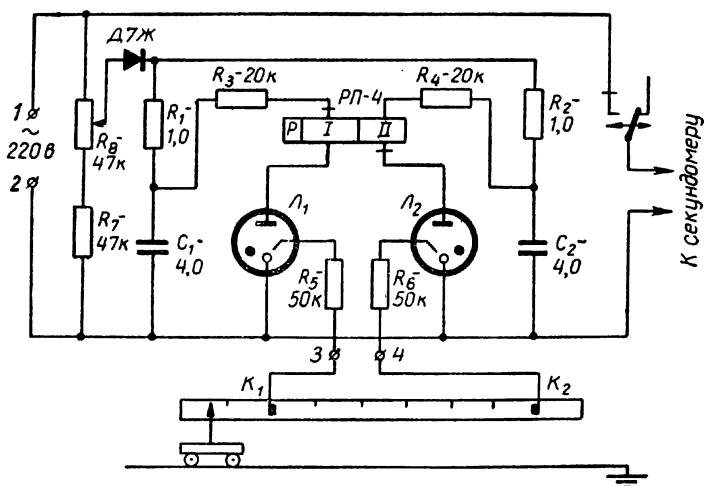


Схема прибора показана на рисунке. В анодные цепи двух тиратронов типа МТХ-90 включены обмотки двухпозиционного поляризованного реле типа РП-4. Анодные напряжения к тиратронам подаются от конденсаторов C_1 и C_2 , которые заряжаются от сети через полупроводниковый диод типа Д7Ж и сопротивления R_1 и R_2 . Поджигающие электроды тиратронов присоединены через сопротивления R_5 и R_6 к зажимам 3, 4. При включении прибора в сеть необходимо следить за тем, чтобы к зажиму 1 присоединялся нулевой провод (обычно заземленный), а к зажиму 2 — фазный провод. С помощью потенциометра R_8 устанавливают

анодное напряжение таким, чтобы оно было немного меньше потенциала зажигания тиратронов при свободных зажимах 3, 4. Если затем через зажим 3 или 4 подвести к поджигающему электроду положительный потенциал определенной величины, происходит зажигания соответствующего тиратрона.

В качестве примера рассмотрим использование прибора в опытах по механике, проводимых с помощью тележки, движущейся по рельсовой дороге.

К зажимам 3 и 4 присоединяют гибкими проводами контакты K_1 и K_2 , располагаемые вдоль рельсовой дороги. На тележке устанавливают металлическую указательную стрелку, к концу которой припаивают мягкую кисточку из медной мишуры. Стрелка должна иметь соединение с рельсовой дорогой. Когда при движении тележки кисточка прикасается к контакту K_1 , на поджигающий электрод тиратрона L_1 поступает переменный потенциал, и во время положительного полупериода этот тиратрон зажигается. Разрядный ток конденсатора C_1 проходит через обмотку I поляризованного реле и вызывает переброску якоря и подвижного контакта в положение 1. При этом секундомер включается.

Когда же кисточка касается контакта K_2 , зажигается тиратрон L_2 (при этом тиратрон L_1 гаснет) и разрядный ток конденсатора C_2 , протекая по обмотке II, вызывает переброску якоря и подвижного контакта в положение 2, секундомер выключается.

М. И. ГРИНБАУМ

(г. Москва)

ЭЛЕКТРОННЫЙ АКСЕЛЕРОМЕТР

При проведении некоторых опытов по кинематике и динамике целесообразно измерять ускорение специальным прибором — акселерометром. Важно, чтобы прибор мог измерять как положительное, так и отрицательное ускорение.

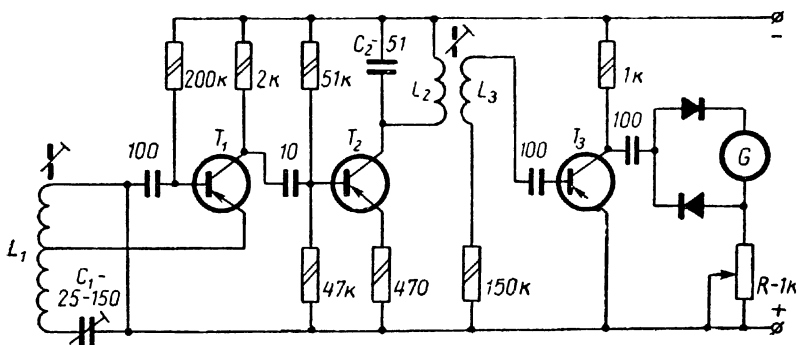
Ниже приводится описание простого акселерометра, который может быть изготовлен в школьном физическом кружке.

Первичным измерителем прибора служит маятник, устанавливаемый на тележке таким образом, чтобы плоскость его качания совпадала с направлением движения тележки. При движении тележки с ускорением маятник отклоняется на некоторый угол. Легко показать, что синус этого угла прямо пропорционален величине ускорения.

К стержню маятника прикрепляют ферритовый сердечник, который при отклонении маятника перемещается в катушке. Ферритовый сердечник и катушка образуют индуктивный датчик. Индуктивность катушки зависит от степени углубления в нее сердечника, а стало быть, от ускорения тележки.

Схема электронного устройства прибора приведена на рисунке. Основной частью электронного устройства является задающий высокочастотный генератор с резонансным услителем. Оконечный каскад схемы представляет собой усилитель напряжения.

Задающий генератор собран на полупроводниковом триоде T_1 по трехточечной схеме. Частота генерируемых колебаний составляет около 8 Мгц. Резонансный усилитель собран на транзисторе T_2 , а усилитель напряжения — на транзисторе T_3 . Во всех трех каскадах используются транзисторы типа П402.



На выходе окончного каскада, через выпрямитель, образованный диодами D_1 и D_2 (типа Д9), включается школьный демонстрационный гальванометр (от амперметра).

В коллекторную цепь транзистора T_2 включен колебательный контур, образованный катушкой L_2 индуктивного датчика и конденсатором C_2 .

Если собственная частота колебательного контура задающего генератора равна собственной частоте контура резонансного усилителя, то амплитуда колебаний тока в катушке L_2 наибольшая. При этом наибольшей будет также сила тока в цепи гальванометра.

Стрелку гальванометра предварительно при помощи корректора смещают вправо до конца шкалы. Полярность же подключения гальванометра такова, что при прохождении тока стрелка отклоняется по шкале влево.

Так как при резонансе контуров L_1C_1 и L_2C_2 ток на выходе прибора превышает 400 мка, то стрелка гальванометра отклоняется за шкалу влево и ее устанавливают на нулевое деление шкалы переменным сопротивлением R .

При движении тележки с ускорением ферритовый сердечник, укрепленный на маятнике, выдвигается из катушки L_2 или вдвигается в нее глубже. Это приводит к изменению индуктивности этой катушки, а стало быть, и к изменению собственной частоты кон-

тура L_2C_2 . В результате амплитуда колебаний на выходе резонансного усилителя и сила тока в цепи гальванометра уменьшаются. Стрелка гальванометра отклоняется от нуля вправо.

Подбором частоты контура L_1C_1 и пределов изменения частоты контура L_2C_2 можно добиться того, чтобы шкала ускорений была почти линейной. Ускорение отсчитывают в условных единицах (деления шкалы).

Можно также проградуировать шкалу в $см/сек^2$. Для этого измеряют путь, пройденный тележкой, и время движения при различных величинах ускоряющей силы и, пользуясь формулой $s = \frac{at^2}{2}$, вычисляют соответствующие ускорения. Заметив, на какие деления шкалы устанавливалась стрелка, и учитывая линейность шкалы, строят затем всю шкалу акселерометра.

Меняя расстояние ферритового сердечника от оси маятника и соответственно высоту установки трансформатора L_2L_3 , можно получить несколько шкал для различных пределов измерения ускорения.

Перед проведением градуировки шкалы следует уравновесить силу трения, возникающую при движении тележки по рельсам. Для этого в ведро подсыпают песок до тех пор, пока тележка не будет от толчка двигаться равномерно, о чем можно судить по показаниям акселерометра (при равномерном движении его стрелка будет оставаться на нулевом делении шкалы).

Для измерения отрицательных ускорений катушку L_2 устанавливают так, чтобы ферритовый стержень при неотклоненном маятнике не был введен в нее, и, меняя емкость конденсатора C_1 , добиваются резонанса контуров. При торможении тележки стержень входит в катушку, изменяя ее индуктивность. При этом прибор регистрирует величину ускорения (абсолютное значение).

Перед проведением опытов прибор настраивают следующим образом. Движок переменного сопротивления R ставят в среднее положение. Укрепленный на маятнике ферритовый сердечник полностью вводят в катушку L_2 (или выводят из нее) и, вращая роторную пластину конденсатора C_1 , добиваются максимального отклонения стрелки гальванометра влево. Затем, перемещая движок переменного сопротивления R , устанавливают стрелку гальванометра на нулевое деление шкалы.

Для успокоения колебаний маятника и обеспечения устойчивости показаний прибора применен масляный демпфер. Последний представляет собой заполненный машинным маслом сосуд, в котором перемещается нижний конец стержня маятника.

Для питания электронного устройства прибора применяется батарея от карманного фонаря типа КБС-Л-0,5.

Катушка L_1 наматывается на каркасе диаметром 10 мм из органического стекла. Она содержит 35 витков провода марки ПЭВ-0,35 и имеет отвод от двадцатого витка. Внутрь каркаса ка-

тушки ввинчивается альсиферовый сердечник длиной 15 мм и диаметром 44 мм.

Катушки L_2 и L_3 наматываются на каркасе диаметром 15 мм и содержат соответственно 32 и 20 витков провода марки ПЭВ-0,21.

Гальванометр присоединяется к установленному на тележке электронному устройству прибора длинными гибкими проводами.

Перед проведением опытов с акселерометром следует познакомить учащихся с действием прибора. Им надо показать, что величина отклонения стрелки гальванометра возрастает с увеличением угла отклонения маятника от вертикали и что угол отклонения маятника зависит от величины ускорения, с которым движется тележка. Работу электронного устройства пояснять не следует.

Без маятника прибор может применяться для измерения малых перемещений в некоторых опытах по физике.

Л. С. САВЧИН

(г. Львов)

ПРИБОР ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ ТЕЛ

Устройство прибора показано на рисунке. Его особенностью является применение равномерно движущейся бесконечной ленты для фиксации промежутков времени, за которые свободно падающие тела проходят заданные пути. Лента изготавливается из ткани и обклеивается белой бумагой. Ведущий шкив прибора приводится во вращение электрическим двигателем.

Свободно падающими телами являются три или четыре свинцовых шарика, которые смачиваются краской или чернилами. Шарики подвешиваются на одинаковых расстояниях (30—40 см) на нити. Расстояние между нижним шариком и лентой — 0,5—1 см. При проведении опыта пережи-



гают писть у крючка. Шарики падают на равномерно движущуюся ленту и при ударе оставляют метки.

Зная скорость v движения ленты и измерив расстояния s между первой и последующими метками, можно найти время падения каждого из шариков по формуле

$$t = \frac{s}{v}.$$

Затем, зная высоты h падения шариков, находят ускорение свободного падения:

$$g = \frac{2h}{t^2}.$$

Вычисления производят для каждого шарика, а затем находят среднее арифметическое полученных значений g .

В. А. ВЕСЕЛОВ

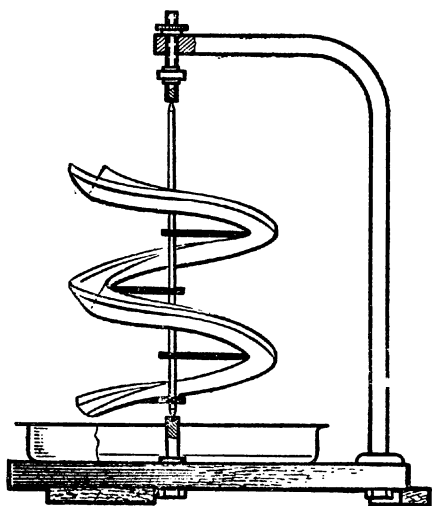
(г. Шуя Ивановской обл.)

ПРИБОР ДЛЯ ДЕМОСТРАЦИИ СИЛЫ РЕАКЦИИ

Устройство прибора показано на рисунке. Он представляет собой винтообразный желоб, укрепленный на оси, которая свободно вращается в подшипниках. Если пустить по желобу шарик, то при его скатывании сам желоб приходит во вращение в противоположную сторону.

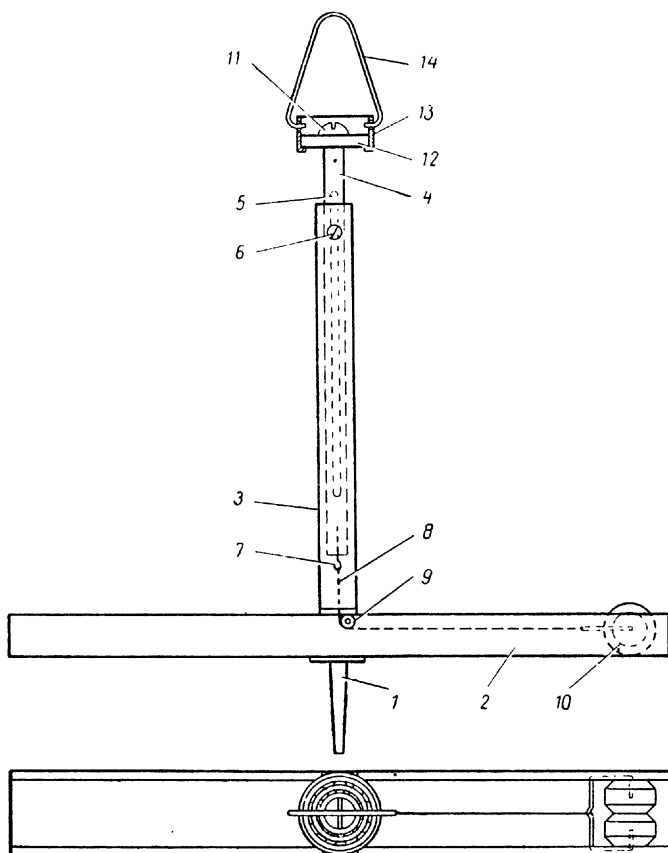
В начальном курсе физики этот опыт можно показать как пример взаимодействия тел и возникновения при взаимодействии силы реакции. Опыт объясняют на основе разложения сил на наклонной плоскости.

Прибор можно использовать и в систематическом школьном курсе механики для иллюстрации закона сохранения количества движения (точнее, вращательного импульса). Если в конце желоба поместить преграду из куска пластилина, то при ударе шарика об эту преграду (неупругий удар) вся система мгновенно останавливается.



ПРИБОР ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА ПО ОКРУЖНОСТИ

Конструкция прибора показана на рисунке. К конусообразному хвостовику 1, предназначенному для установки в шпинделе центробежной машины, укреплен перпендикулярно оси вращения лоток 2. Посредине лотка (над хвостовиком) прикреплена трубчатая направляющая стойка 3, в которой может свободно скользить, вращаясь вместе с прибором, круглый стержень 4. Чтобы стержень в трубке не вращался, вдоль его образующей сделана канавка 5 прямоугольного сечения, в которую входит конец винта 6, ввер-



нутого в резьбовое отверстие на боковой стенке трубки. Нижний конец стержня снабжен ушком 7, к которому привязывается нить 8, идущая далее через блок 9 к катушке 10.

Сверху стержень 4 соединен с карабином. Винтом 11 внутренняя обойма небольшого шарикового подшипника 12 прижата к стержню 4. Наружная обойма подшипника плотно вставлена в кольцо 13, в боковые отверстия которого вставлены загнутые концы серги 14. При вращении стержня 4 серга может оставаться неподвижной.

Для проведения опыта прибор устанавливают в шпинделе центробежной машины, а сергу 14 зацепляют за крючок демонстрационного динамометра, закрепленного в штативе.

При вращении прибора динамометр показывает величину центростремительной силы. Перемещая динамометр вверх или вниз, можно демонстрировать зависимость центростремительной силы от радиуса окружности, описываемой катушкой. Сравнивая показания динамометра при различных угловых скоростях вращения, можно выявить зависимость центростремительной силы от величины угловой скорости. При этом необходимо перед каждым отсчетом путем перемещения динамометра по вертикали устанавливать сергу на одном и том же уровне. Наконец заменяя катушку с одним роликом катушкой с двумя такими же роликами, показывают характер зависимости центростремительной силы от массы тела, движущегося по окружности.

Б. С. ЗВОРЫКИН

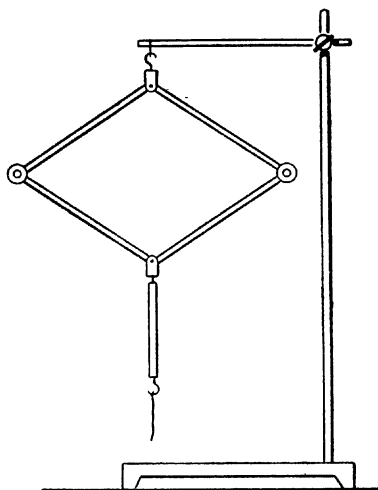
(г. Москва)

ПРИБОР ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ СОХРАНЕНИЯ МОМЕНТА ИМПУЛЬСА

Прибор представляет собой шарнирную рамку, в двух противоположных углах которой закреплены грузы по 150—200 г, как показано на рисунке. Рамка собрана из четырех одинаковых планок длиной по 20 см. Верхний и нижний шарниры рамки снабжены карабинами, благодаря которым прибор может свободно вращаться вокруг вертикальной оси. Верхний карабин служит для подвешивания прибора, а нижний — для управления прибором во время опыта.

Для проведения опыта прибор подвешивают за крючок верхнего карабина и, поднимая нижний карабин, разводят грузы в стороны. Приводят прибор в медленное вращение, а затем оттягивают нижний карабин и тем самым сближают грузы. При этом угловая скорость прибора сильно возрастает вследствие уменьшения момента инерции. Далее отпускают нижний карабин. Грузы расходятся, и угловая скорость снова уменьшается.

Можно также показать принцип действия стабилизатора угловой скорости. Для этого разводят грузы и, приведя прибор в медленное вращение, отпускают нижний карабин. Прибор вращается с постоянной угловой скоростью, пока не прекратится сближение грузов.



Г. Р. ГЛУЩЕНКО

(г. Славянск-на-Кубани Краснодарского края)

ПРИБОР ДЛЯ ДЕМОСТРАЦИИ СЛОЖЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ МАЯТНИКОВ

Предлагаемый прибор позволяет демонстрировать сложение колебаний двух маятников и получать графическую запись результирующих колебаний.

Конструкция прибора показана на рисунке 1.

На деревянной доске 1 размером 60×25 см устанавливаются два небольших шариковых подшипника 2. Наружные обоймы подшипников неподвижны, а во внутренних обоймах закрепляются оси, к которым подвешиваются маятники. Длина стержней 3 маятников — 60—70 см, а масса каждой чечевицы 4 составляет 5—6 кг. В закрепленные в подшипниках оси маятников ввинчиваются стержни 5 длиной 12—15 см, образующие со стержнями маятников углы 90° . Отогнутые под прямым углом концы стержней 5 входят в пазы 6 планки 7. Последняя надета на ось 8, установленную на легкой рейке 9, которая может перемещаться вверх и вниз в направляющих хомутах 10. К рейке 9 при помо-

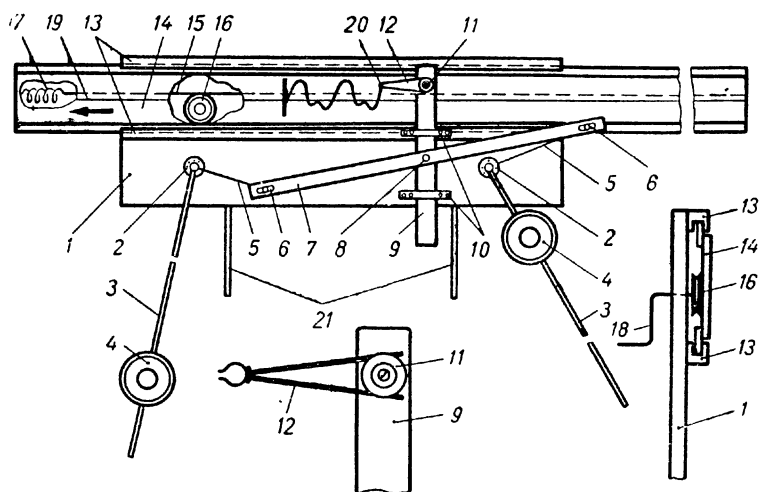


Рис. 1

щи зажима 11 крепится пружинящий мелодержатель 12. К доске 1 крепятся также рейки 13 с пазами, в которых может перемещаться планшет 14. Вдоль планшета с тыльной стороны натянута нить 15, обернутая один раз вокруг блока 16. Натяжение нити обеспечивается пружиной 17. Вращением блока при помощи рукоятки 18 можно перемещать планшет. Для обеспечения равномерного движения планшета лучше применить двигатель с редуктором. Лицевая сторона планшета оклеивается полоской темной шерстяной ткани, посредине которой прострочена белыми нитками осевая линия 19. Запись графика колебаний производится мелком 20, зажатым в мелодержателе. Для стирания графиков можно использовать зубную щетку. Стержни 21 служат для установки прибора в двух универсальных школьных штативах.

При колебаниях маятников середина планки 7 одновременно совершает оба движения и, таким образом, воспроизводит результирующее колебательное движение, график которого вычерчивается мелком на планшете при его равномерном движении.

Учащимся следует сначала показать, что прибор фиксирует колебания каждого из маятников. Удерживая левый маятник неподвижным, выводят из равновесия правый маятник и наблюдают запись колебаний. Затем демонстрируют запись колебаний левого маятника при неподвижном правом маятнике. Надо также показать, что амплитуда получаемой осциллограммы находится в прямой зависимости от амплитуды колебаний маятника.

После этого демонстрируют следующие явления:

1. При сложении синфазных колебаний амплитуда результирующих колебаний равна сумме амплитуд составляющих колебаний.

2. При сложении противофазных колебаний амплитуда результирующих колебаний равна разности амплитуд составляющих колебаний. В частности, если составляющие противофазные колебания имеют одинаковые амплитуды, мелодержатель прибора вовсе не колеблется (мелок чертит на планшете прямую):

3. Если частоты колебаний маятников отличаются незначительно, результирующие колебания имеют вид биений, происходящих с разностной частотой (рис. 2).

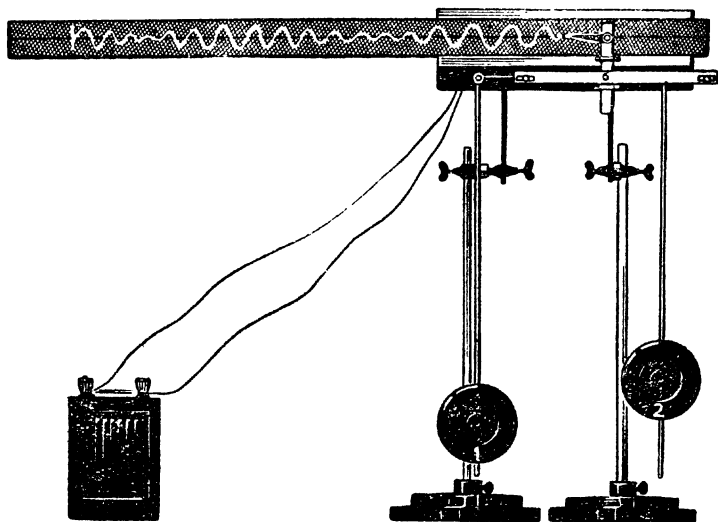


Рис. 2

4. Если частота колебаний одного из маятников кратна частоте колебаний другого, результирующие колебания являются периодическими, но несинусоидальными.

Л. И. АНЦИФЕРОВ
(г. Курск)

ПРИБОР ДЛЯ ДЕМОСТРАЦИИ МЕХАНИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСА

Описанный ниже прибор предназначен для демонстрации явления механического резонанса и проведения опыта по сопоставлению колебаний тела под действием силы упругости с колебания-

ми проекции тела, движущегося по окружности. Устройство прибора понятно из рисунка 1.

При вращении блока 1 кулачок 2 приводит в колебательное движение толкатель 3, шарнирно соединенный с коромыслом 4. Качающееся коромысло действует с переменной силой на коле-

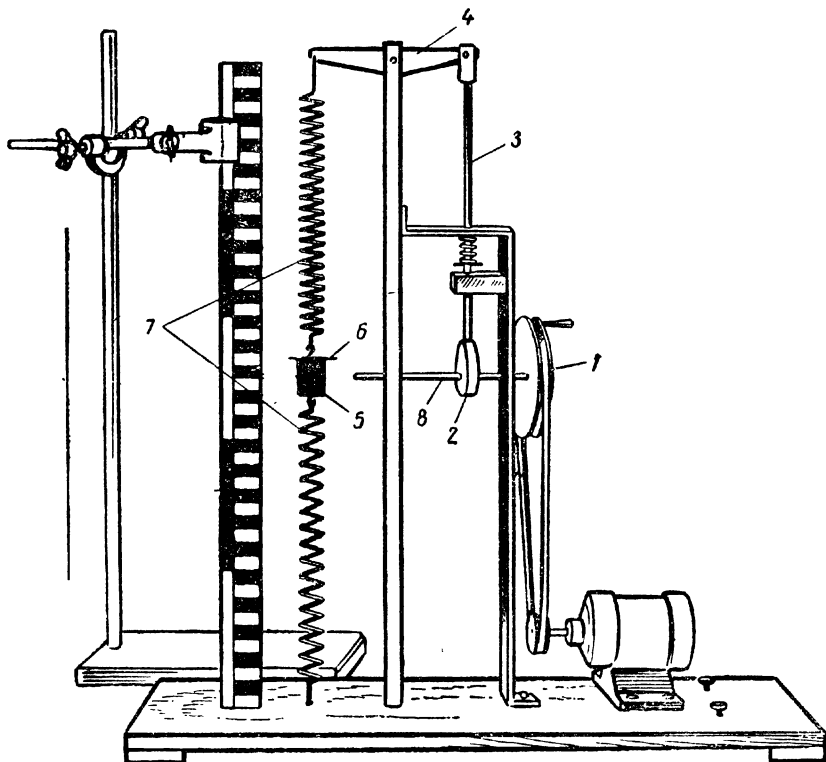


Рис. 1

бательную систему, состоящую из груза 5 с указателем 6 и пружин 7.

Амплитуда вынужденных колебаний груза достигает наибольшей величины при резонансе, когда частота вращения блока совпадает с собственной частотой колебательной системы. Отсчет амплитуды колебаний груза производится по демонстрационной метровой линейке с цветными делениями, укрепляемой в штативе. Блок можно вращать вручную или коллекторным электрическим двигателем. Скорость вращения двигателя регулируется с помощью реостата.

Для проведения опыта по сопоставлению упругих колебаний с колебаниями проекции вращающегося тела на ось 8 (рис. 2) надевают муфту 9 со стержнем 10 и легким цилиндром 11 из пенопласта.

С помощью осветителя для теневой проекции колеблющийся груз 5 и вращающийся цилиндр 11 проецируются на экран.

При подготовке прибора к проведению опыта подбирают такое положение муфты 9 на оси и цилиндра 11 на стержне, чтобы при резонансной частоте вращения блока амплитуды и фазы колебаний проекций груза и цилиндра были одинаковыми. При этой же частоте вращения и проводят затем демонстрацию. Учащиеся наблюдают, что упругие колебания груза 5 не отличаются от колебаний проекции вращающегося цилиндра 11. Показав математически, что колебания проекции цилиндра 11 являются гармоническими, формулируют вывод о гармоническом характере упругих колебаний.

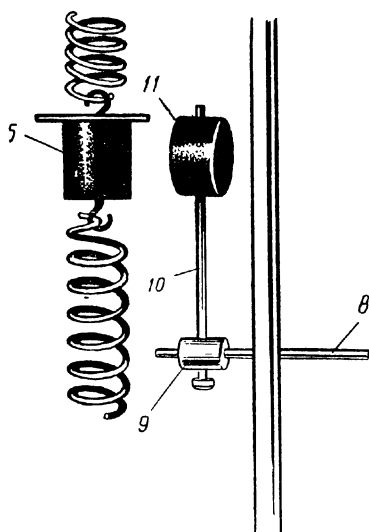


Рис. 2

Н. И. ЛЮБИМОВ
(г. Москва)

УСТАНОВКА ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ЗВУКОВОГО РЕЗОНАНСА

В штативе закрепляют горизонтально воздушный свисток так, чтобы его отверстие находилось вблизи верхнего края высокой мензурки (рис. 1). Струя воздуха к свистку подается по резиновой трубке, в которую включен крап, из предварительно накачанной автомобильной камеры.

В мензурку опущена узкая сифонная трубка, по которой может поступать подкрашенная вода из колбы, установленной на подъемном столике. Сифонная трубка снабжена винтовым зажимом.

Перед проведением опыта надо подготовить сифон к действию. Для этого при помощи резиновой груши отсасывают через свободный конец сифонной трубки немного воды; после того как течение струи установится, перекрывают эту трубку зажимом.

С заранее собранной и подготовленной установкой на уроке сначала знакомят учащихся, а затем показывают опыт: открывают воздушный кран и зажим сифона; уровень воды в мензурке медленно повышается, и определенным длинам воздушного столба соответствует максимальное звучание. Длины воздушных столбов отсчитываются по масштабной линейке.

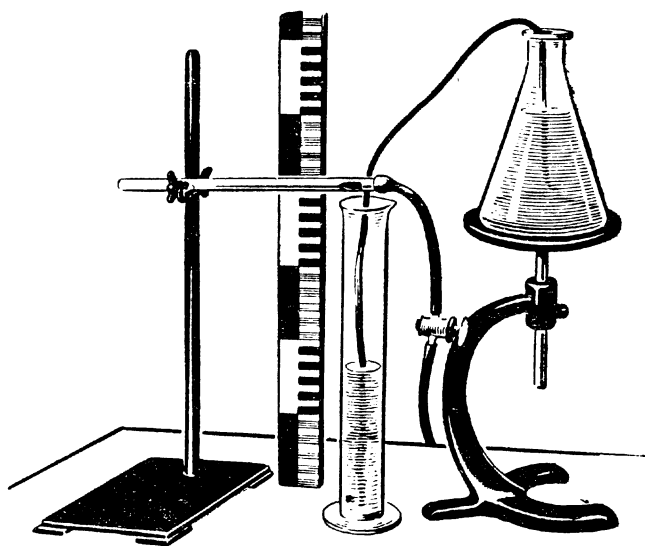


Рис. 1

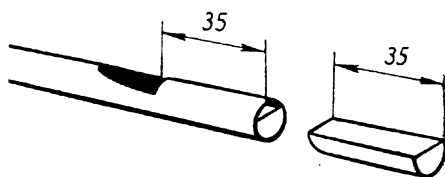
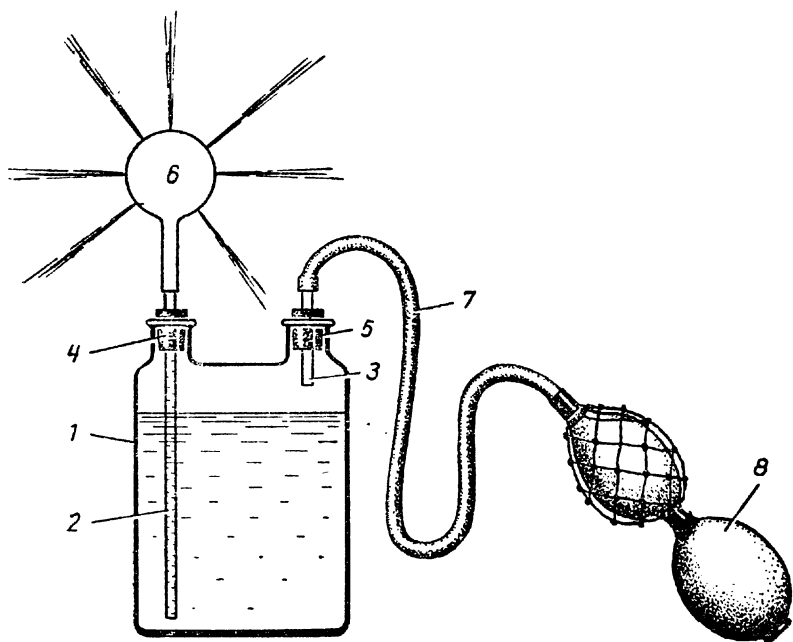


Рис. 2

Устройство воздушного свистка показано на рисунке 2. Он изготавливается из металлической трубки длиной 35 см и диаметром 12—15 мм.

ПРИБОР ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ПЕРЕДАЧИ ДАВЛЕНИЯ ЖИДКОСТЯМИ И ГАЗАМИ

Устройство прибора показано на рисунке (1 — двугорлая склянка, 2 и 3 — стеклянные трубки, 4 и 5 — резиновые пробки, 6 — резиновая груша с одинаковыми отверстиями по полярному большому кругу, 7 — соединительная резиновая трубка, 8 — нагнетательная резиновая груша от пульверизатора).

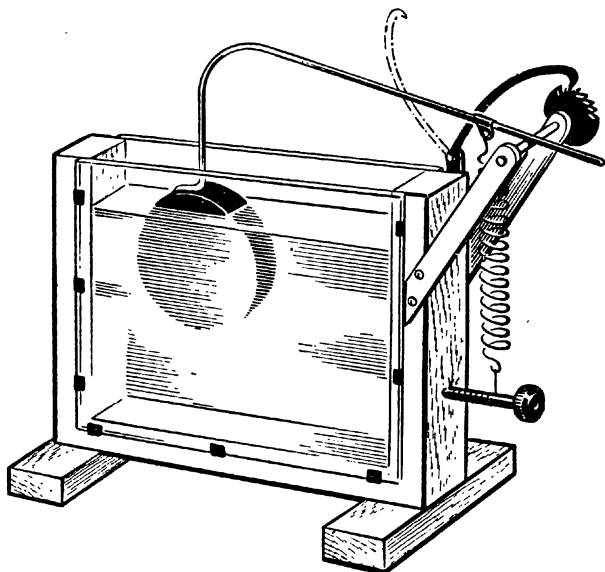


Перед проведением опыта в склянку наливают подкрашенную воду. При нагнетании воздуха из отверстий резиновой груши будут по всем направлениям струи воды одинаковой интенсивности. Прибор располагают так, чтобы плоскость струй была параллельна классной доске. За прибором помещают светлый экран.

Для демонстрации передачи давления газами склянку не наполняют водой, а на трубку 3 надевают дымящую папиросу. Тогда из отверстий груши 6 будут вытекать хорошо заметные струи дыма.

АРХИМЕДОВА СИЛА В УСЛОВИЯХ ПЕРЕГРУЗКИ И ЧАСТИЧНОЙ НЕВЕСОМОСТИ

Описанный ниже прибор позволяет демонстрировать изменение величины выталкивающей силы, действующей на погруженное в жидкость тело, при появлении перегрузки или частичной невесомости.



Устройство прибора показано на рисунке. Его основными частями являются узкий аквариум, легкий поплавок, храповой механизм и пружина. Натяжение пружины регулируется таким образом, чтобы поплавок при неподвижном приборе почти полностью был погружен в воду. При этом имеет место равенство

$$F_{\text{в}} = P_{\text{п}} + F_{\text{у}}, \quad (1)$$

где $F_{\text{в}}$ — выталкивающая сила, $P_{\text{п}}$ — вес поплавка, $F_{\text{у}}$ — сила упругости пружины.

Выталкивающая сила и вес поплавка, как известно, выражаются так:

$$\begin{aligned} F_{\text{в}} &= m_{\text{ж}} g, \\ P_{\text{п}} &= m_{\text{п}} g, \end{aligned}$$

где $m_{\text{ж}}$ — масса жидкости, вытесняемой поплавком, а $m_{\text{п}}$ — масса поплавка.

Если прибор взять в руки и двигать вниз с небольшим ускорением $a < g$, наступит частичная невесомость. В этих условиях выталкивающая сила $F_{\text{в}}^1$ и вес поплавка $P_{\text{п}}^1$ выразятся так:

$$F_{\text{в}}' = m_{\text{ж}}(g - a) = F_{\text{в}} - m_{\text{ж}}a,$$

$$P_{\text{п}}' = m_{\text{п}}(g - a) = P_{\text{п}} - m_{\text{п}}a.$$

Из этих равенств получаем:

$$F_{\text{в}} = F_{\text{в}}' + m_{\text{ж}}a, \quad (2)$$

$$P_{\text{п}} = P_{\text{п}}' + m_{\text{п}}a. \quad (3)$$

Подставив (2) и (3) в (1), приходим к равенству

$$F_{\text{в}}' = P_{\text{п}}' + F_{\text{у}} - (m_{\text{в}} - m_{\text{п}})a.$$

Поскольку $m_{\text{п}} < m_{\text{в}}$, имеет место неравенство

$$F_{\text{в}}' < P_{\text{п}}' + F_{\text{у}},$$

из которого следует, что поплавок будет тонуть. Новое положение поплавка фиксируется храповым механизмом.

При демонстрации опыта можно дать упрощенное объяснение. Пренебрегая малым весом поплавка, поясняют его погружение уменьшением выталкивающей силы при прежней начальной величине силы упругости пружины.

Аналогично поясняется всплывание поплавка при движении прибора вверх с некоторым ускорением. Для фиксации нового положения всплывшего поплавка при демонстрации перегрузки можно в конструкцию прибора ввести второй храповой механизм с обратным направлением зубьев храпового колеса.

В. А. БУРОВ

(г. Москва)

ДЕРЖАТЕЛЬ ДЛЯ ПРУЖИН

Основной частью прибора является металлический цилиндр 1 высотой 100 мм и внутренним диаметром 24 мм (рис. 1). Цилиндр имеет толстое дно 2, в которое ввернут металлический стержень 3 длиной 100 мм и диаметром 10 мм. Вблизи открытого конца цилиндра вставлен по диаметру тонкий стержень 4 из стальной проволоки диаметром 1 мм.

Для крепления пружины ее конец вставляют в трубку держателя и, поворачивая вокруг продольной оси, навинчивают на стержень 4. В зависимости от того, какая часть пружины оста-

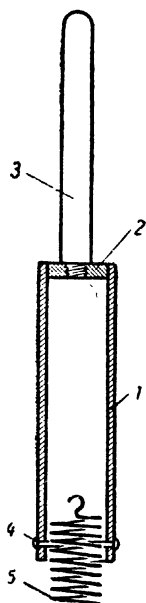


Рис. 1

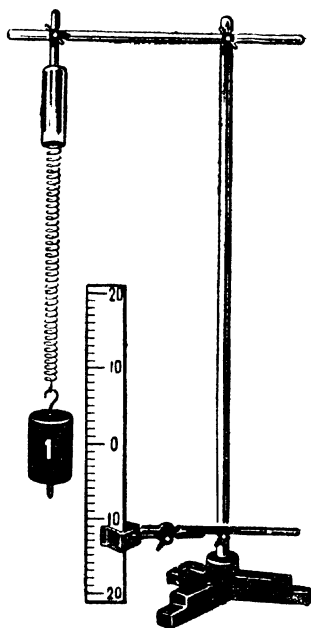


Рис. 2

лась вне держателя, изменяется частота колебаний груза, подвешенного на пружине. Держатель с пружиной укрепляется с помощью муфты в универсальном штативе (рис. 2).

К. И. ПАНИЧ

(г. Москва)

ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ

Предлагаемый прибор отличается от выпускающегося промышленностью учебного прибора для определения термического коэффициента линейного расширения главным образом способом измерения температуры и тем, что в нем применяется электрический нагрев. Нагревательным элементом служит остеклованное проволочное сопротивление на 150 — 200 ом, которое включается в сеть на 127 в. Конструкция прибора показана на рисунке. Сопротивление 1 устанавливается на двух стальных стойках 2, укрепленных на деревянном основании прибора 3. Выводы сопротивления присоединены к клеммам 4. В канале керамической трубки нагревательного элемента помещаются два металлических стержня: латунный, предназначенный для измерения температуры, и исследуемый.

Каждый из стержней одним концом закрепляется неподвижно в стойке при помощи винта 5, а другим, свободным концом упирается в толкатель индикатора.

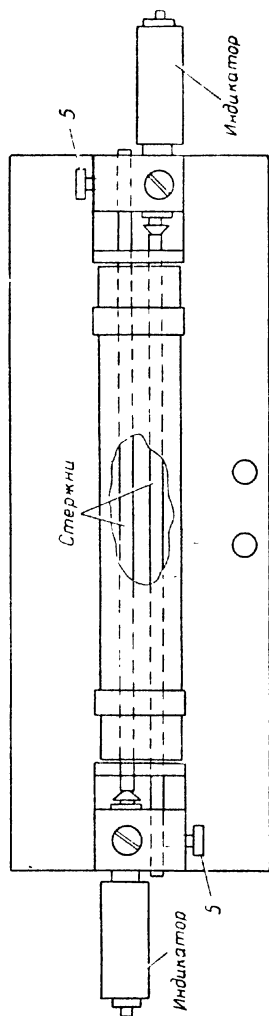
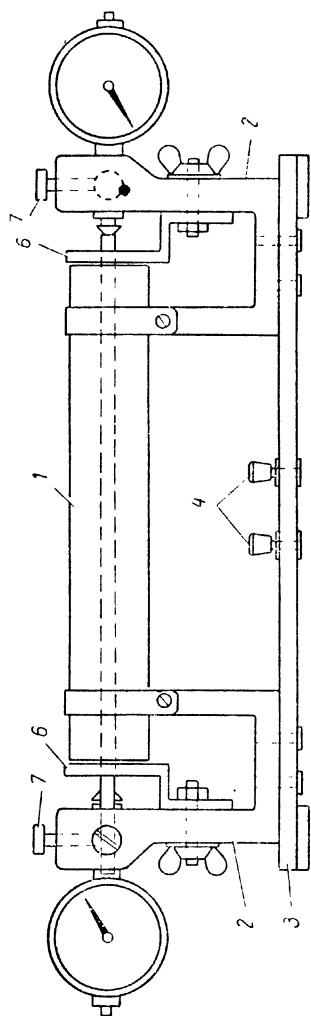
Концы стержней проходят через направляющие отверстия в поддерживающих угольниках 6. Этим положение стержней в приборе фиксируется.

Угольники, кроме того, закрывают отверстия керамической трубки нагревательного элемента, что способствует поддержанию одинаковой температуры по всему каналу. Индикаторы крепятся в стойках при помощи стопорных винтов 7.

Длина латунного стержня, служащего термометрическим телом, подбирается такой, чтобы одно деление индикатора (0,01 мм) соответствовало изменению температуры на 2°.

Из формулы $\alpha = \frac{l_t - l_0}{l_0 t}$ получаем для длины латунного стержня значение 263 мм. Практически длина стержня берется немного большей, поскольку часть стержня, зажатая винтом 5, не участвует в регистрируемом тепловом расширении.

Таким образом, изменение температуры Δt исследуемого стержня будет определяться по индикатору, присоединенному к латунному стержню; цена деления составляет 2°.



Измерив по второму индикатору величину линейного удлинения Δl исследуемого стержня, вычисляем коэффициент теплового расширения материала этого стержня по формуле

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l \cdot \Delta t},$$

где l — начальная длина исследуемого стержня.

Поскольку оба стержня имеют одинаковую длину, можно также исходить из пропорции

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{\Delta l_1}{\Delta l_2}$$

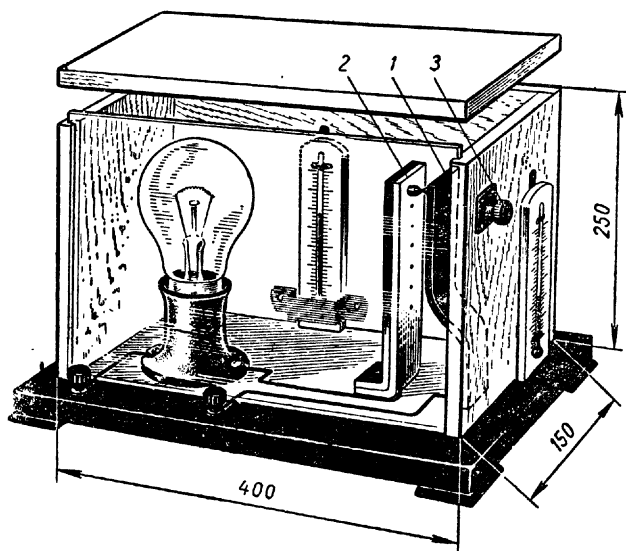
и, зная коэффициент линейного теплового расширения материала одного стержня и удлинения при нагревании каждого из стержней, найти коэффициент линейного теплового расширения материала второго стержня.

Г. Р. ГЛУЩЕНКО

(г. Славянск-на-Кубани)

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ТЕРМОСТАТ

Корпусом термостата служит деревянная коробка с застекленной передней стенкой, а нагревателем — электрическая лампа на 100—200 *вт*.



Регулятором нагрева является прерыватель тока, состоящий из упругой пластины 1 и биметаллической пластины 2, снабженных нормально замкнутыми контактами. С помощью винта 3 можно в определенных пределах регулировать среднее значение температуры, которая будет поддерживаться в камере.

По термометру, находящемуся внутри камеры, можно следить за колебаниями температуры, происходящими в соответствии с замыканием и размыканием цепи электрической лампы. Термометр на наружной стенке прибора измеряет температуру в помещении. Таким образом, учащиеся могут наблюдать образование перепада температур.

В. Ф. Ш И Л О В

(г. Москва)

КОМПЛЕКТ ПРИБОРОВ ДЛЯ ОПЫТОВ ПО ЭЛЕКТРОНИКЕ

С предлагаемым комплектом можно провести ряд демонстрационных опытов и некоторые работы физического практикума. Его также можно использовать на факультативных занятиях по радиоэлектронике и во внеклассной кружковой работе по физике.

Комплект состоит из восьми отдельных блоков. Все они, кроме блока электроннолучевой трубки, смонтированы на вертикальных панелях размером 10×14 см из изоляционного материала (рис. 1).

1. Блок электроннолучевой трубки показан отдельно на рисунке 2, а его схема — на рисунке 3.

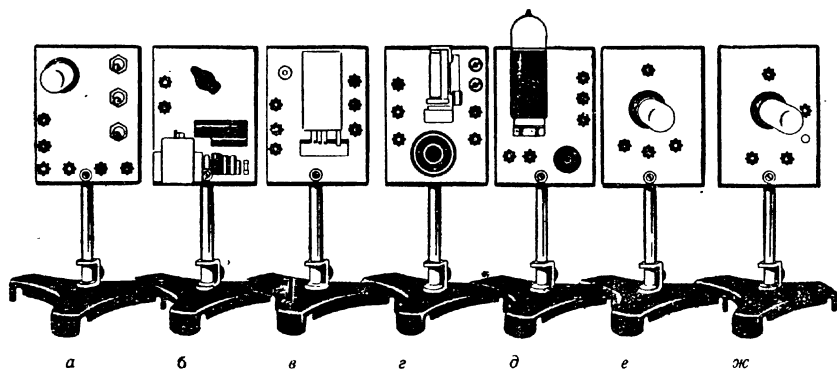


Рис. 1

Электроннолучевая трубка типа 8Л029И установлена на деревянной подставке. В вертикальных стойках подставки выпилены отверстия: в передней — по размерам баллона трубки, а в задней — по размерам доколя.

Включается электроннолучевая трубка в специальную самодельную панельку, которая укреплена на задней стойке. Для изготовления панельки выпиливают из органического стекла толщиной 4—5 мм квадрат размером 70×70 мм. На нем намечают и сверлят отверстия диаметром 2 мм, в которые вставляют и с

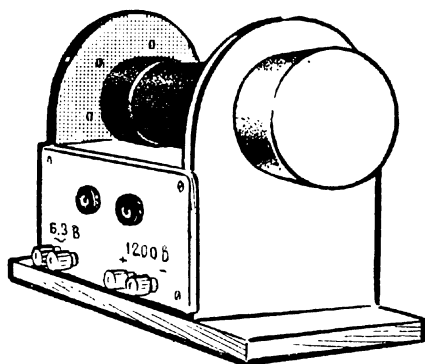


Рис. 2

помощью паяльника впаивают гнезда от обычной ламповой панельки. Отдельное отверстие сверлят для ключа цоколя.

К вертикальным стойкам прикреплены две боковые панели. На одной из них размещены зажимы питания трубки и сопротивления R_8 , R_9 , R_{10} , R_7 делителя напряжения. Потенциометр R_8 служит для регулировки напряжения на управляющем электроде (яркость светового пятна на экране), а потен-

циометр R_9 — для регулировки напряжения на первом аноде (фокусировка электронного пучка).

На другой боковой панели размещены зажимы, соединенные с выводами отклоняющих пластин, и элементы схемы смещения электронного пучка.

С потенциометров R_4 и R_5 подается на отклоняющие пластины регулируемое постоянное напряжение для установки начального положения светящегося пятна на экране. Конденсаторы C_1 и C_2 улучшают фильтрацию смещающих напряжений. Сопротивления R_2 и R_3 уменьшают шунтирование отклоняющих пластин цепями питания.

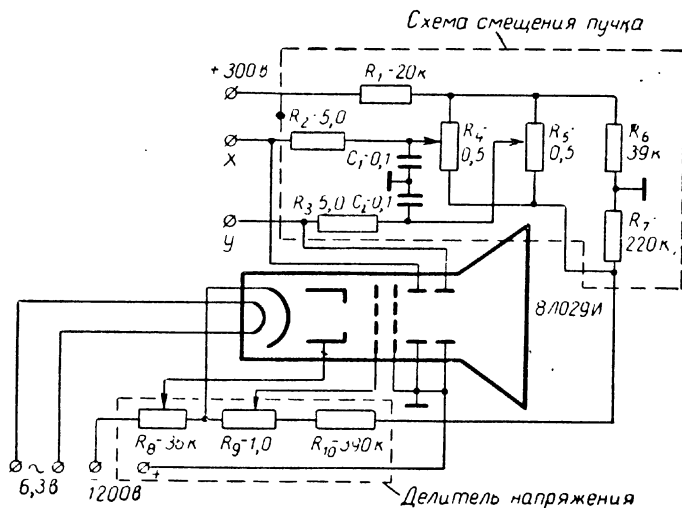


Рис. 3

2. Генератор пилообразного напряжения (рис. 1, а) собран на лампе типа 6Н9 по схеме несимметричного мультивибратора, представленной на рисунке 4.

Показанная на этой схеме емкость C представляет собой батарею конденсаторов с переключателем, смонтированную на отдельной панели (третий блок данного комплекта).

Частоту генератора развертки можно изменять ступенчато, устанавливая с помощью переключателя различную емкость батареи конденсаторов.

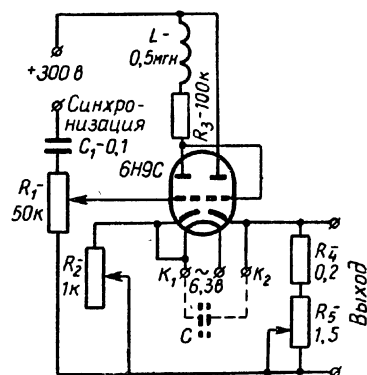


Рис. 4

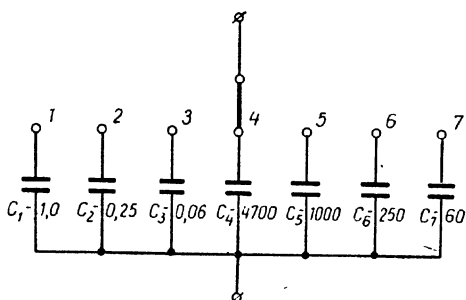


Рис. 5

Плавная регулировка частоты развертки производится потенциометром R_5 .

Для улучшения формы кривой напряжения на самых высоких частотах в анодную цепь лампы включают катушку индуктивности на 0,5 мГн. Эта катушка имеет 400 витков провода марки ПЭЛ-0,35, намотанных на каркасе длиной 20 мм и диаметром 8 мм, выточенного из текстолита, эбонита или оргстекла.

Потенциометром R_2 регулируют длительность обратного хода кривой пилообразного напряжения.

3. Батарея конденсаторов (рис. 1, б) собрана по схеме, представленной на рисунке 5. Она применяется не только при проведении опытов с осциллографической трубкой, но и в некоторых других опытах.

4. Неоновая лампа с поляризованным реле. На панели с лицевой стороны закрепляют поляризованное реле типа РП-5, неоновую лампу типа МН-3 и шесть зажимов (рис. 1, в). На обратной стороне панели выполняют монтаж по схеме, показанной на рисунке 6. Крышку реле освобождают от винтов для того, чтобы ее можно было снимать и надевать.

5. Электромагнитное реле с кнопкой. Электромагнитное реле типа РКН или РС располагают посередине панели, а под ним по-

мещают звонковую кнопку (рис. 1, з). Соединения выполняются по схеме, показанной на рисунке 7. Включение блока в различные установки производится через зажимы и гнезда, размещенные по краям панели. Гнезда присоединяют к нормально замкнутым контактам реле.

Если подать напряжение к зажимам 1—2 и нажать кнопку, то произойдет автоблокировка реле. Якорь будет отпущен лишь после размыкания цепи питания.

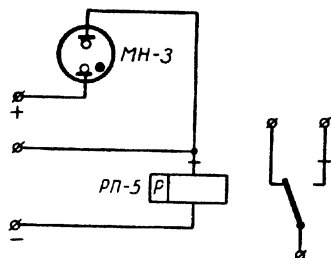


Рис. 6

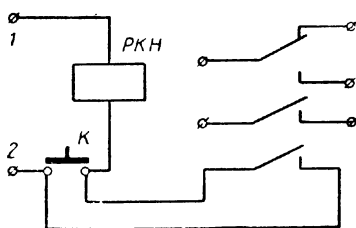


Рис. 7

6. *Фотоэлемент с потенциометром.* На панели размещают фотоэлемент типа СЦВ-4 так, чтобы его баллон был выше панели. Такое расположение фотоэлемента предотвращает действие на него отраженных от панели лучей. Кроме того, на панели закрепляют потенциометр на 500 ком (рис. 1, д). Соединения выполняются по схеме, приведенной на рисунке 8.

7. *Вакуумный диод и стабилитрон.* На панели (рис. 1, е) укрепляют ламповую восьмиштырьковую панельку, в которую вставляют лампу типа 6Х6С или стабилитрон типа СГ-4С. К ножкам 2, 5, 7, 8 панельки припаивают провода, которые присоединяют к зажимам, как показано на схеме (рис. 9).

8. *Вакуумный триод.* Посредине панели (рис. 1, ж) укрепляют ламповую восьмиштырьковую панельку. От ножек 2, 3,

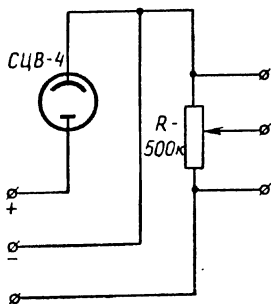


Рис. 8

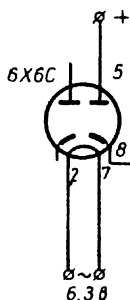


Рис. 9

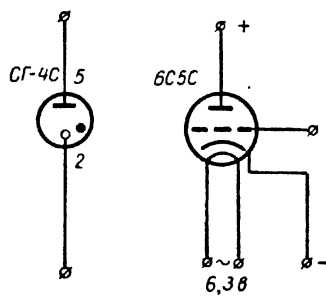


Рис. 10

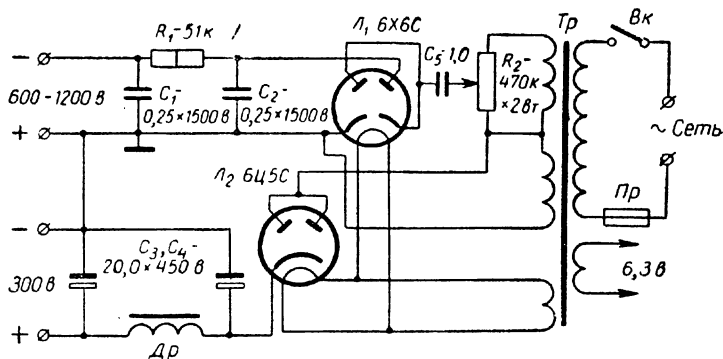


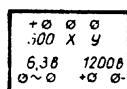
Рис. 11

5, 7, 8 делают отпайки, которые присоединяют к зажимам (рис. 10).

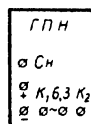
При проведении опытов, кроме описанных блоков комплекта, используются следующие приборы, имеющиеся в школьном кабинете физики: кенотронный выпрямитель, электропроигрыватель, реостаты на 500 ом и 5 ком, автотрансформатор лабораторный (РНШ), трансляционный громкоговоритель на 0,25 вт, головные телефоны, батарея конденсаторов с максимальной емкостью 60 мкф, полупроводниковые диоды на панели.

Кроме того, надо иметь высоковольтный выпрямитель, который можно изготовить по схеме, представленной на рисунке 11. Он состоит из однополупериодного выпрямителя на лампе типа 6Ц5С, обеспечивающего напряжение 300 в, и однополупериодного выпрямителя с умножением напряжения на лампах 6Х6С, дающего регулируемое напряжение в пределах от 600 до 1200 в. С крайних зажимов выпрямителя (—1200, +300 в) можно получить напряжение 1500 в.

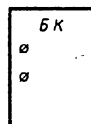
Для измерения анодного тока, анодного напряжения и сеточного потенциала нужны миллиамперметр на 30 ма и вольтметры на 250 и 15 в.



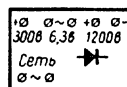
Блок электронно-лучевой трубки



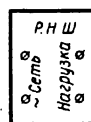
Генератор пилообразного напряжения



Батарея конденсаторов



Выпрямитель



Школьный лабораторный автотрансформатор

Рис. 12

Для упрощения схем установок, используемых при проведении опытов, ниже применяются обозначения, показанные на рисунке 12.

Снятие вольт-амперной характеристики диода

Оборудование: панель с диодом типа 6Х6С, выпрямитель, реостат на 5 ком , 0,2 а , миллиамперметр на 30 ма , вольтметр на 250 в .

Собирают цепь по схеме, приведенной на рисунке 13. Повышая при помощи потенциометра анодное напряжение ступенями через 5 в , записывают показания приборов 8 раз (дальнейшее увеличение анодного напряжения вызывает разогрев анода).

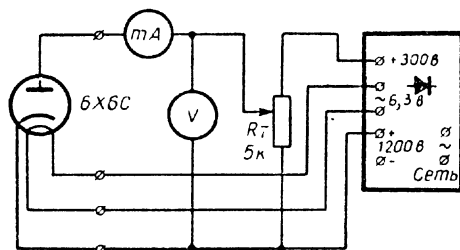


Рис. 13

По результатам измерения строят графики зависимости анодного тока от анодного напряжения. Поскольку лампа типа 6Х6С имеет оксидный катод, насыщения анодного тока не наблюдается.

Снятие сеточной и анодной характеристик триода

Оборудование: панель с триодом типа 6С5С, выпрямитель, реостат на 500 ом , реостат на 5 ком , вольтметры на 250 и 15 в , миллиамперметр на 30 ма , две батарейки для карманного фонаря.

Для проведения опыта собирают установку по схеме, показанной на рисунке 14.

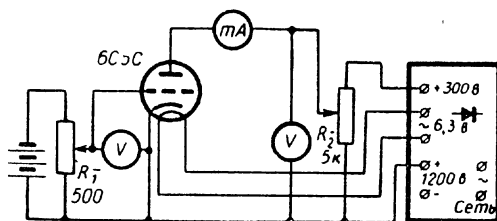


Рис. 14

С помощью потенциометра R_2 устанавливают анодное напряжение 150 в. Изменяя потенциал сетки от -8 в до 0, записывают через каждые 2 в показания миллиамперметра. Опыт повторяют при анодном напряжении 100 в. По полученным данным строят графики зависимости анодного тока от потенциала сетки.

Для снятия анодной характеристики устанавливают потенциометром R_1 потенциал сетки -2 в и изменяют потенциометром R_2 анодное напряжение от 0 до 240 в ступенями через 40 в, записывая каждый раз показания приборов. Опыт повторяют при потенциале сетки, равном нулю. По полученным данным строят графики зависимости анодного тока от анодного напряжения.

По характеристикам можно определить параметры трехэлектродной лампы: крутизну, внутреннее сопротивление, коэффициент усиления.

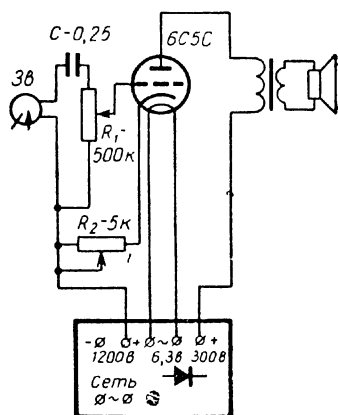


Рис. 15

Усиление электрических колебаний звуковой частоты

Оборудование: панель с лампой типа 6C5C, электропроигрыватель, потенциометр на 500 Ω , реостат на 5 Ω , выпрямитель.

Собирают цепь по схеме, показанной на рисунке 15. Включив выпрямитель и проигрыватель в сеть, прослушивают громкое воспроизведение звука.

Основные свойства электронного пучка

Оборудование: блок электроннолучевой трубки, выпрямитель, школьный универсальный трансформатор, электромагнит разборный, регулятор напряжения (РНШ), полосовой и подковообразный постоянные магниты.

К блоку электроннолучевой трубки присоединяют выпрямитель и включают последний в сеть. Изменяя отрицательный потенциал на управляющем электроде трубки и потенциал первого анода, демонстрируют регулировку яркости пятна на экране и фокусировку электронного пучка, а изменяя напряжение на отклоняющих пластинах, демонстрируют смещение светящегося пятна на экране.

Если на одну пару отклоняющих пластин подать переменное напряжение с автотрансформатора, то электронный пучок начинает колебаться и на экране наблюдается светящаяся полоска, длина которой зависит от амплитуды поданного напряжения.

Далее показывают действие магнитного поля на пучок. Вблизи трубки помещают полосовой или подковообразный магнит и наблюдают смещение светящегося пятна на экране и зависимость направления этого смещения от расположения полюсов магнита.

Установив пучок по центру экрана, помещают вблизи трубки (на расстоянии 10—15 см) катушку электромагнита, питаемую от вторичной обмотки трансформатора. Под действием переменного магнитного поля электронный пучок колеблется и на экране возникает светящаяся полоска.

Получение осциллограмм переменного тока и выпрямленного тока

Оборудование: блок электроннолучевой трубки, выпрямитель, генератор пилообразного напряжения, автотрансформатор (РНШ), потенциометр на 5 кОм, батарея конденсаторов, панель с вакуумным диодом типа 6Х6С.

Собирают установку по схеме, изображенной на рисунке 16. Замкнув ключ *K*, наблюдают образование на экране линии развертки луча. Затем включают регулятор напряжения в сеть. Переменное напряжение с него поступает на вертикально отклоняющие пластины, и на экране появляется синусоидальная ос-

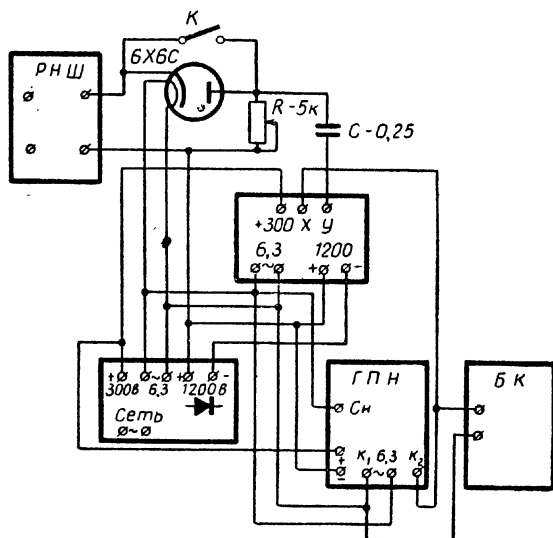


Рис. 16

циллограмма переменного тока. Обращают внимание на то, что увеличение напряжения на вертикально отклоняющих пластинах вызывает увеличение амплитуды синусоиды на экране.

Изменяя частоту пилообразного напряжения развертки, показывают, что осциллограмма на экране получается неподвижной лишь в тех случаях, когда частота сигнала кратна частоте развертки.

Если разомкнуть ключ K , то можно демонстрировать одноступенчатую проводимость диода: на экране видна характерная осциллограмма однополупериодного выпрямления.

Выпрямление переменного тока

Оборудование: блок электроннолучевой трубки, выпрямитель, генератор пилообразного напряжения, батарея конденсаторов, автотрансформатор (РНШ), панель с двумя полупроводниковыми диодами, реостаты на 500 ом и 5 ком, батарея электролитических конденсаторов с максимальной емкостью 60 мкф, три выключателя.

Соединив блоки по схеме, приведенной на рисунке 17, включают автотрансформатор в сеть и устанавливают на его выходе

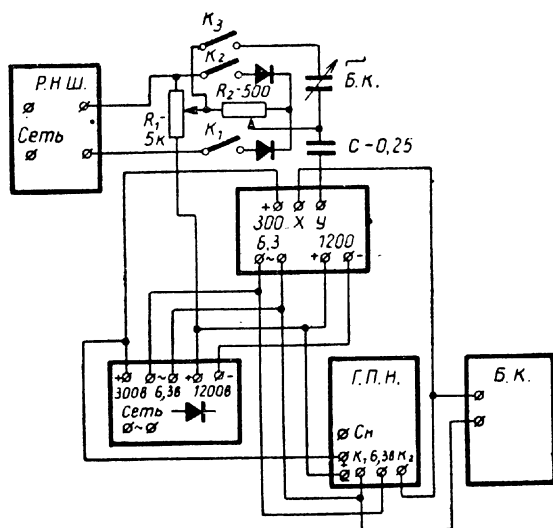


Рис. 17

напряжение 50—60 в. На экране трубки появляется осциллограмма сетевого переменного тока. Далее замыкают ключ K_1 . На экране возникает осциллограмма однополупериодного выпрямления переменного тока. Если же дополнительно замкнуть

K_2 , можно наблюдать осциллограмму двухполупериодного выпрямления. При замыкании ключа K_3 происходит сглаживание пульсаций выпрямленного тока.

Звуковой генератор

Оборудование: генератор пилообразного напряжения, панель с триодом типа 6С5С, выпрямитель, трансляционный динамик на 0,25 вт, батарея конденсаторов, панель с потенциометром на 500 ком, реостат на 5 ком.

Собирают усилитель низкой частоты на лампе 6С5С и к его входу присоединяют выход генератора пилообразного напряжения (рис. 18). На выход усилителя включают динамик. Питание

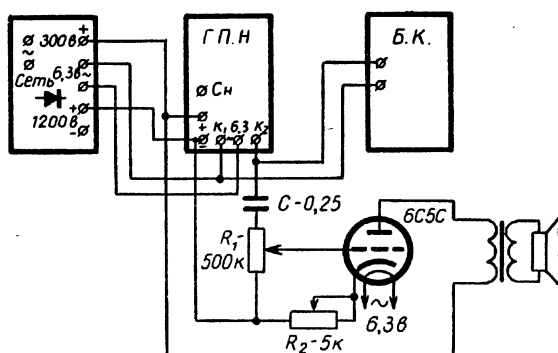


Рис. 18

генератора и усилителя осуществляют от выпрямителя. С помощью потенциометра R_1 устанавливают нужную громкость звучания. Исследуют зависимость высоты тона от частоты.

Стабилизация напряжения

Оборудование: автотрансформатор (РНШ), выпрямитель, стабилизатор типа СГ-4С на панели, реостат на 500 ком, вольтметр на 250 в.

Собирают установку по схеме, приведенной на рисунке 19. Нагрузкой выпрямителя служит реостат на 500 ком. Изменяя с помощью автотрансформатора напряжение на входе выпрямителя (имитируются колебания напряжения в сети), следят за показаниями вольтметра, присоединенного к нагрузке. Замечают, что при изменении напряжения, подводимого к цепи стабилизатора, от 160 до 220 в напряжение на нагрузке практически остается неизменным.

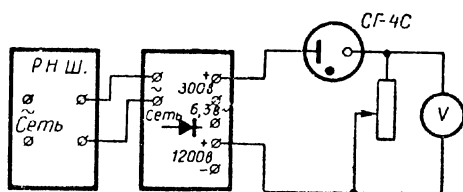


Рис. 19

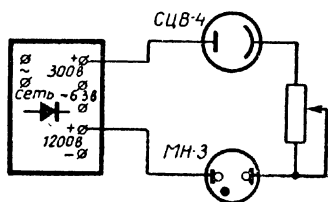


Рис. 20

Регистрация фототока

Оборудование: панель с фотоэлементом типа СЦВ-4, панель с неоновой лампой типа МН-3, выпрямитель, реостат на 500 ком.

Собирают цепь по схеме, показанной на рисунке 20. Когда фотоэлемент затемнен, неоновая лампа не зажигается. При освещении фотоэлемента неоновая лампа зажигается. По яркости свечения неоновой лампы можно судить о величине фототока.

Реле максимального напряжения

Оборудование: панель с неоновой лампой и поляризованным реле выпрямитель, реостат на 5 ком.

С выпрямителя через потенциометр подают напряжение к цепи, состоящей из неоновой лампы и катушки поляризованного реле, соединенных последовательно (рис. 21).

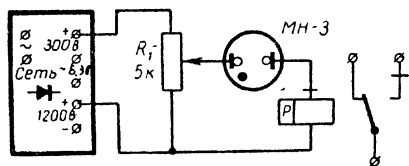


Рис. 21

Перемещая ползун потенциометра, увеличивают напряжение на неоновой лампе. Когда напряжение на лампе станет равным потенциалу зажигания, она вспыхивает и реле срабатывает. Контакты реле могут включить сигнальное устройство или же отключить нагрузку (например, телевизор) от сети. Затем устанавливают напряжение, близкое к потенциалу зажигания лампы. При возрастании напряжения в сети потребители выключаются.

Реле времени на неоновой лампе

Оборудование: панель с неоновой лампой и поляризованным реле, панель с реле типа РНК и кнопкой, батарея конденсаторов, реостат на 5 ком, выпрямитель.

Собирают цепь по схеме, приведенной на рисунке 22. При нажатии кнопки K реле P_2 срабатывает. При этом контакты $1KP_2$

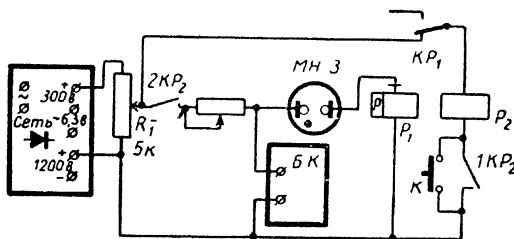


Рис. 22

блокируют кнопку, а через контакты $2KP_2$ заряжается конденсаторная батарея. Когда напряжение на конденсаторной батарее достигает величины потенциала зажигания, неоновая лампа вспыхивает и реле P_1 срабатывает. Контакты KP_1 разрывают цепь катушки реле P_2 , и контакты $1KP_2$ отключают нагрузку. Изменяя емкость конденсаторной батареи и сопротивление, через которое она заряжается, регулируют продолжительность работы нагрузки.

Фотореле с выдержкой времени

Оборудование: панель с фотоэлементом, батарея конденсаторов, панель с неоновой лампой и поляризованным реле, выпрямитель, реостат на 5 ком.

Схема установки приведена на рисунке 23.

При затемненном фотоэлементе конденсаторная батарея не заряжается, неоновая лампа остается незажженной, реле не срабатывает и цепь нагрузки замкнута.

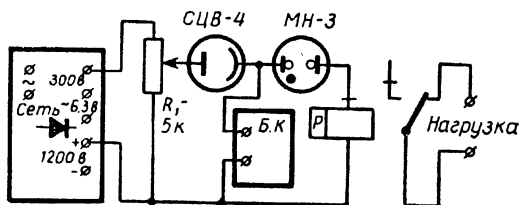


Рис. 23

Если осветить фотоэлемент, появится фототок и конденсаторная батарея будет постепенно заряжаться. Когда напряжение на ней станет равным потенциалу зажигания, неоновая лампа вспыхнет и реле сработает. Контакты реле при этом отключат нагрузку. Понятно, что выдержка времени зависит от освещенности фотоэлемента.

Данная схема может быть положена в основу автоматического фотоэкспозиметра для фотопечати; при этом нагрузкой будет являться лампа фотоувеличителя.

З. М. РЕЗНИКОВ

(г. Шахты)

КОМПЛЕКТ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ОПЫТОВ ПО ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКЕ

Комплект может быть использован для демонстрации опытов на уроках, при проведении практических работ с учащимися и на внеклассных занятиях. Входящие в комплект детали укреплены на отдельных панелях; выводы деталей присоединены к клеммам.

Комплект состоит из следующих деталей:

1. Электромагнитное реле переменного тока типа РПТ-100 (рис. 1). Рабочее напряжение — 220 в. Условное обозначение¹ — P_1 .

2. Телефонное реле постоянного тока (рис. 2). Обмотка реле состоит из двух секций по 5100 витков. Сопротивление каждой секции — 275 ом. Применяя различные способы включения сек-

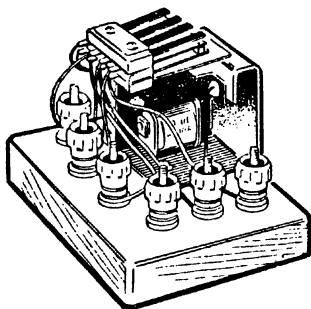


Рис. 1.

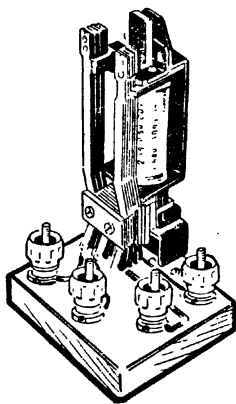


Рис. 2

¹ Здесь и далее приводятся условные обозначения элементов описываемого комплекта, которые используются на схемах в данной статье.

ций, можно изменять чувствительность реле. Контактные выводы сделаны от двух пар контактов — нормально замкнутых и нормально разомкнутых. Условное обозначение — P_2 .

3. Электронная лампа типа 6К7 (рис. 3). Условное обозначение — L .

4. Два электролитических конденсатора емкостью 10 мкф (рис. 4). Рабочее напряжение — 450 в. Условное обозначение — C_1 .

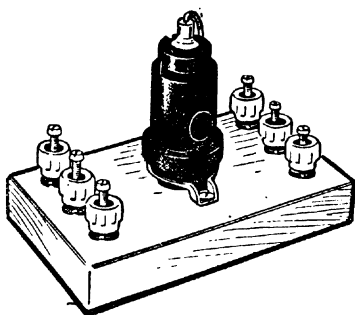


Рис. 3

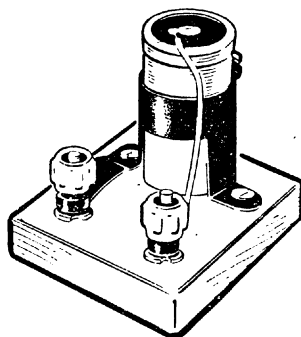


Рис. 4

5. Конденсатор бумажный типа МБГП-2 емкостью 10 мкф (рис. 5). Рабочее напряжение — 200 в. Условное обозначение — C_2 .

6. Конденсатор подстроечный емкостью 5—25 пф (рис. 6). Условное обозначение — C_3 .

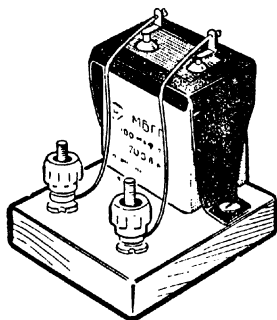


Рис. 5

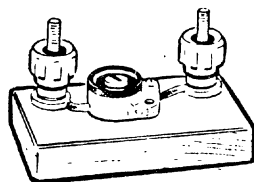


Рис. 6

7. Конденсатор керамический емкостью 30 пф (рис. 7). Условное обозначение — C_4 .

8. Переменное сопротивление (потенциометр) на 1,5 Мом (рис. 8). Условное обозначение — R_1 .

9. Сопротивления на 30 *ком* и 1 *Мом* (рис. 9). Условные обозначения соответственно — R_2 и R_3 .

10. Сопротивление на 33 *Мом*. Это сопротивление можно составить из нескольких сопротивлений, соединив их последовательно. Всю цепочку помещают в картонную трубку и заливают парафином (рис. 10.) Условное обозначение — R_3 .

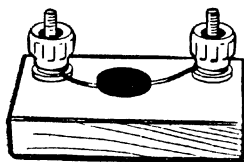


Рис. 7

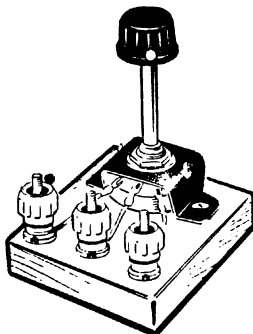


Рис. 8

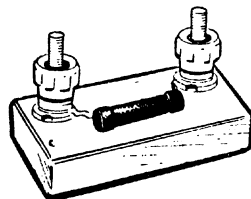


Рис. 9

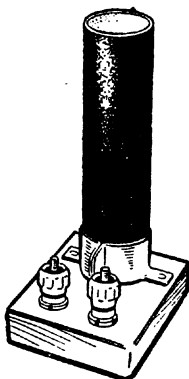


Рис. 10

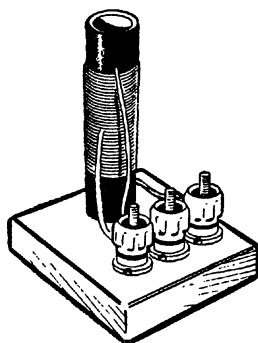


Рис. 11

11. Катушка индуктивности (рис. 11). Диаметр каркаса — 20 *мм*. Обмотка выполнена проводом марки ПЭ-0,4 и содержит 100 витков с отводом от среднего витка. Условное обозначение — L .

12. Трансформатор тока (рис. 12). Первичная обмотка содержит 300 витков провода типа ПЭ-0,14. Вторичная обмотка состоит из трех секций, по 15 витков провода марки ПЭ-0,9 в каждой. Условное обозначение — Tr .

13. Селеновый столбик из двух шайб диаметром 4—5 *мм* (рис. 13). Условное обозначение — B .

14. Кнопки «пуск» и «стоп» (рис. 14). Это две звонковые кнопки, одна из которых переделана так, чтобы ее контакты были нормально замкнуты. Условные обозначения — *П* и *С*.

15. Полупроводниковое термосопротивление типа ММТ-1, ММТ-4 или ММТ-8 (рис. 15). Условное обозначение — *Т*.

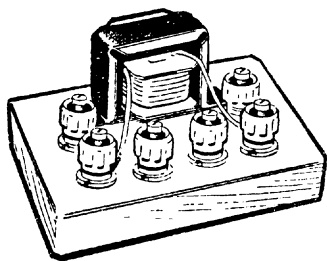


Рис. 12

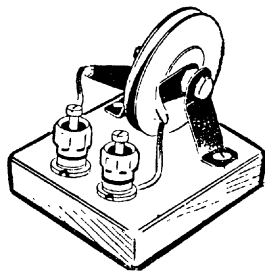


Рис. 13

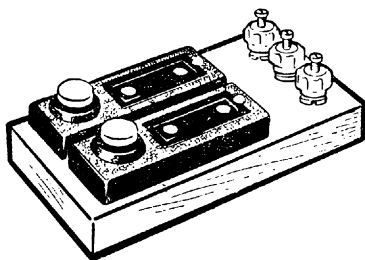


Рис. 14

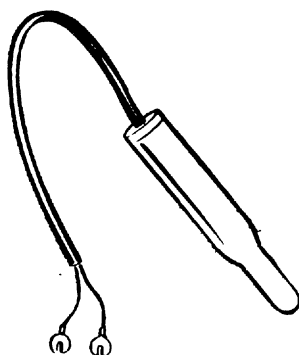


Рис. 15

Используя эти детали и некоторые типовые приборы, имеющиеся в школьном кабинете физики, можно собирать ряд автоматических устройств и знакомить учащихся на простых примерах с принципами электроавтоматики.

Магнитный пускатель

Магнитный пускатель собирается из реле P_1 и кнопок «пуск» и «стоп» по схеме, приведенной на рисунке 16. При проведении демонстрации управляемым потребителем служит маломощный однофазный или трехфазный двигатель.

Термозащита двигателя

В опыте используется небольшой двигатель трехфазного тока с электромагнитным тормозом, позволяющим менять механическую нагрузку на вал. В корпусе двигателя просверливают небольшое отверстие, в которое вставляется термосопротивление. Для обеспечения хорошего теплового контакта термосопротивление обматывают металлической фольгой так, чтобы оно входило в отверстие плотно. Установку собирают по схеме, приведенной на рисунке 17. В цепь термосопротивления включают источник

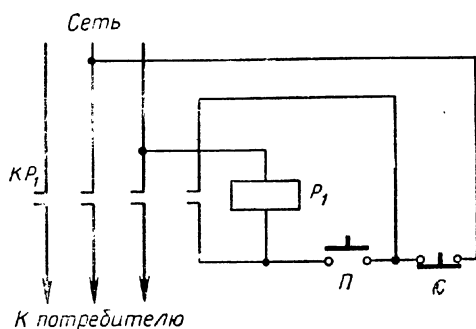


Рис. 16

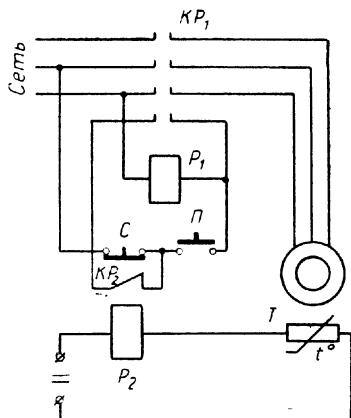


Рис. 17

постоянного напряжения на 70 в. Такое напряжение обеспечивает срабатывание реле P_2 при небольшом повышении температуры корпуса двигателя.

Включив установку, увеличивают ступенями через каждые 5 мин нагрузку на вал двигателя. При большой нагрузке температура двигателя повышается настолько (перегрев), что вследствие уменьшения сопротивления термодатчика реле P_2 срабатывает и магнитный пускатель отключает двигатель от сети.

Емкостное реле

При сборке простейшего емкостного реле (рис. 18) нить накала включается в сеть через лампу накаливания на 220 в, 60 вт. Этим обеспечивается ток накала 0,3 а. Изменяя емкость подстроечного конденсатора C_3 , добиваются наибольшей чувствительности реле. При этой регулировке следует пользоваться отверткой, закрепленной на конце длинного деревянного стержня; сам экспериментатор должен находиться на значительном расстоя-

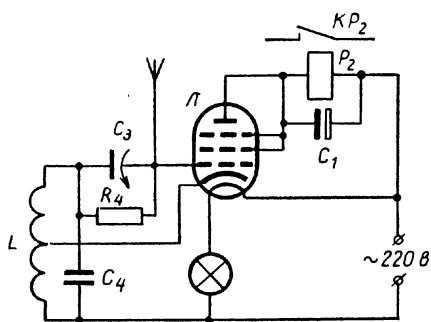


Рис. 18

руется. С цепочки гридлика $C_3 R_4$ подается на управляющую сетку лампы большой отрицательный потенциал. Анодный ток лампы при этом имеет минимальное значение, и электромагнитное реле P_2 не срабатывает. Приближение к антенне проводящего предмета вызывает увеличение емкости, шунтирующей колебательный контур. Эквивалентное сопротивление контура снижается; поэтому уменьшается амплитуда высокочастотных колебаний на контуре. В результате меньшим становится отрицательный потенциал сетки; анодный ток возрастает и вызывает срабатывание электромагнитного реле P_1 .

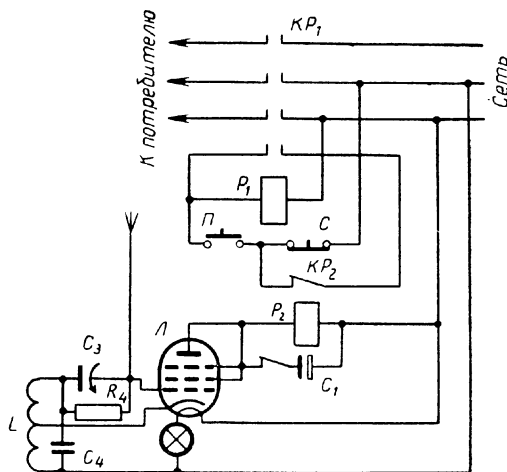


Рис. 19

На рисунке 19 показана схема установки, на которой можно продемонстрировать использование емкостного реле для обеспечения безопасности, например, при выполнении работ в зоне вы-

сокого напряжения. Приближение человека к антенне вызывает срабатывание реле P_2 . При этом магнитный пускатель отключает линию высокого напряжения. Для полной защиты надо опасную зону окружить антенной емкостного реле.

Реле аварийного тока

Датчиком величины тока служит трансформатор Tr . Его первичная обмотка включается в контролируемую цепь последовательно (рис. 20). Напряжение со вторичной обмотки после вы-

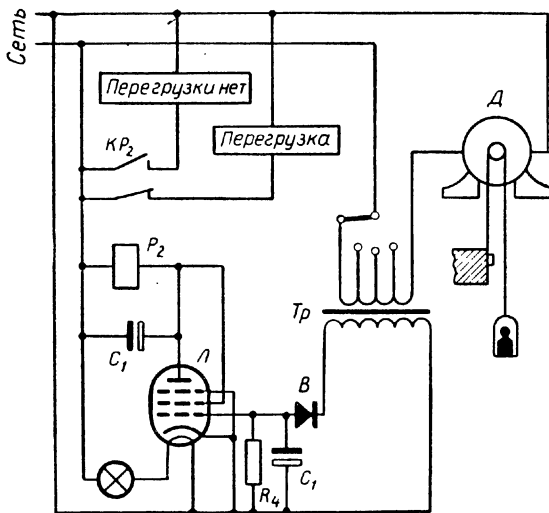


Рис. 20

прямления селеновым столбиком поступает на управляющую сетку лампы в качестве отрицательного смещения. При малом токе в контролируемой цепи отрицательный потенциал сетки невелик и якорь реле притянут. Когда же ток чрезмерно возрастает, отрицательный потенциал сетки увеличивается (по абсолютной величине), лампа запирается и контакты реле переходят в противоположное состояние. В первом случае светится табло «Перегрузки нет», а во втором — табло «Перегрузка».

Изменяя число витков первичной обмотки трансформатора, включенных в контролируемую цепь, устанавливают необходимое предельное значение контролируемого тока.

При проведении опыта увеличивают постепенно механическую нагрузку на вал двигателя. Когда потребляемый ток достигает предельного значения, световые табло подают соответствующий сигнал.

На рисунке 21 приведена схема автоматической системы блокировки сети от токовой перегрузки. При большой силе тока в цепи нагрузки электромагнит реле P_2 отпускает якорь и контакты KP_2 размыкают цепь катушки магнитного пускателя, который отключает нагрузку от сети.

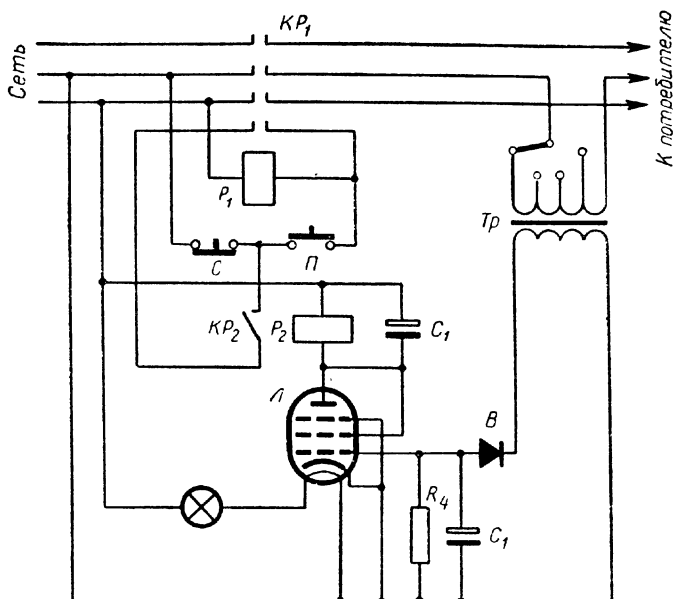


Рис. 21

Электронное реле времени

Датчиком времени служит ячейка, образованная конденсатором C_2 и переменным сопротивлением R_2 (рис. 22). При разомкнутом ключе K конденсатор C_2 заряжается через лампу L_1 и промежуток катод — управляющая сетка электронной лампы. Отрицательный потенциал с конденсатора подается на управляющую сетку, и лампа L заперта. Если теперь замкнуть ключ K , то лампа L_1 сразу загорится, а конденсатор C_2 начнет разряжаться через сопротивление R_1 . Лампа L отпирается, и через определенное время срабатывает реле P_2 и выключает лампу L_1 . Время, в течение которого лампа L_1 горит, определяется величиной постоянной времени $\tau = C_2 R_1$ разряда конденсатора C_2 . Это время можно регулировать переменным сопротивлением R_1 . Чтобы подготовить реле к новому циклу, надо на короткое время разомкнуть ключ K и этим дать конденсатору C_2 зарядиться.

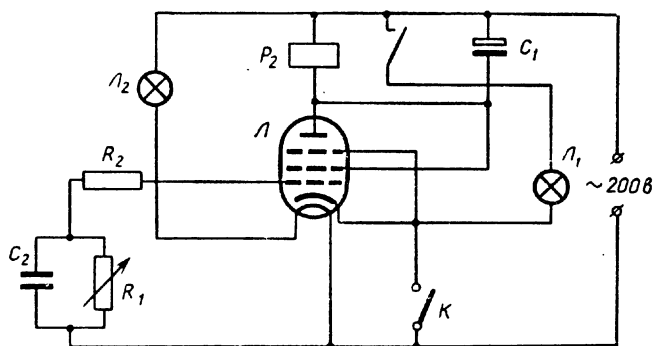


Рис. 22

Описанное устройство с успехом используется в практике фотографической печати. При этом L_2 представляет собой лампу красного фонаря, а L_1 — лампу фотоувеличителя.

Фотореле

Схема составляемого из деталей комплекта фотореле представлена на рисунке 23. Анодный ток электронной лампы, проходя по обмотке электромагнитного реле, создает на нем напряжение, которое подается в фотоэлектрическую цепь. Однако, пока фотоэлемент не освещен, в этой цепи тока нет и на сопротивлении R_3 нет падения напряжения. При этом потенциал управляющей сетки равен потенциалу катода. В анодной цепи протекает значительный ток и якорь реле притянут.

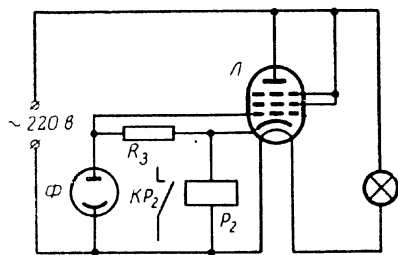


Рис. 23

Если же осветить фотоэлемент, в фотоэлектрической цепи появится ток и на сопротивлении R_3 выделяется напряжение.

С этого сопротивления поступает на сетку лампы отрицательный потенциал, а анодный ток уменьшается. Электромагнит отпускает якорь, и контакты реле производят соответствующие переключения.

При проведении опытов лампа накаливания, включенная в цепь нити накала электронной лампы, может использоваться в качестве осветителя фотоэлемента. Заметим, что весьма важно соблюдать указанную на схеме полярность включения фотоэлемента. В противном случае фотореле действовать не будет.

С помощью фотореле можно демонстрировать автоматическое включение ламп искусственного освещения. Схема соответствующей установки показана на рисунке 24. При проведении опыта нормально замкнутые контакты реле P_2 соединяют с контактами выключателя освещения физического кабинета, а фотоэлемент располагают возле окна так, чтобы при затемнении окна затемнялся и фотоэлемент. Выключатель оставляют разомкнутым. Пока окно не затемнено, лампы не горят. При затемнении окна лампы зажигаются.

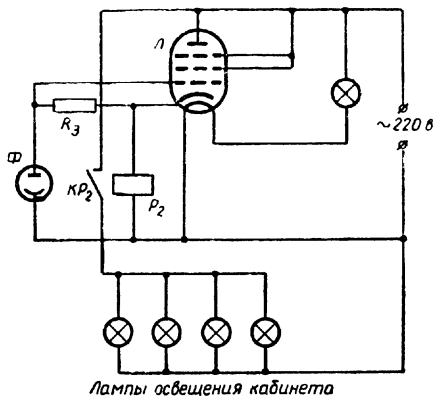


Рис. 24

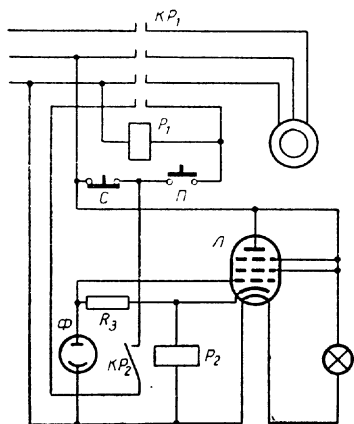


Рис. 25

Целесообразно также продемонстрировать принцип использования фотореле в технике безопасности. С этой целью надо собрать установку по схеме, приведенной на рисунке 25. Осветителем фотоэлемента служит лампа, включенная в цепь накала. Фотоэлемент и осветитель размещают так, чтобы луч света преграждал путь к опасной зоне (в данной демонстрации — пространство около включенного электродвигателя). При появлении в этой зоне постороннего предмета, преграждающего световой луч, контакты KP_2 разрывают цепь управления магнитного пускателя и двигатель отключается от сети.

Этот опыт можно провести в школьной мастерской, например, у сверлильного станка или циркулярной пилы.

СОЛЕНОИД НА ПОПЛАВКЕ

Прибор представляет собой поплавок, несущий цилиндрическую катушку или прямоугольную проволочную рамку.

Поплавком служит круглая пластмассовая коробочка емкостью не менее $300\text{--}350\text{ см}^3$. Внутри коробочки находится батарейка от карманного фонаря, выводы которой присоединены к штепсельным гнездам, установленным на крышке коробочки (рис. 1).

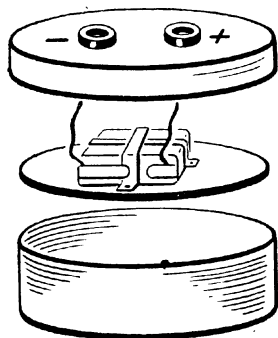


Рис. 1

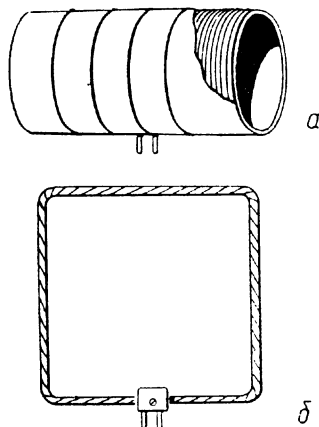


Рис. 2

Цилиндрическая катушка наматывается на каркас, склеенный из плотной бумаги. Диаметр каркаса — 70 мм, длина — 100 мм. Катушка содержит 120—140 витков проволоки диаметром 0,3 мм. Катушку обклеивают белой бумагой, поверх которой наматывают последние 3—4 витка. Для того чтобы последние витки были отчетливо видны, на проволоку следует надеть кусок оплетки от осветительного шнура. Выводы обмотки катушки присоединяются к штепсельной вилке (рис. 2, а).

Прямоугольная рамка (рис. 2, б) содержит 120—140 витков медной проволоки диаметром 0,3 мм.

Ниже описываются опыты, которые проводятся при помощи данного прибора.

Ориентировка соленоида в магнитном поле Земли. Установив цилиндрическую катушку на поплавке, помещают прибор в большой кристаллизатор с водой. При этом ось соленоида устанавливается по направлению магнитного меридиана.

Взаимодействие соленоидов. В большой кристаллизатор с водой помещают плавающий соленоид. Рядом помещают неподвижный соленоид. В качестве неподвижного соленоида можно использовать «Прибор для демонстрации магнитного поля кругового тока»

Если соленоиды сначала обращены друг к другу одноименными полюсами, плавающий соленоид отталкивается, разворачивается на 180° , а затем притягивается к неподвижному соленоиду.

Действие магнитного поля на ток. На поплавке устанавливают прямоугольную рамку. На рамке помещают бумажную стрелку, которая показывает направление тока. Поднося к рамке подковообразный магнит, наблюдаем движение поплавка (рис 3).

На основе этого опыта формулируют правило левой руки.

Взаимодействие параллельных токов. На поплавке устанавливают прямоугольную рамку. Рядом помещают контур от прибора «Движение витка в магнитном поле». К прямоугольной рам-

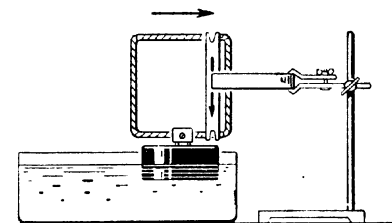


Рис. 3

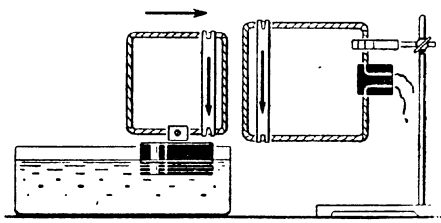


Рис. 4

ке и контуру прикрепляют бумажные стрелки, указывающие направление токов (рис. 4). Учащиеся наблюдают притяжение одинаково направленных токов и отталкивание токов, имеющих противоположные направления.

Г. А. ЗАБИРОВ

(г. Казань)

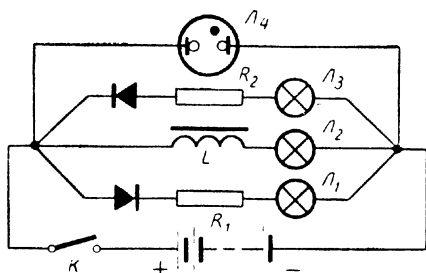
ПРИБОР ДЛЯ ДЕМОСТРАЦИИ ЯВЛЕНИЯ САМОИНДУКЦИИ

Прибор представляет собой вертикальную панель, на которой выполнен монтаж по схеме, представленной на рисунке. В основе действия этой схемы лежит свойство односторонней проводимости диодов.

Катушка L содержит 6000 витков провода типа ПЭ диаметром $1,0 \text{ мм}^2$, намотанных двумя секциями по 3000 витков. Она надета на замкнутый железный сердечник с площадью поперечного сечения 64 см^2 . Сопротивления R_1 и R_2 подбираются равными

активному сопротивлению катушки.

Лампы накаливания L_1 , L_2 и L_3 должны быть одинаковыми и рассчитанными на номинальное напряжение, равное напряжению, которое падает на них в данной схеме, и номинальную силу тока 0,1—0,15 а. В качестве выключателя K берется тумблер, дающий при переключениях достаточно громкие щелчки. Источник тока должен иметь э. д. с. 15—25 в (аккумуляторная батарея или батарея сухих элементов).



При замыкании цепи лампа L_1 загорается сразу, а лампа L_2 — с некоторым опозданием; лампа же L_3 вовсе не загорается. При размыкании цепи лампа L_1 гаснет сразу, а лампа L_2 некоторое время продолжает гореть; вместе с тем вспыхивает лампа L_3 .

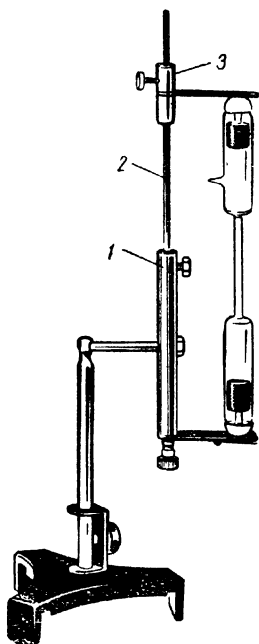
Если вывернуть лампу L_3 , то при размыкании ключа K вспыхивает неоновая лампа L_4 , что свидетельствует о том, что э.д.с. самоиндукции при размыкании цепи значительно больше э.д.с. источника тока.

Достоинством данного прибора является то, что он позволяет демонстрировать явление самоиндукции в одной и той же катушке как при замыкании, так и при размыкании цепи.

С. И. КНЯЗЕВ, Н. Я. КАЗАНЦЕВ
(г. Свердловск)

ШТАТИВ ДЛЯ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ТРУБОК

При демонстрации трубок Гейслера и проведении опытов со спектральными газоразрядными трубками удобно применять специальный штатив, устройство которого понятно из рисунка. Трубка 1 и стержень 2 изготавливаются из изоляционного материала. Остальные детали металлические. Напряжение к электродам трубок подводится через зажимы, установленные на муфте 3 и на конце изоляционной трубки.



ДЕЙСТВУЮЩАЯ МОДЕЛЬ СТРОКИ ИКОНОСКОПА

Прибор предназначен для демонстрации «считывания» электрического изображения, получающегося в строке иконоскопа.

Внешний вид прибора показан на рисунке 1, а его принципиальная схема — на рисунке 2. При освещении фотоэлементов кон-

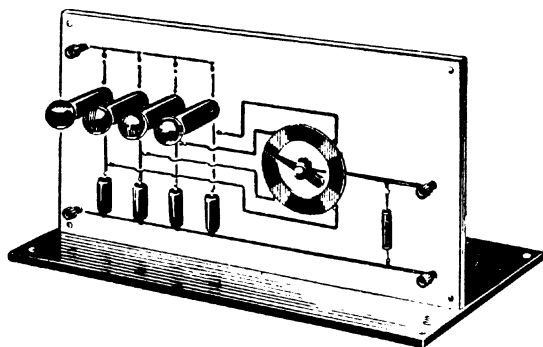


Рис. 1

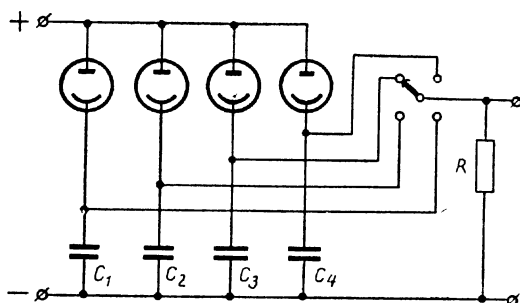


Рис. 2

денсаторы $C_1 - C_4$ «накопят» заряды, пропорциональные освещенности фотокатодов. С помощью механического переключателя конденсаторы $C_1 - C_4$ поочередно разряжаются через сопротивление R .

При непрерывном и равномерном вращении движка переключателя с прибора снимается за каждый оборот 4 импульса напряжения. Величина каждого из них определяется освещенностью со-

ответствующих фотоэлементов. В этом и состоит «считывание» строки.

Импульсы напряжения подаются на модулятор осциллографа при малой интенсивности луча; на экране получается «изображение» в виде четырех точек.

Поочередно прикрывая фотоэлементы непрозрачными колпачками, наблюдают на экране осциллографа исчезновение соответствующих точек.

Движок переключателя приводится во вращение с помощью микродвигателя. При демонстрации подбирают частоту вращения двигателя равной частоте развертки луча осциллографа.

А. Н. НИКОЛАЕВ

(г. Москва)

ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ

Основанием прибора (рис. 1) служит прозрачная кювета, склеенная дихлорэтаном из пластин органического стекла. К боковым стенкам прибора крепится на осях рамка, в которой параллельно линии осей и в одной плоскости с ней натянуты на некотором расстоянии друг от друга две визирные нити из тонкой проволоки.

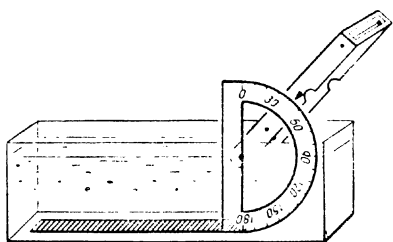


Рис. 1

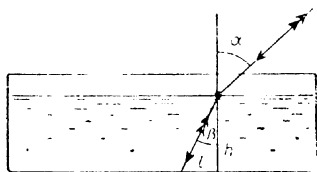


Рис. 2

К одной из боковых стенок крепится прозрачный транспортир так, чтобы центр его дуги совпадал с осью вращения рамки, а нулевое деление находилось над осью. Нулевое деление шкалы на дне кюветы должно находиться под линией осей рамки. На боковой стенке рамки наносят метку, которая по шкале транспортира указывает величину угла падения.

Для проведения опыта исследуемую жидкость наливают в кювету до уровня осей рамки. Затем рамку устанавливают так, чтобы метка на ее боковой стенке была расположена точно против определенного деления шкалы транспортира, и записывают угол падения. Далее замечают, какое деление шкалы на дне кюветы видно сквозь слой жидкости в плоскости визирных нитей, и вычисляют тангенс угла преломления (рис. 2):

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{l}{h}.$$

По величине тангенса, пользуясь тригонометрическими таблицами, определяют угол преломления и синус этого угла. Наконец вычисляют показатель преломления по формуле

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}.$$

Опыт повторяют несколько раз при различных углах падения и находят среднее арифметическое полученных значений показателя преломления.

Учащимся можно предложить описанным способом определить показатель преломления раствора сахара при различных его концентрациях (3, 6, 12%) и построить график зависимости показателя преломления от концентрации.

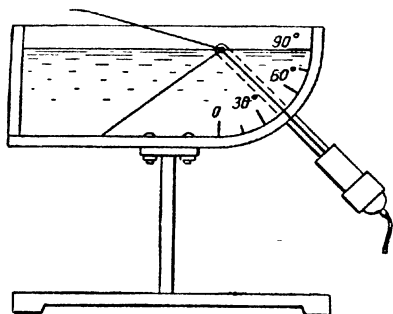
Пользуясь этим графиком, они затем могут установить концентрацию какого-нибудь раствора сахара, определив его показатель преломления. Выполнение такого упражнения даст учащимся необходимое представление о применяющемся в ряде случаев на практике (например, в медицине) методе определения концентрации растворов по их показателям преломления.

И. М. ЯКИМЕНКО
(г. Киев)

ПРИБОР ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ПОЛНОГО ОТРАЖЕНИЯ СВЕТА

Устройство прибора показано на рисунке. Основной частью прибора является склеенная из органического стекла кювета специальной формы. Закругленной цилиндрической части стенки кюветы соответствует дуга в 90° . На передней стенке кюветы нанесены градусные деления этой дуги.

В центре дуги к задней стенке кюветы прикреплена на оси планка, несущая на другом своем конце фонарь (осветитель с конденсором и щелевидной диафрагмой), обеспечивающий получение узкого плоского пучка света. Кювету заливают слабым раствором флуоресцина до уровня центра дуги.



При проведении опыта располагают сначала фонарь так, чтобы угол падения луча на границу жидкость — воздух был мал, и наблюдают преломление луча при его переходе в воздух (частич-

но луч отражается обратно в жидкость). (Для обеспечения видимости преломленного луча следует задымить пространство над жидкостью.)

Далее постепенно увеличивают угол падения и наблюдают возрастание угла преломления. После того как угол преломления достигает величины, близкой к 90° , незначительное увеличение угла падения приводит к наступлению полного отражения света от границы жидкость — воздух. Дальнейшее увеличение угла падения уже не вносит ничего нового. Измерив предельный угол полного отражения, можно вычислить показатель преломления жидкости.

Г. В. ПОПОВ

(г. Вологда)

ДВОЙНАЯ НАЛИВНАЯ ПРИЗМА

Прибор предназначен для демонстрации зависимости угла отклонения светового пучка и ширины дисперсионного спектра от показателя преломления вещества призмы.

Из пластин органического стекла склеивают с помощью дихлорэтана две одинаковые полые призмы. Обе призмы затем склеивают между собой основаниями. В основаниях образовавшейся двойной призмы просверливают отверстия, в которых нарезают резьбы. В верхнее основание ввинчивают короткий болт, служащий пробкой; под головку болта подкладывают уплотняющее резиновое кольцо. В отверстие нижнего основания ввинчивают резьбовой конец металлического стержня, предназначенного для крепления прибора в штативе (для уплотнения применяется металлическая шайба и резиновое кольцо).

В призмы наливают жидкости с различными показателями преломления, например воду и вазелиновое масло.

При проведении опыта направляют на грань двойной призмы узкий пучок света, прошедший через щель и объектив проекционного аппарата. При этом половина светового пучка должна проходить через одну призму, а вторая половина — через другую. На экране образуются в разных местах два спектра различной ширины.



РАМКА ДЛЯ ОПЫТОВ СО СВЕТОФИЛЬТРАМИ

Предлагаемая рамка предназначена для проведения ряда опытов по цветоведению. Устройство рамки показано на рисунке 1. Она имеет пазы в трех плоскостях

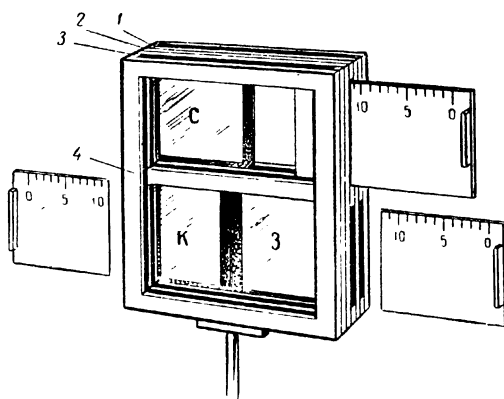


Рис. 1

В плоскости 1 размещаются в пазах три светофильтра, например основных цветов (красный, зеленый и синий): один вставляется сверху, а два других — через боковые щели. Ширина пазов в этой плоскости такова, что в них могут поместиться два светофильтра, сложенные вместе. В пазы, имеющиеся в плоскости 2, через щели в боковых стенках рамки вдвигаются непрозрачные шторки, с помощью которых можно закрывать отдельные светофильтры полностью или частично. Наконец в плоскости 3 помещается матовое стекло, перекрывающее все окно рамки.

Поскольку окно над перекладиной 4 больше размера светофильтра, имеется возможность часть света пропустить мимо светофильтров.

Шторки снабжены делениями, по которым можно судить о том, какая часть площади того или иного светофильтра открыта.

Рамка укреплена на стержне, с помощью которого при проведении опытов ее устанавливают в рейтере на оптической скамье вблизи конденсора-осветителя так, чтобы световой пучок проходил через все светофильтры. Проходящие через светофильтры цветные пучки света сходятся и, перекрывая друг друга, освещают одну из граней призмы школьного фотометра, который также устанавливается на оптической скамье (рис. 2).

Ниже описаны опыты, проводимые с помощью предлагаемой рамки.

1. *Образование белого цвета путем оптического смешения основных цветов.* Установив в рамке красный, синий и зеленый светофильтры, подбирают такие положения шторок, при которых освещенная грань призмы фотометра получается белого цвета.

2. *Оптическое смешение двух основных цветов. Дополнительные цвета.* А. Перекрывают заслонкой красный светофильтр полностью, а синий и зеленый светофильтры оставляют открытыми. Наблюдают образование на грани призмы фотометра голубого цвета ($з + с = г$). Если теперь на голубой цвет наложить красный (открыть красный светофильтр), то снова получается белый цвет

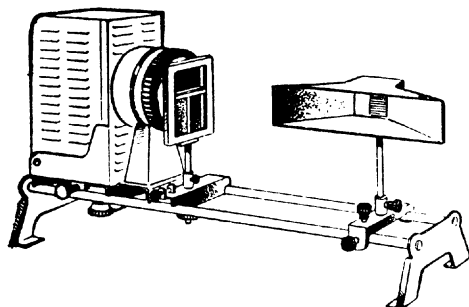


Рис. 2

($г + к = б$). Опыт показывает, что красный и голубой цвета являются взаимно дополнительными.

Б. Перекрывают полностью синий светофильтр и наблюдают образование желтого цвета ($к + з = ж$). Затем открывают синий светофильтр и убеждаются в том, что желтый и синий цвета являются взаимно дополнительными ($ж + с = б$).

В. Перекрывают полностью зеленый фильтр и демонстрируют, что в результате сложения красного и синего образуется пурпурный цвет ($к + с = п$). Затем открывают зеленый светофильтр и показывают, что пурпурный и зеленый цвета являются взаимно дополнительными ($п + з = б$).

3. *Изменение яркости цвета.* Закрывают все светофильтры и, постепенно выдвигая шторку верхнего светофильтра, а затем вдвигая ее, наблюдают постепенное изменение яркости синего цвета. Аналогично наблюдают изменение яркости красного и зеленого цветов.

Открывая или закрывая одновременно два светофильтра (третий совсем закрыт), можно показать изменение яркости дополнительных цветов.

4. *Изменение насыщенности цвета.* Оставив открытым только один светофильтр, пропускают через свободную часть окна над

перекладиной больший или меньший поток белого света и наблюдают на призме фотометра изменение насыщенности соответствующего основного цвета.

Если оставить открытыми два светофильтра и добавлять больший или меньший поток белого света, можно наблюдать изменение насыщенности дополнительного цвета.

Изменение насыщенности дополнительного цвета можно демонстрировать и другим способом. Открыв два светофильтра и получив на призме фотометра дополнительный цвет, приоткрывают постепенно третий светофильтр. Насыщенность дополнительного цвета при этом уменьшается, поскольку увеличивается доля белого света в общем световом потоке.

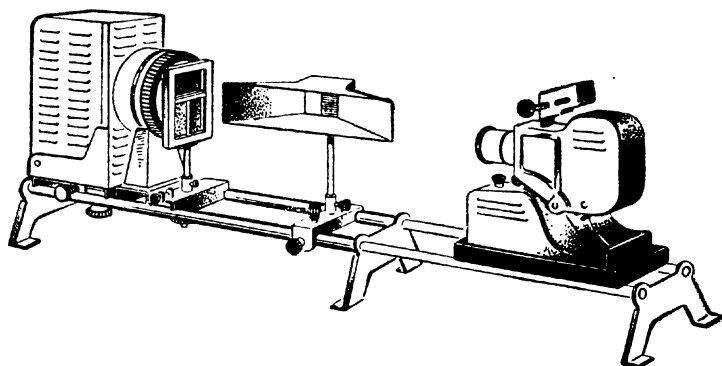


Рис. 3

5. Получение различных оттенков цвета. А. Оставляют открытыми синий и зеленый светофильтры и получают дополнительный голубой цвет. Затем постепенно закрывают зеленый фильтр и наблюдают образование различных цветных оттенков — от голубого через сине-голубой до синего. Если же постепенно закрывать синий светофильтр, можно наблюдать переход от голубого через зелено-голубой к зеленому цвету.

Б. Оставляют открытыми красный и зеленый светофильтры. Постепенно закрывая зеленый светофильтр, получают гамму оранжевых цветов, а закрывая красный фильтр, — гамму желто-зеленых (салатных) цветов.

В. Оставляют открытыми красный и синий светофильтры. Закрывая постепенно синий светофильтр, получают гамму малиновых оттенков, а закрывая постепенно красный светофильтр, — гамму вишнево-фиолетовых цветных оттенков.

Во всех этих демонстрациях можно также указанными в пунктах 3 и 4 способами показывать изменение яркости и насыщенности образующихся оттенков цвета.

6. *Изменение цвета тел при их освещении различными цветными пучками света.* К освещаемой грани призмы фотометра прикрепляют образец цветной ткани или бумаги, например голубого цвета. Перекрывая заслонками по два светофильтра, освещают образец поочередно красным, зеленым и синим светом. При этом наблюдают соответственно черный, зеленый и синий цвета образца. В качестве образца можно использовать листок белой бумаги, на котором сделана надпись голубым карандашом. Опыт следует повторить с образцами других цветов.

7. *Измерение цвета непрозрачного образца.* Образец закрепляют на одной грани призмы школьного фотометра и освещают его пучком белого света, например от фильмоскопа. Вторую грань призмы фотометра освещают цветным пучком света, прошедшим через установленные в рамке светофильтры (рис. 3). С помощью заслонок подбирают состав света, прошедшего через светофильтры, таким, чтобы оба поля сравнения фотометра имели одинаковый цвет. По величине площадей открытых частей светофильтров судят о составе измеряемого цвета образца.

8. *Измерение цвета прозрачного образца.* Опыт проводится так же, как предыдущий, но испытуемый прозрачный образец не прикрепляют к грани призмы, а помещают на пути пучка света, идущего от фильмоскопа.

9. *Образование цвета путем пропускания света через два светофильтра.* Для проведения опыта изготавливают три светофильтра дополнительных цветов — желтого, голубого и пурпурного (отфиксированные фото пленки или фотопластинки пропитывают растворами анилиновых красителей соответствующих цветов).

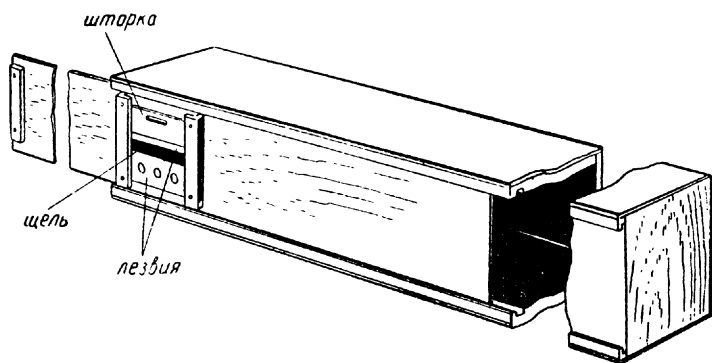
В верхнее окно рамки вставляют желтый и голубой светофильтры таким образом, чтобы они частично перекрывали друг друга. В области перекрытия образуется в проходящем свете зеленый цвет. Это объясняется тем, что желтый светофильтр поглощает синие лучи, а голубой светофильтр поглощает красные лучи. Зеленые же лучи не поглощаются ни одним из этих светофильтров. Опыт повторяют с желтым и пурпурным фильтрами (образуется красный цвет), а также с голубым и пурпурным фильтрами (образуется синий цвет).

Г. В. ПОПОВ и Г. Н. СИДОРОВ
(г. Вологда)

ФУТЛЯР К ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ ЛАМПЕ

При проведении практической работы по определению длины световой волны с помощью дифракционной решетки можно вместо софитной лампы использовать в качестве источника света люминесцентную лампу, смонтированную в специальном футляре. Футляр представляет собой узкую деревянную коробку с выдвигной

крышкой, которая перемещается в пазах, имеющих в боковых стенках (рис. 1). В крышке прорезают окно, которое перекрывается подвижной шторкой так, что образуется узкая щель, параллельная оси лампы. Шторка перемещается в пазах, образованных прикрепленными к крышке двумя поперечными рейками.



Чтобы щель имела правильную форму, используются два лезвия: одно приклеивается непосредственно к крышке, а второе — к шторке (с внутренней стороны).

ФИЗИКА АТОМА

О. Ф. КАБАРДИН, С. И. КАБАРДИНА
(г. Оренбург)

ШКОЛЬНЫЙ РАДИОМЕТР

Для проведения демонстраций и лабораторных работ по ядерной физике учебной промышленностью выпускаются лабораторный счетчик и демонстрационный индикатор ионизирующих частиц. Основным достоинством этих приборов является их высокая чувствительность к ядерным излучениям: прохождение одной заряженной частицы через рабочий объем газоразрядной счетной трубки отмечается на выходе прибора звуковым или световым сигналом.

Однако эти приборы имеют и серьезные недостатки. Используемая в них в качестве детектора ядерных излучений цилиндрическая газоразрядная счетная трубка типа СТС из-за большой толщины катода непригодна для регистрации альфа-излучения.

Кроме того, эти приборы имеют лишь звуковую или световую индикацию и при большой частоте следования регистрируемых частиц подсчитывать их и выполнять количественные измерения не представляется возможным.

Выпускаемые же предприятиями радиотехнической промышленности радиометры, пригодные для точных количественных измерений, слишком сложны и дороги. Поэтому они не могут найти применения в школьной практике.

Разработанный нами школьный радиометр не имеет отмеченных выше недостатков. Основными особенностями этого прибора является применение в нем электромеханического счетчика электрических импульсов типа МЭС-54 и торцевой газоразрядной счетной трубки типа СБТ-7. Толщина слюды во входном окошке этой трубки составляет всего около 10 мк. Сквозь такой тонкий слой слюды, кроме бета- и гамма-излучения, которые проникают практически без поглощения, проходит также значительная часть альфа-излучения. Таким образом, прибор позволяет регистрировать все три вида ядерных излучений. Достоинствами примененной в приборе торцевой счетной трубки являются также небольшая величина рабочего напряжения (380 в) и значительная величина электрического импульса на выходе (20—70 в).

Ниже приводятся две электрические схемы радиометра. Одна из них представлена на рисунке 1. Радиометр, собранный по

этой схеме, действует так. При попадании в трубку через входное окошко (или боковую стенку) ионизирующей частицы возникает вспышка газового разряда и через сопротивление R_1 протекает импульс тока. С этого сопротивления отрицательный потенциал через конденсатор C_1 поступает на вход усилительного каскада, собранного на транзисторе T_1 типа П403. На сопротивлении R_3 в коллекторной цепи образуется прямоугольный импульс напряжения величиной около 9 в и длительностью 20 мксек, который через конденсатор C_2 поступает на вход триггерной ячейки, собранной на двух транзисторах T_2 и T_3 типа П16.

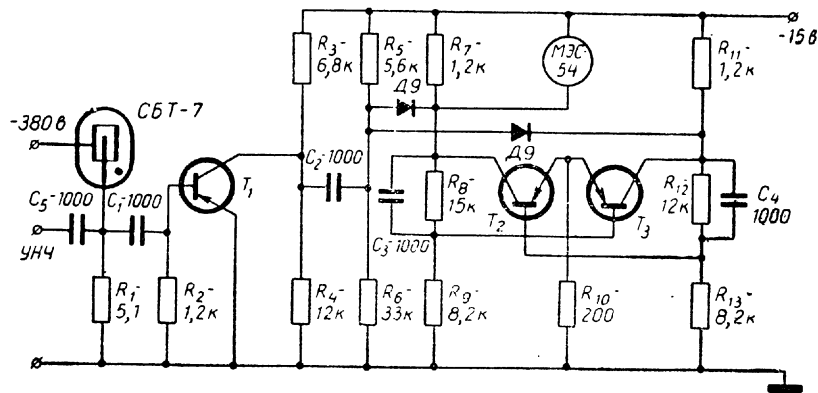


Рис. 1

Триггерная ячейка имеет два устойчивых состояния: когда левый (по схеме) транзистор проводит ток, правый (по схеме) транзистор запирается. При отпирании правого транзистора запирается левый. Перевод триггерной ячейки из одного устойчивого состояния в другое осуществляется подачей положительного импульса на базы транзисторов через диоды D_1 и D_2 типа Д9. Порог срабатывания триггерной ячейки около 3 в.

Счетчик импульсов включается в цепь коллектора транзистора T_2 . Первый положительный импульс, поступая на вход триггерной ячейки, отпирает транзистор T_2 и запирает транзистор T_3 . При отпирании транзистора T_2 импульс тока вызывает срабатывание счетчика. Поступление второго импульса на вход триггерной ячейки приводит к отпиранию транзистора T_3 и запираанию транзистора T_2 . Счетчик при этом не срабатывает. Третий импульс приводит вновь к отпиранию транзистора T_2 и срабатыванию счетчика. Таким образом, на каждые два импульса, поступающие на вход триггерной ячейки, приходится одно срабатывание счетчика, т. е. триггерная ячейка выполняет функцию пересчетного устройства с коэффициентом пересчета, равным 2.

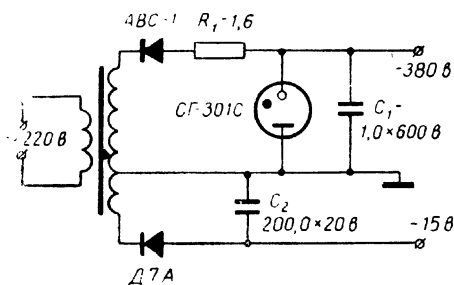


Рис. 2

Питание прибора осуществляется от выпрямителя, схема которого приведена на рисунке 2. Для стабилизации напряжения питания цепи счетной трубки (380 в) применяется стабилитрон типа СГ-301С.

На рисунке 3 приведена более простая схема радиометра. Она содержит всего один транзистор. Счет ионизирующих частиц

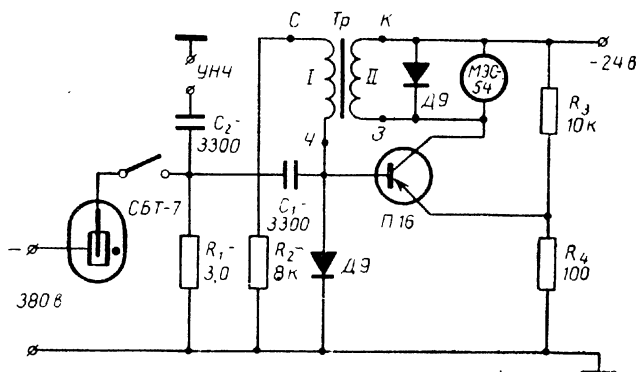


Рис. 3

радиометром, собранным по этой схеме, происходит следующим образом. При прохождении частицы через рабочий объем счетной трубки возникает вспышка газового разряда и через сопротивление R_1 протекает кратковременный импульс тока. Падение напряжения на этом сопротивлении достигает 20—70 в. Через конденсатор C_1 импульс отрицательной полярности поступает на вход блокинг-генератора, работающего в ждущем режиме (такой режим обеспечивается подачей на эмиттер транзистора отрицательного смещения около $-0,2$ в с делителя напряжения, образованного сопротивлениями R_3 и R_4). Блокинг-генератор запускается, и с обмотки II трансформатора поступает к электроме-

ническому счетчику прямоугольный импульс величиной 20 в и длительностью 10 мсек. Такая длительность импульса является оптимальной для электромеханического счетчика типа МЭС-54.

В схеме применен специальный блокинг-генератор типа БТК. Выводы этого трансформатора имеют синюю, черную, зеленую и красную изоляцию. На схеме эти выводы отмечены соответственно буквами «С», «Ч», «З» и «К».

Мертвое время блокинг-генератора равно 50 мсек; поэтому частота следования импульсов не может превысить 20 имп/сек.

Каждый импульс, поступающий с цепи счетной трубки на вход блокинг-генератора, приводит к запуску последнего и срабатыванию счетчика. Поэтому счетчик учитывает полное число частиц, зарегистрированных газоразрядным детектором излучения.

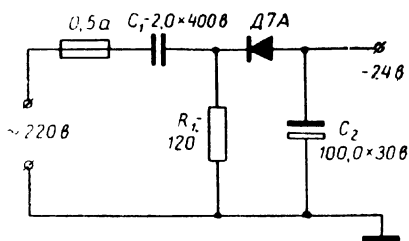


Рис. 4

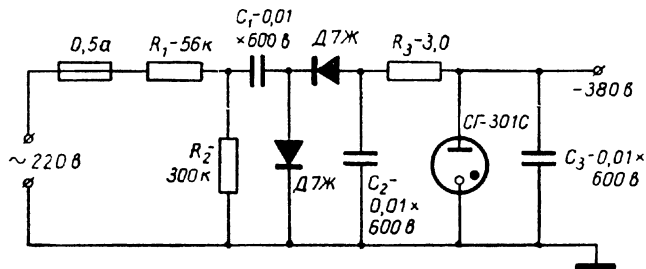


Рис. 5

На рисунках 4 и 5 приведены бестрансформаторные схемы выпрямителей для питания электронной схемы и цепи газоразрядной счетной трубки. Выпрямитель на 380 в работает по схеме удвоения напряжения. Для стабилизации выпрямленного напряжения используется стабилитрон типа СГ-301С. На вход низковольтного однополупериодного выпрямителя переменное напряжение поступает с делителя напряжения, состоящего из конденсатора C_1 и сопротивления R_1 . Радиометр работает нормально при изменениях напряжения в сети в интервале от 160 до 220 в.

Внешний вид радиометра представлен на рисунке 6. Конструктивно прибор разделен на два блока. В основном блоке смонтированы электромеханический счетчик, электронное устройство и выпрямители питания. Второй блок представляет собой коробку, в которой установлена торцовая счетная трубка. Под окошком

счетной трубки могут быть помещены на различных уровнях пластины с радиоактивными препаратами и пластины поглотителя. Электрическое соединение счетной трубки с основным блоком осуществляется кабелем со штепсельными разъемами. При проведении демонстраций можно применить звуковую индикацию. Для этого гнезда УНЧ радиометра соединяют со входом усилителя низкой частоты, на выходе которого включен громкоговоритель. Гнезда УНЧ можно также соединять с входом выпускающего для школ демонстрационного счетчика-секундомера.

Для проведения демонстраций и лабораторных работ с описанным радиометром нужен набор радиоактивных препаратов.

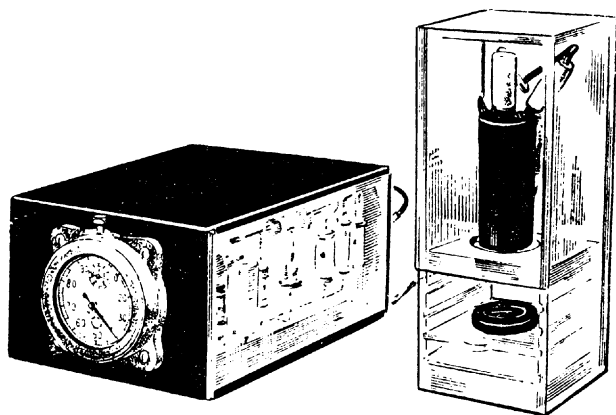


Рис. 6

Имеющиеся в школах радиоактивные препараты от камеры Вильсона и спинтарископа малопригодны для таких опытов, поскольку они представляют собой смеси различных радиоактивных изотопов семейств урана и тория и испускают одновременно альфа-, бета- и гамма-излучения, и не представляется возможным изучать свойства каждого из излучений в отдельности.

В качестве источников альфа-частиц, бета-частиц и гамма-квантов можно применять препараты третьего разряда радиоактивных изотопов плутония, таллия и кобальта, предназначенные для градуировки и проверки исправности дозиметрической и радиометрической аппаратуры. Эти источники поставляются Всесоюзным объединением «Изотоп» и могут использоваться без специального разрешения санитарных органов. В качестве источника альфа-частиц применяется образцовый препарат типа 1П-9 радиоактивного изотопа плутония-239. Период полураспада изотопа равен 24 000 лет. Испуская альфа-частицы с энергией около 5,15 Мэв, плутоний-239 превращается в уран-235. Интенсивность гамма-излучения, сопровождающего альфа-распад плутония, на-

столько мала, что этот препарат можно считать чистым альфа-излучателем.

Плутоний-239 нанесен на стальной диск-подложку. Диаметр подложки — 35 мм, диаметр активного пятна — 12 мм. Активность препарата лежит в пределах примерно от 100 до 500 *расп/сек*.

В качестве источника бета-частиц предлагается образцовый препарат типа 1Т-4 радиоактивного изотопа таллия-204. Период полураспада изотопа равен 3,56 года. Испуская бета-частицы с максимальной энергией 0,76 Мэв, таллий-204 превращается в свинец-204. Алюминиевый вкладыш, оксидная пленка которого заполнена изотопом таллия-204, вклеен в подложку. Диаметр подложки — 35 мм, диаметр активного пятна — 12 мм. Активность этого препарата также лежит в пределах примерно от 100 до 1000 *расп/сек*.

Источником гамма-квантов может служить контрольный препарат типа РКИ7,84-303/10 кобальта-60. Период полураспада изотопа равен 5,25 года. Испуская бета-частицы с максимальной энергией 0,31 Мэв, ядра кобальта-60 превращаются в ядра никеля-60 в возбужденном состоянии. При переходе каждого ядра никеля-60 из возбужденного состояния в нормальное испускаются два гамма-кванта с энергиями 1,17 и 1,33 Мэв. Препарат представляет собой алюминиевый футляр, содержащий картонный вкладыш, пропитанный раствором азотнокислого кобальта. Стенки футляра полностью поглощают бета-излучение, но пропускают гамма-кванты, поэтому источник типа РКИ является чистым гамма-излучателем. Диаметр футляра — 30 мм, диаметр активного пятна — 10 мм. Активность препарата равна 0,78 *мкюри*.

Кроме перечисленных препаратов, в набор можно включить препарат естественного урана или образец урановой руды.

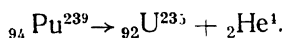
Безвредность предлагаемого набора радиоактивных препаратов может быть пояснена следующим образом. Известно, что радиоактивность человеческого организма, обусловленная наличием в нем естественных радиоактивных изотопов калия-40, углерода-14, урана, радия и некоторых других, составляет примерно 10 000 *расп/сек*. Очевидно, что радиоактивные препараты, активность которых меньше активности человеческого организма или такого же порядка, никакого вреда человеку принести не могут.

Переходим теперь к описанию некоторых демонстрационных опытов.

1. *Естественный радиоактивный фон.* Перед началом опыта все радиоактивные препараты убираются на расстояние не менее 2—3 м от счетчика. Радиометр соединяют с усилителем низкой частоты и включают питание. После этого регистрируются отдельные редкие импульсы. Скорость счета естественного фона составляет 30—40 *имп/мин*.

2. *Свойства альфа-излучения.* Показывают учащимся препарат изотопа плутония-239 и сообщают, что это альфа-радиоактивный

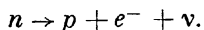
изотоп. Записывают на доске символически радиоактивное превращение ядра плутония-239:



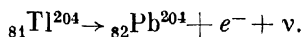
Затем демонстрируют способность альфа-частиц ионизировать молекулы газа. Для этого препарат плутония-239 помещают под окошком счетной трубки на расстояние не более 1 см. Радиометр регистрирует альфа-излучение препарата.

Для определения проникающей способности альфа-излучения вводят между препаратом плутония-239 и окошком счетной трубки один листок бумаги. Скорость счета при этом резко падает, снижаясь до скорости счета фона. Переставив препарат плутония на расстояние 2—3 см от окошка трубки, обнаруживают, что скорость счета снижается до естественного фона, даже если между препаратом и окошком трубки нет никакого поглотителя, кроме слоя воздуха. Из этих опытов делают вывод, что альфа-излучение обладает очень малой проникающей способностью и сильно поглощается воздухом. При постепенном перемещении препарата плутония вниз от окошка трубки обнаруживают, что скорость счета альфа-частиц сначала почти не уменьшается, а при достижении некоторого критического расстояния (1,5—2 см) счет альфа-частиц полностью прекращается. Такой результат эксперимента объясняется тем, что все альфа-частицы, испускаемые различными ядрами изотопа плутония-239, обладают не только одинаковой начальной энергией при вылете из ядра, но и одинаковой длиной пробега в воздухе.

3. Свойства бета-излучения. Электронным бета-распадом называется процесс, при котором внутри атомного ядра происходит самопроизвольное превращение одного из нейтронов ядра в протон с испусканием электрона и нейтрино:



В результате электронного бета-распада заряд ядра увеличивается на единицу, а массовое число остается неизменным. Применительно к изотопу таллия-204 бета-распад может быть записан так:



Испускаемые электроны имеют скорость, близкую к скорости света. При движении в веществе они ионизируют и возбуждают атомы и молекулы, встречающиеся на их пути.

Установив препарат таллия-204 под окошком счетной трубки, убеждаются, что счетчик регистрирует бета-частицы. Если между препаратом и окошком счетной трубки ввести листок бумаги, можно обнаружить, что скорость счета бета-частиц при этом почти не изменяется. Это доказывает, что бета-излучение обладает большей проникающей способностью, чем альфа-излучение. Проникающая способность бета-излучения все же не очень велика. Это можно

продемонстрировать, поместив между препаратом таллия-204 и окошком счетной трубки алюминиевую или железную пластинку толщиной 1—2 мм. В такой пластинке бета-излучение таллия-204 полностью поглощается, и радиометр регистрирует только фон.

4. *Свойства гамма-излучения.* Поставив препарат кобальта-60 под окошко счетчика, обнаруживают, что радиометр регистрирует гамма-кванты. Это свидетельствует о способности гамма-квантов производить ионизацию молекул газа. Помещая между источником гамма-излучения и окошком счетной трубки листок бумаги, а затем металлическую пластинку толщиной 1—2 мм, убеждаемся, что никакого заметного ослабления потока гамма-излучения они не дают. Отсюда можно сделать вывод, что гамма-излучение обладает значительно большей проникающей способностью, чем альфа- и бета-излучения. Увеличивая толщину слоя поглотителя, можно показать, что гамма-излучение заметно ослабляется лишь при прохождении им слоя железа или свинца толщиной 1,5—2 см. Заменив двухсантиметровый слой свинца равным по толщине слоем дерева или плексигласа, демонстрируем, что эти вещества поглощают гамма-излучение значительно слабее, чем свинец. На основе этих наблюдений учащиеся приходят к выводу, что проникающая способность гамма-лучей находится в обратной зависимости от плотности вещества.

Поднося препарат кобальта-60 к боковой стенке коробки, в которой находится газоразрядная счетная трубка, обнаруживаем, что счетчик регистрирует гамма-кванты и в этом случае. Объясняется это тем, что в отличие от альфа- и бета-частиц гамма-кванты проникают сквозь стенки коробки и трубки почти без поглощения и вызывают ионизацию в рабочем объеме счетчика.

5. *Демонстрация радиоактивности урана.* Этот опыт интересен в первую очередь потому, что именно при исследовании свойств урановых соединений было открыто явление радиоактивности.

Помещая под окошко счетной трубки препарат естественного урана, образец урановой руды или 10—20 мг любого уранового соединения, обнаруживают радиоактивность урана. После выполнения демонстрации можно сообщить учащимся о радиоактивном семействе урана и пояснить, что любой образец, содержащий уран, всегда содержит еще и некоторое количество всех остальных элементов его радиоактивного семейства. Среди изотопов, входящих в радиоактивное семейство урана, имеются как альфа-, так и бета-радиоактивные изотопы. Поэтому урановый препарат испускает одновременно альфа-, бета- и гамма-излучения.

6. *Естественная радиоактивность калия.* Широко распространено убеждение, будто радиоактивность — явление чрезвычайно редкое в природе. Демонстрация естественной радиоактивности калия должна помочь формированию правильного представления о распространенности радиоактивных элементов в природе. Для обнаружения естественной радиоактивности калия необходимо

сначала измерить фон установки. Затем, поместив под счетной трубкой на расстоянии 1—2 мм от ее окошка несколько граммов любого химически неактивного соединения калия (KCl, K₂SO₄ и др.), обнаруживают увеличение скорости счета ионизирующих частиц.

Естественная радиоактивность калия обусловлена наличием в естественной смеси изотопов калия 0,012% бета-радиоактивного изотопа калия-40, имеющего период полураспада 1,25 миллиарда лет. Калий довольно широко распространен в природе и в заметных количествах входит в состав тканей растений и животных. Удельная активность природного калия составляет 1900 распадов в минуту на 1 г. Содержащийся в организме человека калий составляет 0,2% общего веса. По этим данным учащиеся могут вычислить естественную радиоактивность организма человека, обусловленную наличием в нем калия. Следует отметить, что радиоактивные изотопы обнаружены в составе более тридцати химических элементов, но удельная активность большинства этих элементов во много раз меньше активности урана, тория и калия.

7. *Обнаружение естественной радиоактивности атмосферного воздуха.* Опыт по обнаружению естественной радиоактивности атмосферного воздуха можно поставить следующим образом. Фильтр из тонкого слоя ваты на марлевой подложке или листке фильтровальной бумаги помещают перед всасывающим патрубком пылесоса. Включают пылесос на 5—10 мин. Затем быстро снимают фильтр и помещают его под окошком счетной трубки радиометра. Счетчик регистрирует радиоактивное излучение. Это объясняется тем, что пылинки, частицы дыма и тумана, имеющиеся в воздухе, обладают некоторой небольшой радиоактивностью. Собранные на фильтре из большого объема воздуха, эти частицы обнаруживают заметную радиоактивность.

Происхождение естественной радиоактивности атмосферного воздуха можно объяснить следующим образом. Небольшие количества урана, а также радия, являющегося одним из продуктов радиоактивного распада урана, имеются в почве и горных породах. Продуктом распада радия является инертный радиоактивный газ радон, который, выходя из почвы в атмосферу, и является основным источником радиоактивности воздуха. Продуктами распада радона являются радиоактивные изотопы полония, свинца и висмута. Атомы этих веществ легко прилипают к поверхности пылинок и вместе с ними оказываются задержанными фильтром, чем обуславливают его радиоактивность.

После ознакомления учащихся со свойствами ядерных излучений следует отметить, что обнаруживаемый радиометром естественный фон в основном обусловлен гамма-лучами, так как счетчик со всех сторон закрыт стенками из плексигласа, через которые альфа- и бета-частицы проникнуть не могут.

В заключение рассмотрим практические работы, которые могут быть поставлены с предлагаемым радиометром.

1. Определение максимальной энергии бета-частиц

Приборы и принадлежности: 1) радиометр, 2) препарат радиоактивного изотопа таллия-204 с активностью 100—1000 *расп/сек*, 3) листки поглотителя (алюминиевая фольга толщиной 0,02 — 0,03 мм), 4) весы, 5) секундомер.

Энергия, выделяющаяся при бета-распаде, статистически распределяется между ядром-продуктом, бета-частицей (электроном) и нейтроном. В разных актах распада бета-частица уносит различное количество энергии. Поэтому препарат одного бета-радиоактивного изотопа испускает бета-частицы со всевозможными значениями начальной энергии—от 0 до некоторого максимального значения. Максимальная энергия бета-спектра является одной из важнейших характеристик бета-радиоактивных изотопов. Ее можно определить экспериментально по толщине слоя половинного поглощения бета-излучения в веществе.

При движении в веществе бета-частица (быстрый электрон) растрчивает свою энергию на возбуждение и ионизацию атомов, с которыми она вступает во взаимодействие. После каждого соударения с атомом вещества бета-частица не только теряет часть кинетической энергии, но и изменяет направление своего движения. Поэтому бета-частицы в веществе движутся не прямолинейно, а по сложным ломаным линиям. После большого числа столкновений кинетическая энергия бета-частицы уменьшается настолько, что при одном из столкновений она захватывается атомом вещества и становится обычным орбитальным электроном. Бета-частицы, испускаемые препаратом одного радиоактивного изотопа, из-за сложного характера движения в веществе и различия в начальных энергиях имеют неодинаковую длину пробега. Поэтому с увеличением толщины слоя поглотителя интенсивность проходящего пучка бета-частиц уменьшается постепенно. Закон ослабления интенсивности пучка бета-частиц приближенно выражается формулой

$$N_d = N_0 \cdot 2^{-\frac{d}{\Delta}},$$

где N_0 — интенсивность пучка бета-частиц до прохождения слоя поглотителя, N_d — интенсивность пучка бета-частиц после прохождения слоя вещества толщиной d , Δ — постоянная величина, зависящая от максимальной энергии бета-спектра и рода вещества поглотителя.

Как видно из формулы, после прохождения слоя вещества толщиной $d = \Delta$ первоначальная интенсивность пучка уменьшается вдвое. Поэтому постоянная Δ получила название толщины слоя половинного поглощения.

В таблице I представлены значения толщины слоя половинного поглощения бета-излучения в алюминии для различных значений максимальной энергии бета-спектра. Используя эти данные, можно по экспериментально полученному значению толщины слоя половинного поглощения для бета-излучения определить приближенно максимальную энергию бета-спектра.

Таблица I

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| E_{max} бета-спектра (Мэв) | 0,15 | 0,25 | 0,32 | 0,38 | 0,48 | 0,57 | 0,65 | 0,73 | 0,81 | 0,88 | 0,94 |
| Δ алюминия (мм) | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,10 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,18 |

Толщину слоя половинного поглощения бета-излучения изотопа таллия-204 в алюминии определяют так. Сначала измеряют скорость счета естественного фона.

Для определения скорости счета включают одновременно секундомер и радиометр. Через пять минут останавливают счет и число зарегистрированных прибором импульсов делят на время счета.

Затем устанавливают радиоактивный препарат изотопа таллия-204 под окошком счетной трубки и снова определяют скорость счета. Далее между радиоактивным препаратом и окошком торцового счетчика последовательно вводят листки алюминиевой фольги до тех пор, пока скорость счета не уменьшится в три раза.

Из полученных значений скорости счета при различной толщине слоя поглотителя вычитают скорость счета, соответствующую естественному фону.

Затем строят кривую прохождения бета-излучения изотопа таллия-204 через алюминий (по горизонтальной оси откладывают толщину листов поглотителя в миллиметрах, а по вертикальной оси — скорость счета за вычетом фона в *имп/мин*). По этой

Таблица II

| Количество поглощающих листов | Толщина слоя поглотителя (мм) | Скорость счета от препарата и фона (имп/мин) | Скорость счета за вычетом фона (имп/мин) |
|-------------------------------|-------------------------------|--|--|
| 0 | 0 | 177 | 157 |
| 1 | 0,02 | 154 | 134 |
| 2 | 0,04 | 136 | 116 |
| 3 | 0,06 | 121 | 101 |
| 4 | 0,08 | 112 | 92 |
| 5 | 0,1 | 100 | 80 |
| 6 | 0,12 | 88 | 68 |
| 7 | 0,14 | 84 | 64 |
| 8 | 0,16 | 80 | 60 |

кривой находят толщину поглотителя, ослабляющего интенсивность пучка бета-частиц в два раза. Пользуясь затем таблицей I, определяют максимальную энергию бета-спектра для таллия-204.

В таблице II приведены результаты одного из проведенных нами опытов.

По этим данным толщина слоя половинного поглощения приблизительно равна 0,1 мм, а максимальная энергия бета-излучения — 0,65 Мэв.

При проведении опыта листочки поглотителя располагают в непосредственной близости от окошка счетной трубки. Для выделения узкого пучка бета-частиц устанавливают над препаратом диафрагму с диаметром отверстия около 10 мм (рис. 7). Диафрагму изготавливают из плексигласа толщиной 2—4 мм.

Толщину фольги определяют следующим простым методом. Большой кусок фольги площадью 1000—2000 см² взвешивают. Зная его площадь S и вес P , а также удельный вес γ алюминия, находят толщину фольги по формуле:

$$d = \frac{P}{S\gamma}.$$

2. Снятие кривой поглощения гамма-излучения в железе

П р и б о р ы и п р и н а д л е ж н о с т и: 1) радиометр, 2) препарат радиоактивного изотопа кобальта-60 с активностью 0,78 мкюри, 3) железные пластины толщиной 4—5 мм, 4) секундомер.

Кинетическая энергия электронов, выбитых гамма-квантами из атомов или молекул, настолько велика, что они в свою очередь также ионизируют и возбуждают встречающиеся на их пути атомы и молекулы. Растратив всю энергию на ионизацию и возбуждение, гамма-квант перестает существовать. Ослабление узкого пучка гамма-квантов в веществе происходит по закону

$$I_d = I_0 \cdot 2^{-\frac{d}{\Delta}},$$

где I_0 — интенсивность пучка гамма-квантов до прохождения через вещество, I_d — его интенсивность после прохождения через слой вещества толщиной d , Δ — толщина слоя половинного поглощения.

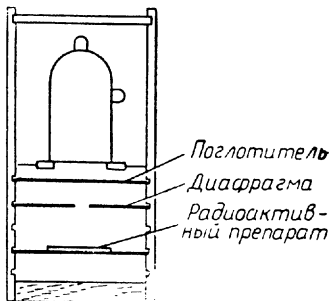


Рис. 7

Методика снятия кривой поглощения гамма-излучения в железе аналогична методике снятия кривой поглощения бета-излучения в алюминии. По экспериментально полученной кривой поглощения определяют слой половинного поглощения гамма-квантов в железе.

Определив толщину слоя половинного поглощения, можно, пользуясь приведенной выше формулой, вычислить интенсивность пучка гамма-квантов после его прохождения через слой вещества любой толщины. Результаты одного из проведенного нами опытов представлены в таблице III.

Т а б л и ц а III

| Количество поглощающих пластин | Толщина слоя поглотителя (мм) | Скорость счета от парата и фона (имп/мин) | Скорость счета за вычетом фона (имп/мин) |
|--------------------------------|-------------------------------|---|--|
| 0 | 0 | 239 | 219 |
| 1 | 4 | 202 | 182 |
| 2 | 8 | 189 | 169 |
| 3 | 12 | 171 | 151 |
| 4 | 16 | 153 | 133 |
| 5 | 20 | 141 | 121 |
| 6 | 24 | 135 | 115 |
| 7 | 28 | 125 | 105 |

По этим данным толщина слоя половинного поглощения равна 2,6 см.

3. Изучение закона радиоактивного распада

П р и б о р ы и п р и н а д л е ж н о с т и: 1) радиометр, 2) пылесос, 3) фильтр, 4) секундомер.

Все ядра одного радиоактивного изотопа совершенно одинаковы. Поэтому число A ядер, распадающихся в единицу времени, пропорционально общему количеству N имеющихся в препарате радиоактивных ядер:

$$A = \lambda N.$$

Коэффициент пропорциональности λ в этом выражении называется постоянной распада данного изотопа.

С течением времени число радиоактивных ядер N_t убывает в соответствии с формулой

$$N_t = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}},$$

где N_0 — число радиоактивных ядер в начальный момент, T — период полураспада.

Периоды полураспада различных изотопов лежат в пределах от тысячных долей секунды до нескольких миллиардов лет.

Поскольку активность препарата прямо пропорциональна числу имеющихся в нем радиоактивных ядер, то с течением времени активность A_t убывает по закону:

$$A_t = A_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}},$$

где A_0 — начальная активность препарата.

Измеряя активность препарата короткоживущего радиоактивного изотопа в течение промежутка времени, сравнимого с периодом полураспада, можно построить кривую $A_t = f(t)$ и по ней определить период полураспада изотопа.

Выше уже отмечалось, что радиоактивность атмосферной пыли обеспечивается присутствием в воздухе радиоактивных продуктов распада радона: атомов полония-218, свинца-214 и висмута-214. Это короткоживущие изотопы с периодами полураспада соответственно 3 мин, 27 мин и 19,7 мин.

Прокачав через фильтр некоторый объем воздуха, мы получим препарат с набором короткоживущих изотопов. Активность такого препарата быстро убывает.

В данной практической работе снимается кривая активности полученного препарата короткоживущих изотопов. Работа выполняется следующим образом. Сначала измеряют естественный фон. Затем в течение 10 мин прокачивают через фильтр воздух. Фильтр быстро ставят под окошко счетной трубки. В течение 2 мин измеряют число регистрируемых радиометром распадов. После перерыва на 6 мин снова производят такое измерение. Так повторяют несколько раз, пока активность препарата не уменьшится приблизительно в 3 раза. Результаты измерений заносят в таблицу и строят кривую распада, откладывая по горизонтальной оси время, а по вертикальной скорость счета (за вычетом фона). По графику определяют период полураспада.

Результаты, полученные нами в одном из опытов, приведены в таблице IV.

Таблица IV

| Номер измерения | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| Время (мин) | 1 | 9 | 17 | 25 | 33 | 41 | 49 |
| Полная скорость счета (имп/мин) | 167 | 145 | 138 | 123 | 111 | 100 | 93 |
| Скорость счета за вычетом фона (имп/мин) | 131 | 109 | 102 | 87 | 75 | 64 | 57 |

Период полураспада оказался равным приблизительно 41 мин.

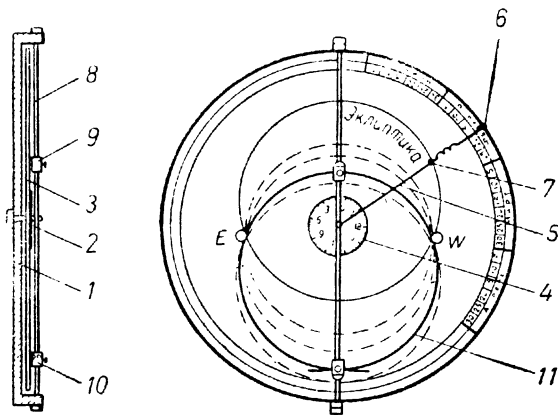
АСТРОНОМИЯ

А. Д. МАРЛЕНСКИЙ

(г. Москва)

ПОДВИЖНАЯ КАРТА ЗВЕЗДНОГО НЕБА

Применяющиеся на учебных занятиях по астрономии подвижные карты звездного неба дают возможность определять положение звездного неба лишь на одной географической широте. Для различных широт необходимо иметь ряд таких карт, отличающихся вырезами в накладном круге, или серию сменных накладных кругов к одной карте.



В описанной ниже подвижной карте звездного неба этот недостаток удалось устранить.

Конструкция карты в двух проекциях показана на рисунке.

Посредине металлической скобы 1, служащей основанием прибора, установлена ось 2, вокруг которой могут поворачиваться диск 3 звездной карты, прозрачный циферблат 4 и подпружиненная стрелка 5, зацепляемая за край диска звездной карты при помощи крючка 6. Вдоль стрелки может передвигаться небольшой диск 7, изображающий Солнце. На прикрепленный к скобе направляющий стержень 8 надеты зажимы 9 и 10, которые могут по стержню перемещаться. В этих зажимах закрепляется проводоч-

ный контур 11, изображающий математический горизонт для выбранной широты места.

Отрезок стальной проволоки, образующий контур математического горизонта, жестко закрепляется посредине в зажиме 9. Концы же этого отрезка проволоки пропускаются через зажим 10. При этом размер образующегося контура можно регулировать.

Для установки проволочного контура по линии горизонта, соответствующей избранной широте места, на эту линию сначала смещают зажимы 9 и 10; затем, пропуская через зажим 10 большие или меньшие концы проволочного контура, добиваются совпадения последнего с линией горизонта.

Чтобы определить положение видимого звездного неба для определенного момента времени, необходимо подпружиненную стрелку установить против даты наблюдений, «диск Солнца» передвинуть в точку пересечения стрелки с линией эклиптики, а затем, вращая диск карты вместе со стрелкой, совместить последнюю с делением на циферблате, соответствующем местному времени наблюдения (предполагается, что деления циферблата 0 и 12 лежат на линии меридиана).

После этого все видимые над горизонтом светила окажутся внутри проволочного контура, а светила, находящиеся под горизонтом, — за пределами этого контура.

Если при выполнении наблюдений желательно пользоваться не местным временем T_m , а поясным T_n , декретным поясным T_d , декретным московским $T_{\text{моск}}$ или всемирным (гринвичским) $T_{\text{гр}}$, то необходимо циферблат предварительно повернуть в ту или иную сторону на соответствующий угол. При этом надо исходить из следующего соотношения между различными системами солнечного времени:

$$T_d = T_n + 1 = T_m - \lambda + n + 1 = T_{\text{моск}} + n - 3 = T_{\text{гр}} + n + 1,$$

где λ — долгота пункта, n — номер часового пояса.

Определив из этого соотношения разность между местным временем и любым другим, поворачивают циферблат на соответствующий угол против часовой стрелки, если эта разность положительна, или по часовой стрелке, если она отрицательна. Разумеется, наиболее часто карту устанавливают на поясное декретное время или московское декретное время, так как по этому времени обычно ставятся часы.

По карте хорошо видно, насколько «удалилось» Солнце под плоскость математического горизонта, и можно определить время наступления и окончания сумерек (гражданские или астрономические) и их продолжительность. Гражданские сумерки кончаются, когда Солнце погружается под горизонт на $7-8^\circ$, а астрономические — после погружения Солнца на $16-18^\circ$. Целесообразно также проследить за глубиной погружения Солнца под горизонт в зимнее и летнее время. При этом можно убедиться, что

на широтах $60-85^\circ$ Солнце в летнее время движется неглубоко под горизонтом: вечерние сумерки сменяются утренними и наступают «белые ночи». Можно даже установить, между какими датами имеют место «белые ночи» на данной широте.

Е. П. ЛЕВИТАН

(г. Москва)

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ШКОЛЬНЫЙ ТЕОДОЛИТ

Для выполнения угловых измерений на практических занятиях по астрономии можно изготовить простой универсальный теодолит, общий вид которого приведен на рисунке 1.

Конструкция прибора показана на рисунке 2. Прибор состоит из оптического визирного приспособления, угломерного устройства, подставки и штатива.

В качестве визирного приспособления используется небольшая самодельная телескопическая зрительная труба 1 с увеличе-

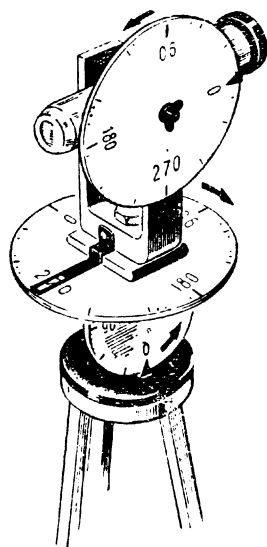


Рис. 1

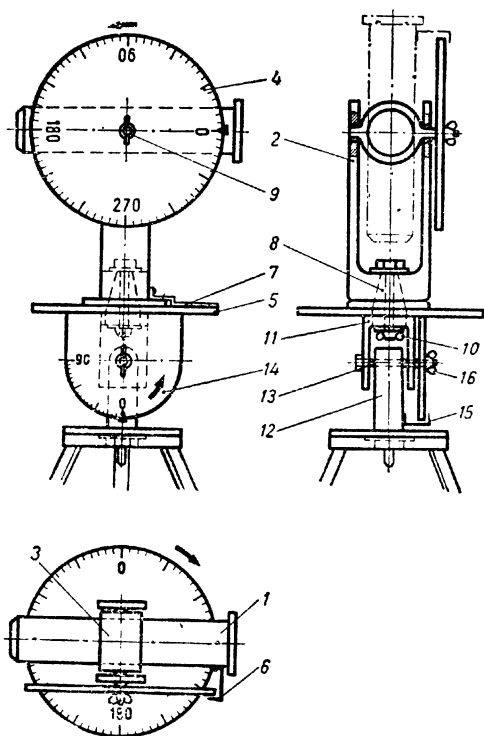


Рис. 2

нием 15—18 и полем зрения 1,5—2°. В окулярной части трубы укрепляется сеточная диафрагма с крестом паутинных нитей.

Зрительная труба устанавливается на осях в специальной вилке 2 при помощи хомута 3.

Угломерное устройство состоит из вертикального лимба 4 и горизонтального лимба 5, имеющих градусные деления.

По вертикальному лимбу перемещается указатель 6, прикрепленный к зрительной трубе параллельно ее оси, а по горизонтальному лимбу — указатель 7, соединенный с вилкой, несущей зрительную трубу. Вертикальный лимб прикреплен к вилке, а горизонтальный — к подставке.

Вилка установлена на подставке в конусном подпятнике 8, обеспечивающим возможность поворота зрительной трубы вокруг вертикальной оси прибора.

Необходимый наклон трубы в вертикальной плоскости фиксируется при помощи стопорного винта 9, а ее установка по горизонтальному лимбу фиксируется стопорным винтом 10.

Подставка прибора состоит из вилки 11 и стойки 12, соединенных осью 13. Поворачивая весь прибор вокруг оси 13, можно его установить так, чтобы горизонтальный лимб оказался параллельным плоскости небесного экватора (экваториальная установка прибора). Угол установки прибора отсчитывается по шкале 14 относительно неподвижного указателя 15. Положение прибора фиксируется стопорным винтом 16.

Таким образом, описанный самодельный теодолит может применяться как в азимутальной, так и в вертикальной установке. В этом состоит его универсальность (обычные геодезические теодолиты приспособлены только для азимутальной установки).

Существенной конструктивной особенностью является то, что вилка 2 делается удлиненной, что дает возможность наводить визирную трубу на полярную звезду и другие околополярные светила. При этом пользуются длиннофокусным окуляром и небольшой поворотной призмой, укрепляемой на окулярном конце трубы.

При использовании прибора для наблюдения Солнца применяют темный светофильтр, навинчиваемый на окулярную часть зрительной трубы.

Горизонтальная установка прибора производится по двум уровням, располагаемым по взаимно перпендикулярным направлениям на горизонтальном лимбе.

В заключение перечислим основные практические работы, которые можно выполнять с описанным школьным универсальным теодолитом.

При азимутальной установке прибор позволяет:

1) определять направление полуденной линии (меридиана) по звездам или Солнцу;

- 2) измерять горизонтальные координаты светил (h и A);
- 3) приближенно определять широту места наблюдения по звездам и Солнцу;
- 4) измерять высоты предметов с доступным и недоступным основанием;
- 5) измерять расстояния до недоступных предметов;
- 6) определять угловое расстояние между светилами на небесной сфере;
- 7) измерять средний угол наклона и подъем холма;
- 8) производить простейшее нивелирование местности.

Для экваториальной установки прибора его наклоняют вокруг оси $I3$ на угол φ , равный широте места.

Такая установка теодолита дает возможность:

- 1) приближенно определять экваториальные координаты светил (δ и t);
- 2) изучать суточное вращение небесной сферы;
- 3) измерять угловые диаметры Луны и Солнца.

Пользуясь универсальным теодолитом, можно также пояснить учащимся сущность азимутальной и экваториальной (параллактической) монтировки телескопа.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

| | |
|---------------------------|---|
| От составителей | 3 |
|---------------------------|---|

Общая электронная учебная аппаратура

| | |
|---|----|
| А. А. Евсюков — Учебный электронный осциллограф блочной конструкции | 4 |
| А. М. Чельцов — Двухканальный коммутатор на транзисторах | 17 |
| М. И. Гринбаум — Электронный четырехканальный коммутатор | 20 |
| М. И. Гринбаум — Звуковой генератор | 22 |
| В. И. Соломкин — Ультразвуковой генератор | 25 |
| В. Ю. Клих — Электронный секундомер | 30 |
| В. И. Масловский — Преобразователь постоянного тока | 38 |
| М. И. Гринбаум — Универсальный усилитель к школьному гальванометру | 40 |
| М. И. Гринбаум — Электронный стробоскоп | 45 |

Механика

| | |
|---|----|
| А. А. Сыромятников — Приборы для записи механического движения | 50 |
| А. Ф. Свиридов — Фотореле для включения и выключения секундомера | 58 |
| А. М. Еркин — Прибор для включения и выключения секундомера | 59 |
| М. И. Гринбаум — Электронный акселерометр | 60 |
| Л. С. Савчин — Прибор для изучения свободного падения тел | 63 |
| В. А. Веселов — Прибор для демонстрации силы реакции | 64 |
| Ш. Г. Лившиц — Прибор для изучения движения тела по окружности | 65 |
| Б. С. Зворыкин — Прибор для демонстрации сохранения момента импульса | 66 |
| Г. Р. Глуценко — Прибор для демонстрации сложения колебаний маятников | 67 |
| Л. И. Анциферов — Прибор для демонстрации механического резонанса | 69 |
| Н. И. Любимов — Установка для демонстрации звукового резонанса | 71 |
| И. К. Капитонов — Прибор для демонстрации передачи давления жидкостями и газами | 73 |
| А. А. Филатов — Архимедова сила в условиях перегрузки и частичной невесомости | 74 |
| В. А. Буров — Держатель для пружин | 75 |

Теплота

| | |
|---|----|
| К. И. Панич — Прибор для определения термического коэффициента линейного расширения | 77 |
| Г. Р. Глуценко — Демонстрационный термостат | 79 |

Электричество

| | |
|---|----|
| В. Ф. Шилов — Комплект приборов для опытов по электронике | 81 |
| З. М. Резников — Комплект деталей для опытов по электроавтоматике | 93 |

| | |
|---|-----|
| <i>Г. Б. Аверьянов</i> — Соленоид на поплавке | 103 |
| <i>Г. А. Забинов</i> — Прибор для демонстрации явления самоиндукции | 104 |
| <i>С. И. Князев, Н. Я. Казанцев</i> . Штатив для газоразрядных трубок | 105 |
| <i>А. А. Евсюков</i> — Действующая модель строки иконоскопа | 106 |

Оптика

| | |
|---|-----|
| <i>А. Н. Николаев</i> — Прибор для определения показателя преломления жидкостей | 108 |
| <i>И. М. Якименко</i> — Прибор для демонстрации полного отражения света | 109 |
| <i>Г. В. Попов</i> — Двойная наливная призма | 110 |
| <i>Г. В. Попов</i> — Рамка для опытов со светофильтрами | 111 |
| <i>Г. В. Попов, Г. Н. Сидоров</i> — Футляр к люминесцентной лампе | 114 |

Физика атома

| | |
|---|-----|
| <i>О. Ф. Кабардин, С. И. Кабардина</i> — Школьный радиометр | 116 |
|---|-----|

Астрономия

| | |
|--|-----|
| <i>А. Д. Марленский</i> — Подвижная карта звездного неба | 130 |
| <i>Е. П. Левитан</i> — Универсальный школьный теодолит | 132 |

ПРИБОРЫ ПО ФИЗИКЕ И АСТРОНОМИИ

Редактор **Г. Р. Лисенкер**
Художник **А. П. Мионов**
Художественный редактор
Б. Л. Николаев
Технический редактор
Л. Я. Медведев
Корректор **Г. К. Храпова**

Сдано в набор 25/V 1967 г. Подписано к печати 23/VII 1968 г. 60×90^{1/16}. Печ. л. 8,5. Типографская № 2. Уч.-изд. л. 7,66. Тираж 55 тыс. экз. (Тем. пл. 1967 г. № 180). А-03941.

Издательство «Просвещение» Комитета по печати при Совете Министров РСФСР. Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Саратовский полиграфический комбинат Росглаволиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров РСФСР. Саратов, ул. Чернышевского, 59. Заказ № 72.

Отпечатано с матриц в типографии им Ханса Хейдеманна, ЭССР, г. Тарту, ул. Юликооли 17/19. II. Заказ № 4582.

Цена - без переплета 21 коп., переплет 10 коп.

Цена 31 коп.

