



УЧЕБНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

для кабинетов

ФИЗИКИ

ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
УЧРЕЖДЕНИЙ





УДК 372.853

ББК 74

У91

Авторы:

*Ю. И. Дик, Ю. С. Песоцкий, Г. Г. Никифоров,
А. Г. Восканян, В. Е. Евстигнеев, В. А. Кораблев, О. А. Поваляев,
С. В. Хоменко, А. В. Смирнов, С. В. Степанов, В. Ф. Шилов*

Под редакцией *Г. Г. Никифорова*

Учебное оборудование для кабинетов физики общеобразовательных учреждений / Ю. И. Дик, Ю. С. Песоцкий, Г. Г. Никифоров и др. ; под ред. Г. Г. Никифорова. — М. : Дрофа, 2005. — 396, [4] с. : ил.

ISBN 5-7107-9023-0

В пособии подробно описана современная и наиболее полная система оборудования по физике для самостоятельного эксперимента учащихся в форме фронтальных лабораторных работ и практикума, демонстрационное оборудование по механике, молекулярной физике и термодинамике, электродинамике, оптике и квантовой физике.

Пособие предназначено для учителей физики общеобразовательных школ, гимназий, лицеев, преподавателей физики учреждений начального профессионального образования.

Пособие представляет интерес для преподавателей физики физических факультетов педагогических вузов и университетов, производителей и разработчиков учебной техники, руководителей органов образования, учкодлкторов.

УДК 372.853

ББК 74

ISBN 5-7107-9023-0

© ООО «Дрофа», 2005

Предисловие

Использование физического эксперимента — важнейшее условие эффективности учебного процесса. Эксперимент является основой принципа наглядности, базой для формирования практических умений, способом отражения экспериментального характера физической науки.

Вместе с тем образовательный стандарт по физике ориентирует учителя на организацию учебного процесса, в котором ведущая роль отводится самостоятельной деятельности учащихся. Это принципиально изменяет роль, место и функции эксперимента в организации учебного процесса сравнительно с отмеченными выше его функциями: эксперимент — не только средство обучения, но и основа для освоения учащимися естественнонаучного метода познания в единстве его экспериментальной и теоретической компонент. Для этого необходимо организовывать такие виды деятельности, как наблюдение и объяснение физических явлений, проведение экспериментальных исследований.

Оборудование, представленное в пособии, позволяет создать в кабинете физики образовательного учреждения систему экспериментальных средств обучения в соответствии с реализуемыми уровнем и профилем изучения физики.

К настоящему времени сложилась следующая структура школьного физического образования. В основной школе изучаются элементы базовых для физики как учебного предмета теорий, средняя (полная) школа становится профильной, при изучении физики в учреждениях начального профессионального образования выделяются профессионально-значимые элементы учебного материала. Описанное в пособии оборудование отражает две важнейшие тенденции современного учебного приборостроения.

Первая из этих тенденций — **блочно-тематический подход в конструировании и разработке учебной техники**. В соответствии с этим подходом оборудование разрабатывается в виде тематических комплектов, ядро которых составляет оборудование для основной школы, с которым согласуются элементы и блоки, позволяющие реализовать эксперименты на всех уровнях старшей профильной школы вплоть до углубленного.

Вторая тенденция — это использование цифровых средств измерения и компьютерных измерительных систем в оптимальном сочетании с классическими способами измерения.

Универсальные комплекты, основой которых являются современные средства измерения, радикальным образом уменьшают трудовые и временные затраты учителя при подготовке демонстрационных опытов и при организации самостоятельного эксперимента. Использование современной измерительной техники позволяет реализовать ранее недоступные эксперименты либо такие, которые требовали больших затрат времени и сил и незаурядного экспериментального мастерства учителя физики.

Очень важен и воспитательный аспект обновления измерительного комплекса кабинета физики: теперь он в значительной степени соответствует миру техники, в котором живут учащиеся.

При формировании системы оборудования, адекватной реализуемым программам, во вновь создаваемом кабинете физики в основу должны быть положены универсальные комплекты и тематические наборы. На них следует ориентироваться и при разработке планов обновления материально-технической базы действующих кабинетов. После анализа системы экспериментов, реализуемых с использованием универсальных комплектов, подбираются тематические наборы и отдельные приборы.

Пособие состоит из шести разделов, каждый из которых начинается с краткого анализа особенностей представленного в нем оборудования.

В первом разделе описаны фронтальное оборудование и оборудование для практикума, а также оборудование, которое может быть использовано при подготовке к единому государственному экзамену.

Во втором разделе представлено оборудование общего назначения и рабочей зоны учителя физики, подробно представлен измерительный комплекс кабинета.

В третьем, четвертом, пятом и шестом разделах описано демонстрационное оборудование соответственно по механике, молекулярной физике и термодинамике, электродинамике, оптике и квантовой физике.

В соответствии с блочно-тематическим принципом разделы имеют следующую структуру: универсальные комплекты, тематические наборы и отдельные приборы.

Описание оборудования выполнено по единому плану: название, назначение, перечень демонстраций или лабораторных работ, принцип действия, один-два примера технологии использования.

При отборе объектов учебной техники, включенных в данное пособие, авторский коллектив руководствовался «Перечнем учебной техники и наглядных средств обучения по физике»¹ (составители: Коровин В. А., Песоцкий Ю. С., Дик Ю. И., Восканян А. Г., Никифоров Г. Г., Шилов В. Ф.) [М.: Педагогика, 2002], разработанным в ходе реализации подпрограммы «Школьный кабинет физики» государственной федеральной программы «Учебная техника для образовательных учреждений всех уровней и видов» и одобренным Минобразования России в феврале 2004 г. Перечень приведен в приложении к пособию.

Для удобства пользования пособием каждому наименованию оборудования присвоена двойная порядковая нумерация: после номера раздела следует его порядковый номер в разделе. В скобках указан номер данного элемента оборудования в перечне (если описываемое оборудование там представлено).

Индекс (Н), поставленный после названия прибора, обозначает объекты учебной техники, которые на момент выхода пособия разработаны, но еще не поставляются.

Издание данного пособия стало возможным благодаря успешному выполнению проекта «Кабинет физики» по заказу Минобразования России головной организацией по разработке и производству учебной техники — федеральным государственным предприятием РНПО «Росучприбор» совместно с методистами Института содержания и методов обучения Российской академии образования.

В пособии представлено оборудование, разработанное и выпускаемое ФГУП РНПО «Росучприбор» и другими участниками Межгосударственной ассоциации разработчиков и производителей учебной техники (МАРПУТ).

Авторский коллектив благодарит руководство и специалистов РНПО «Росучприбор» (генеральный директор д. п. н. Песоцкий Ю. С.), сотрудничество с которыми обеспечило подготовку к изданию данного пособия.

Авторский коллектив выражает благодарность руководителям предприятий, обеспечивающих разработку, производство и реализацию представленного в пособии оборудования: Арапову О. В., Артемьеву М. А., Бушуеву О. А., Губаренкову В. Б., Елкину А. Г., Ковальскому В. И., Куприянову А. В., Марченко Е. М., Марголину М. Я., Медведеву Г. В., Пичугину В. С., Поваляеву А. О., Пролейко В. М., Рудому Н. К., Черчепову Б. В.

¹ Перечни учебной техники и наглядных средств обучения для общеобразовательной школы: Сб. перечней / Под ред. Дика Ю. И., Песоцкого Ю. С. — М.: Педагогика, 2005.

Работа между членами авторского коллектива была распределена следующим образом: Дик Ю. И., Песоцкий Ю. С., Никифоров Г. Г. — разработка структуры и концепции пособия, отбор номенклатуры оборудования, предисловие и введения в разделы; Никифоров Г. Г. — общее редактирование, подготовка рукописи к изданию.

Описания приборов подготовили:

Восканян А. Г.: 1.5(3), 1.6(1), 1.7, 1.11, 1.13, 1.15, 1.16(1), 1.20, 1.21(1), 1.22, 1.23, 1.42, 1.49; 2.3, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.13, 2.14, 2.15, 2.16(1), 2.17, 2.18, 2.19, 2.23, 2.25, 2.27, 2.29, 2.30, 2.32; 3.4, 3.5, 3.6, 3.11, 3.12, 3.14, 3.15, 3.19, 3.21, 3.24, 3.26, 3.27, 3.28, 3.29, 3.30, 3.31, 3.32; 4.3, 4.4, 4.5, 4.8, 4.10, 4.12, 4.14; 5.3, 5.11, 5.12(1), 5.13, 5.14, 5.15, 5.16, 5.17, 5.18, 5.26(1); 6.4.

Евстигнеев В. Е.: 1.3, 1.50, 1.66; 2.13.

Кораблев В. А.: 1.2, 1.5(2); 2.1(16), 2.21; 3.2; 4.2; 5.2, 5.29; 6.3.

Никифоров Г. Г.: 1.5(1), 1.7, 1.9, 1.10, 1.12, 1.13, 1.15, 1.16(2), 1.18, 1.19, 1.21(2), 1.24, 1.25, 1.26, 1.29, 1.30, 1.31, 1.33, 1.35(2), 1.36, 1.38, 1.40, 1.41, 1.43, 1.44, 1.46, 1.53, 1.55, 1.56, 1.58, 1.63, 1.64, 1.67, 1.69, 1.70; 2.1(1а, 4), 2.3, 2.22, 2.24, 2.26, 2.33; 3.8, 3.9, 3.10, 3.18, 3.21; 4.6, 4.7, 4.9, 4.13; 5.5, 5.6, 5.8(1), 5.19, 5.21, 5.23, 5.26(2), 5.28, 5.31, 5.32; 5.35, 5.37; 6.6, 6.8, 6.9, 6.10, 6.12. В соавторстве: 1.17(1), 1.48, 1.52, 1.53, 1.61, 1.70; 2.4, 2.5, 2.34; 3.3, 3.7; 5.4, 5.9, 5.30, 5.34; 6.5.

Повалев О. А., Хоменко С. В.: 1.1, 1.8, 1.39, 1.47, 1.59, 1.65, 1.70; 2.16(2), 2.20, 2.28, 2.35; 3.1, 3.16; 4.1; 5.1, 5.10(2), 5.33; 6.1, 6.2, 6.11.

Смирнов А. В.: 2.2.

Степанов С. В.: 1.14(16, 2), 1.27, 1.28, 1.34, 1.35(1), 1.45; 2.12; 3.23.

Шилов В. Ф.: 1.6(2), 1.7, 1.13, 1.14(1а), 1.17(2), 1.32, 1.37, 1.57, 1.62; 2.31; 3.13, 3.17, 3.20, 3.22, 3.25; 4.11, 4.15; 5.6, 5.8(2), 5.10(1), 5.12(2), 5.20, 5.22, 5.24, 5.25, 5.27, 5.36.

При составлении ряда описаний оборудования принимали участие:

Вареник А. Г., Головин П. П., Дорофеев В. А., Дылдин С. Л., Ескин Н. И., Исаев В. С., Майер В. В., Мудриченко В. Н., Обьедков Е. С., Пальмixin В. М., Поленов А. Н., Семенов В. В., Штурман А. Н., Федин К. Д., Ханин А. Г., Штерн Ю. И., Ярошевский М. Л.

Авторский коллектив благодарит сотрудников РНПО «Росучприбор»: Маркова А. В. — за выполнение большей части фотографий оборудования, Житкову Н. Н. — за координационную работу.

Многие комплекты, отдельные приборы и дополнительное оборудование апробировали в учебном процессе учителя физики базовых школ РНПО «Росучприбор»: Шулежко А. Т., Шулежко Е. М. (школа №1936 г. Москвы), Зотова Е. М., Павлюк-Мороз И. А. (гимназия пос. Удельная Раменского района Московской обл.), Воскобойникова Н. И., Корешкова Е. Ф., Петрова Е. Г., Тарасова М. А. (гимназия г. Раменское Московской обл.).

Лабораторное оборудование

- Оборудование для фронтальных лабораторных работ
- Оборудование для практикума

Введение

В первом разделе пособия представлено лабораторное оборудование, предназначенное для организации самостоятельного физического эксперимента.

Такое расположение не случайно. Оно определяется изменениями роли, места и функции самостоятельной экспериментальной деятельности, произошедшими в концепции физического образования за последние годы. Задачей самостоятельного эксперимента является не только формирование практических умений, но и освоение и понимание сущности метода естественнонаучного познания. Уровень освоения данного метода определяется в образовательном стандарте конкретными требованиями.

Экспериментальные умения, которые должны приобрести ученики, можно разделить на два типа.

К первому типу могут быть отнесены умения по прямому и косвенному измерением следующих физических величин:

основная школа: масса, объем, сила (упругости, тяжести, трения скольжения), расстояние, промежуток времени, сила тока, напряжение, плотность, период колебаний маятника, фокусное расстояние собирающей линзы;

средняя (полная) школа: ускорение свободного падения, коэффициент трения скольжения, жесткость пружины, удельная теплоемкость вещества, ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока, удельное сопротивление проводника, показатель преломления, фокусное расстояние и оптическая сила собирающей линзы, длина световой волны.

Второй тип умений — это общеучебные умения: построение графиков, планирование эксперимента, проведение исследований эмпирических закономерностей и т. д.

Представленное в первом разделе оборудование обеспечивает материальную базу для достижения уровня требований по освоению метода научного познания окружающего мира и формирования конкретных экспериментальных умений, включенных в образовательный стандарт.

Лабораторное оборудование позволяет реализовать все эксперименты, составляющие ядро метода научного познания окружающего

мира, а также эксперименты, составляющие вариативную часть, определяемую профилями средней (полной) школы и профессионально значимыми элементами экспериментальных умений, формируемых в учреждениях начального профессионального образования.

Лабораторное оборудование, представленное в пособии, традиционно разделено на две большие группы — фронтальное и для практикума. Вместе с тем структура первого раздела отражает важнейшую современную тенденцию в разработке и производстве лабораторного оборудования, а именно блочно-тематический принцип. Данный принцип имеет не только производственное значение, но и соответствует современной педагогической технологии самостоятельного эксперимента, заложенной в концепции физического образования. Комплекты состоят из тематических наборов, каждый из которых предоставляется ученику целиком. Следовательно, ученик оказывается в условиях, когда он должен самостоятельно выбрать необходимое оборудование, спланировать эксперимент в соответствии с поставленной целью, может осуществить различные способы проведения эксперимента.

Другими словами, именно использование комплектов позволяет создать условия для формирования общеучебных умений, определяемых образовательными стандартами.

В разделе представлены описания четырех комплектов.

Комплекты **1.1** и **1.2** равнозначны при использовании в фронтальном эксперименте в основной школе, а также в старшей школе на базовом и профильном уровнях. Дополнительно комплект **1.1** обеспечивает проведение фронтальных лабораторных работ при углубленном изучении физики, а также позволяет провести экспериментальные работы, способствующие формированию профессионально-значимых умений при изучении физики в учреждениях начального профессионального образования.

Комплекты **1.3** предназначены для сельской малокомплектной школы. Эти комплекты позволяют сформировать оборудование для интегрированного кабинета естествознания.

Комплект **1.4** — пример одной из первых микролабораторий, предназначен для проведения самостоятельного эксперимента в форме кратковременных опытов в основной школе по темам: «Механические явления» и «Тепловые явления».

Наряду с комплектами представлены и отдельные приборы.

В таблице 1.1 показан пример формирования систем оборудования, полностью обеспечивающих выполнение фронтального эксперимента, предусмотренного примерными программами.

Таблица 1.1

	Комплект 1.1	Комплект 1.2	Комплект 1.3
Дополнительное	1.6		1.26
оборудование	1.17	1.26	1.34
из раздела I	1.29	1.35	1.35
	1.7	1.37	1.37
	1.35	1.45 (или 1.44)	1.45 (или 1.44)
	1.37		
	1.45 (или 1.44)		

При отсутствии комплектов **1.1—1.3** система оборудования может быть создана из оборудования общего назначения (**1.6—1.12**), тематического оборудования по механике (**1.13—1.21**), молекулярной физике и термодинамике (**1.22—1.28**), электродинамике (**1.29—1.40**), оптике и квантовой физике (**1.41—1.46**).

Приведенный перечень фронтального оборудования показывает, что в настоящее время решен ряд важнейших проблем, которые позволяют перевести самостоятельный эксперимент на принципиально новый уровень.

Лабораторное оборудование по механике претерпело наибольшие изменения. Так, электронный секундомер с датчиками, входящий в набор по механике комплекта **1.1**, или прибор для изучения прямолинейного движения тел **1.19** позволяют на экспериментальной основе изучить основные закономерности кинематики и динамики.

Важнейшее значение имеет создание и выпуск динамометра с пределом измерения 1 Н и ценой деления $0,02\text{ Н}$ (прибор **1.13**), что позволяет измерить архимедову силу, силу трения скольжения и равнодействующую силу при равномерном движении груза по окружности для подтверждения исследуемых в соответствующих работах закономерностей с достаточно малой погрешностью.

Для экспериментальной поддержки изучения молекулярной физики и термодинамики разработан прибор для исследования изотермического и изохорного процессов без использования жидкостей [см. набор **1.1(2)**]. Наряду с этим имеется и набор **1.28**, позволяющий исследовать все три изопроцесса на основе традиционной технологии, когда газ сжимается столбом воды.

В электродинамике осуществлен переход на электроизмерительные приборы с классом точности 2,5 вместо ранее выпускавшихся приборов с классом точности 4, что позволяет повысить точность измерения и расширить перечень проводимых работ.

Использование амперметра с пределом измерения 1 А и ценой деления 0,02 А (прибор 1.29) позволяет научить ученика подбору измерительного прибора с учетом числовых значений измеряемых величин, обеспечивающего оптимальную погрешность измерения; появляется возможность правильно, с точки зрения организации измерений, провести такие работы, как измерение силы тока в лампочке, расчет заряда одновалентного иона.

В оптике до самого последнего времени длина световой волны измерялась субъективным способом — на основе наблюдения мнимого изображения спектра (прибор 1.42), что не способствовало пониманию учащимися сущности используемого способа измерения. Набор 1.1 содержит оборудование, позволяющее осуществить объективный способ измерения длины световой волны — на основе наблюдения действительного изображения дифракционного спектра на экране.

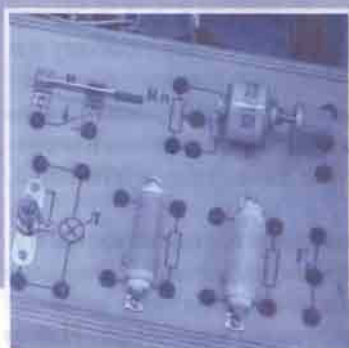
Оборудование, представленное в подразделе «Оборудование для практикума», показывает, что в настоящее время создана материальная база для восстановления в школах лабораторного практикума. Это особенно важно в связи с концепцией профильного обучения в средней (полной) школе.

Разработана технология полного исследования законов фотоэффекта и измерения постоянной Планка с погрешностью не более 10 % на основе вакуумного фотоэлемента (прибор 1.54). В соответствии с блочно-тематическим принципом разработаны комплект «Электродинамика» 1.59 и целый ряд приборов.

Комплект оборудования «ЕГЭ-лаборатория» 1.70 предназначен для подготовки школьников к единому государственному экзамену. Комплект разработан в РНПО «Росучприбор», прошел опытную апробацию в Москве и в Раменском районе Московской области.

С использованием комплекта «ЕГЭ-лаборатория» может быть поставлен обобщающий практикум как в основной, так и в средней (полной) школах. Постановка такого практикума необходима, поскольку обеспечивает подготовку учащихся к проверке освоения метода научного познания окружающего мира.

1.1	1.1.1	1.1.1.1	1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1
1.1	1.1.1	1.1.1.1	1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1
1.1	1.1.1	1.1.1.1	1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1
1.1	1.1.1	1.1.1.1	1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1
1.1	1.1.1	1.1.1.1	1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1
1.1	1.1.1	1.1.1.1	1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1
1.1	1.1.1	1.1.1.1	1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1
1.1	1.1.1	1.1.1.1	1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1
1.1	1.1.1	1.1.1.1	1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1
1.1	1.1.1	1.1.1.1	1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1



ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ФРОНТАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

КОМПЛЕКТЫ

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
1.1		Универсальный комплект для основной, средней (полной) школы и учреждений начального профессионального образования	17
	5.1.17	1) Набор лабораторный «Механика»	
	5.1.36	2) Набор лабораторный «Молекулярная физика» (Н)	
	5.1.39	3) Набор «Электричество»	
	5.1.38	4) Набор «Оптика»	
1.2		Комплект для основной и средней (полной) школы	24
		1) Набор лабораторный по механике	
		2) Набор лабораторный по термодинамике	
		3) Набор лабораторный по электродинамике	
		4) Набор лабораторный по оптике	
1.3		Комплекты для сельских малокомплектных основной и средней (полной) школ	28
		1) Лабораторный комплект по механике	
		2) Лабораторный комплект по молекулярной физике и термодинамике	
		3) Мини-лаборатория по электродинамике	
		4) Оптическая микролаборатория	
1.4	5.1.24	Микролаборатория - I	35

ОБОРУДОВАНИЕ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
1.5		Столы лабораторные 1) Стол с выдвижным ящиком для хранения лабораторного оборудования 2) Стол с подъемным блоком 3) Стол универсальный	37
1.6	5.1.3	Весы учебные с гирями 1) Весы с гирями сборно-разборной конструкции 2) Весы с перегрузком и набором гирь	40
1.7	5.1.8	Источники постоянного и переменного тока	42
1.8		Лотки для комплектования и хранения оборудования	45
1.9	5.1.53	Секундомер	46
1.10	5.1.54	Термометр	46
1.11	5.1.57	Штативы 1) Штатив на чугунном основании 2) Штатив на стальном основании	47
1.12	5.1.58	Цилиндры измерительные и мензурки	49

ОБОРУДОВАНИЕ ПО МЕХАНИКЕ

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
1.13	5.1.7	Динамометры	51
1.14	5.1.21	Желобы 1) Желобы дугообразные а) Желоб с приспособлениями б) Желоб простой	52
	5.1.22	2) Желоб прямой	

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
1.15	5.1.27	Наборы грузов по механике	54
1.16	5.1.34	Наборы тел равного объема и равной массы 1) Наборы тел равного объема 2) Набор тел равной массы	55
1.17	5.1.31	Наборы пружин с различной жесткостью 1) Набор пружин с принадлежностями 2) Набор пружин	57
1.18	5.1.43	Прибор для изучения движения тела по окружности	59
1.19	5.1.46	Прибор для изучения прямолинейного движения	60
1.20	5.1.51	Рычаг-линейка	61
1.21	5.1.55	Трибометры 1) Трибометр 2) Трибометр с принадлежностями	62

ОБОРУДОВАНИЕ ПО МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ И ТЕРМОДИНАМИКЕ

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
1.22	5.1.10	Калориметр	65
1.23	5.1.33	Набор тел по калориметрии	66
1.24		Набор тел по молекулярной физике и механике	66
1.25	5.1.35	Наборы для исследования деформации резины 1) Набор полосовой резины 2) Прибор для исследования деформации резины	68
1.26	5.1.40	Нагреватель электрический (спираль-резистор)	69

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
1.27	5.1.30	Набор «Кристаллизация»	70
1.28	5.1.29	Набор для исследования изопроцессов в газах	71

ОБОРУДОВАНИЕ ПО ЭЛЕКТРОДИНАМИКЕ

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
1.29		Электроизмерительные приборы для фронтальных лабораторных работ	73
	5.1.1	Амперметр	
	5.1.4	Вольтметр	
	5.1.25	Миллиамперметр	
1.30	5.1.11	Катушка-моток	74
1.31	5.1.12	Переключатель однополюсный	75
1.32	5.1.23	Набор магнитов	76
1.33		Набор «Двигатель — генератор — электромобиль»	77
1.34	5.1.28	Набор по электролизу «Электролит»	78
1.35	5.1.47	Радиоконструкторы для сборки радиоприемников 1) Набор «Радиоприемник» 2) Радиоконструктор	79
1.36	5.1.49	Реостат ползунковый	83
1.37	5.1.63	Электродвигатель разборный	83
1.38	5.1.62	Электромагнит разборный с деталями	84
1.39		Электромагнит лабораторный	85
1.40	5.1.50	Проволока высокоомная на колодке для измерения удельного сопротивления	85

ОБОРУДОВАНИЕ ПО ОПТИКЕ И КВАНТОВОЙ ФИЗИКЕ

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
1.41	5.1.41	Плоскопараллельная пластина со скошенными гранями	87
1.42	5.1.45	Прибор для измерения длины световой волны с набором дифракционных решеток	87
1.43		Интерферометр Юнга	88
1.44	4.4.45	Набор спектральных трубок с источником питания	90
1.45	5.1.9	Источник света с линейчатым спектром	90
1.46	5.1.52	Спектроскоп	91



КОМПЛЕКТЫ

1.1. (5.1.17; 5.1.36; 5.1.39; 5.1.38)

Универсальный комплект для основной, средней (полной) школы и учреждений начального профессионального образования

Комплект разработан в соответствии с блочно-тематическим принципом и представлен наборами: «Механика», «Молекулярная теория и термодинамика», «Электричество», «Оптика». Оборудование комплекта соответствует примерным программам основного и среднего (полного) образования. Универсальный комплект имеет гриф «Рекомендовано МО РФ».

На базе комплекта разработана «ЕГЭ-лаборатория» 1.70, а также задания по фотографии для контрольно-измерительных материалов ЕГЭ по физике¹. Поэтому использование комплекта обеспечивает оптимальные условия для подготовки выпускников к итоговой аттестации.

1) Набор лабораторный «Механика» (5.1.17) предназначен для проведения лабораторных работ по различным разделам механики, проведения работ практикума, а также решения экспериментальных задач.

Этот набор используется для проведения следующих работ: градуирование пружины и измерение сил динамометром; измерение силы трения скольжения; выяснение условия равновесия рычага; изучение устройства подвижного и неподвижного блоков; определение КПД при подъеме тела по наклонной плоскости; изучение «золотого правила» механики; измерение скорости неравномерного движения; исследование зависимости скорости равноускоренного движения от времени; измерение ускорения движения тела; исследование зависимости перемещения от времени при равноускоренном движении; проверка соотношения перемещений при равноускоренном движении; исследование движения тела под действием нескольких сил; измерение жесткости пружины; измерение коэффициента трения скольжения; изучение движения тела, брошенного горизонтально; определение ускорения тела на основе второго закона Ньютона; изучение равновесия

¹ См., например, В. А. Орлов, Г. Г. Никифоров, Н. К. Ханнанов. Учебно-тренировочные материалы для подготовки к ЕГЭ. Физика. М.: Интеллект-Центр, 2005.

тел под действием нескольких сил; изучение закона сохранения механической энергии; измерение ускорения свободного падения с помощью маятника.

Набор (рис. 1.1, а) составляют следующие элементы и устройства: направляющая рейка; каретка; электронный секундомер с 2 датчиками; рычаг с осью; крючок (2 шт.); желоб (трубка) с держателем; штатив (основание, стойка, муфта); подвижный блок; неподвижный блок; груз (4 шт.); шарик; бумага копировальная; коврик из пористого пластика; тесьма; металлическое рабочее поле.



Рис. 1.1

Для выполнения некоторых опытов необходим динамометр 1.13 с пределом измерения 1 Н.

Принципиально новым, отличающим набор «Механика» от существующего в настоящее время лабораторного оборудования для изучения механики, является применение электронного секундомера, включаемого и выключаемого с помощью двух датчиков с магнитоуправляемыми контактами. Электронный секундомер является первым в серии измерительных приборов, которые выпускаются с использованием самых современных технологий и имеют единый стиль внешнего оформления. Основные элементы набора лабораторного «Механика» изготовлены из цветного пластика с применением литьевых технологий.

При выполнении экспериментального задания, например измерении промежутка времени, затрачиваемого телом на движение между двумя определенными точками траектории (рис. 1.1, б), ученик подключает к секундомеру разъем, к которому подходят кабели от обоих датчиков, и, пользуясь линейкой на направляющей рейке, устанавливает датчики в интересующие его точки. Прохождение каретки, в боковую поверхность которой вмонтирован магнит, мимо первого датчика включает секундомер, а замыкание контакта второго датчика останавливает счет времени, и, таким образом, интервал времени движения оказывается измеренным с погрешностью 0,01 с.

2) Набор лабораторный «Молекулярная физика» (5.1.36) (Н) предназначен для проведения лабораторных работ при изучении тепловых явлений, свойств газов, жидкостей и твердых тел, проведения работ практикума и решения экспериментальных задач.

Этот набор используется для проведения следующих работ: градуирование термометра; построение графика зависимости температуры холодной и температуры горячей воды от времени при теплообмене; измерение удельной теплоемкости; исследование уравнения теплового баланса при смешивании холодной и горячей воды; построение графика зависимости температуры воды от времени; исследование мощности двухсекционного электрического нагревателя; наблюдение плавления кристаллических и аморфных веществ; измерение абсолютной и относительной влажности и определение точки росы; исследование изотермического процесса; исследование изохорного процесса; определение работы по сжатию газа графическим способом; исследование деформации резинового образца.

Набор (рис. 1.2) составляют следующие элементы и устройства: термометр (2 шт.); термометрическая трубка на основании; калориметр; набор калориметрических тел; двухсекционный нагреватель;



Рис. 1.2

прибор для исследования деформации резины; манометр стрелочный; прибор для изучения изотермического процесса; прибор для изучения изохорного процесса; стаканчик емкостью 150 мл; психрометрическая таблица; таблица «Зависимость давления и плотности насыщенного водяного пара от температуры».

Для выполнения опытов необходимы: штатив лабораторный 1.11, источник постоянного и переменного тока 1.7.

Набор лабораторный «Молекулярная теория и термодинамика» отличается от аналогов по ряду позиций. Принципиально новым является применение для изучения изопроцессов прямых способов измерения объема газа и избыточного над атмосферным давления газа с использованием стрелочного манометра. Это позволило избавиться от использования жидкости при изучении газовых законов, обеспечить необходимую точность выполнения экспериментов.

Набор позволяет провести ряд опытов при введении понятия температуры: градуирование термометра; наблюдение процесса установления состояния теплового равновесия.

Двухсекционный нагреватель позволяет в значительной степени разнообразить исследования теплового действия тока.

3) Набор «Электричество» (5.1.39) предназначен для проведения лабораторных работ по темам «Законы постоянного тока», «Электромагнитные явления» и решения экспериментальных задач.

Этот набор используется для проведения следующих лабораторных работ: сборка электрической цепи и измерение силы тока на ее раз-

личных участках; измерение напряжения на различных участках электрической цепи; регулирование силы тока реостатом; наблюдение химического действия электрического тока; сборка гальванического элемента и испытание его действия; исследование зависимости силы тока на участке цепи от напряжения; исследование зависимости силы тока на участке цепи от его сопротивления; измерение сопротивления проводника при помощи амперметра и вольтметра; измерение мощности и работы тока в электрической лампе; изучение магнитного поля постоянного магнита; изучение электродвигателя постоянного тока; измерение КПД электродвигателя; измерение ЭДС

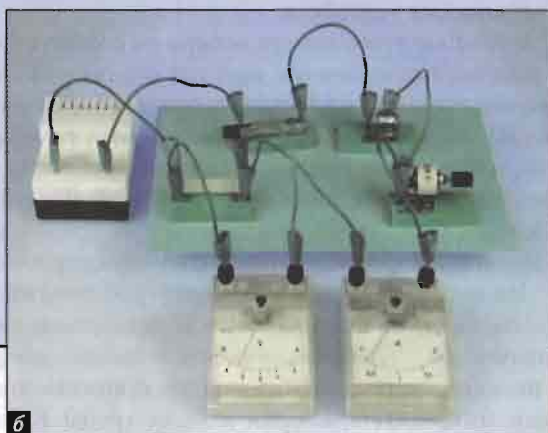
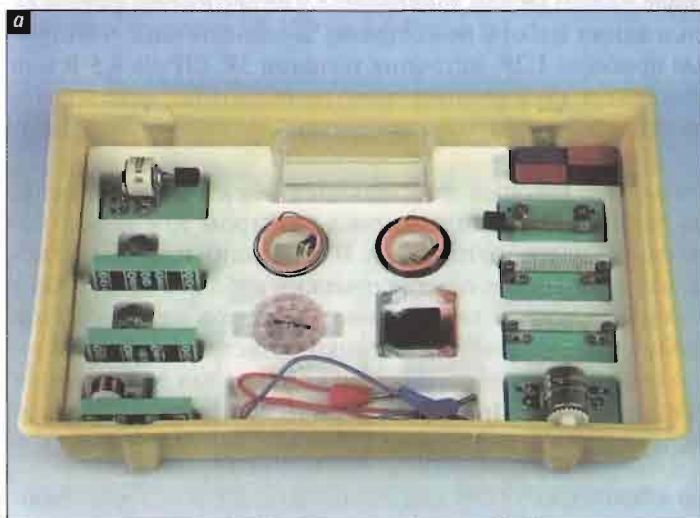


Рис. 1.3

и внутреннего сопротивления источника тока; измерение удельного сопротивления проводника; изучение последовательного соединения проводников; изучение параллельного соединения проводников; определение заряда электрона; наблюдение действия магнитного поля на проводник с током; изучение явления электромагнитной индукции.

Набор (рис. 1.3, *а*) составляют следующие элементы и устройства: ключ; кювета с электродами; лампа с колпачком (2 шт.); проволоочный резистор (2 шт.); переменный резистор (потенциометр); электродвигатель; катушка-моток (2 шт.); магнит полосовой (2 шт.); зажим пружинный (2 шт.); компас; соединительные провода (8 шт.); металлическое рабочее поле.

При использовании набора необходимы дополнительно: электроизмерительные приборы 1.29, источник питания 3R 12P на 4,5 В или 1.27. В экспериментах по изучению электромагнитных явлений используется штатив из набора лабораторного «Механика» или штатив 1.11.

Все элементы, из которых составляются электрические цепи, смонтированы на стандартных платформах размером 70×35 мм, которые изготовлены из цветного пластика. В основании платформ имеются магниты, что в сочетании с металлическим рабочим полем обеспечивает удобное и надежное закрепление элементов электрической цепи. Применение проволоочных постоянных резисторов, а также потенциометра со специально подобранными номиналами обеспечивает наглядность эксперимента. Пример электрической цепи, собранной на базе набора, представлен на рисунке 1.3, *б*.

4) Набор «Оптика» (5.1.38) предназначен для проведения лабораторных работ по геометрической и волновой оптике, сборки моделей оптических устройств.

С помощью этого набора можно выполнить следующие лабораторные работы: исследование явления отражения света; построение изображения предмета в плоском зеркале; сборка модели зеркального перископа; наблюдение преломления света плоскопараллельной пластиной; наблюдение преломления света на границе раздела двух сред; наблюдение преломления света призмой; исследование явления преломления света; измерение показателя преломления вещества; прямое измерение фокусного расстояния и оптической силы собирающей линзы; измерение фокусного расстояния собирающей линзы с использованием формулы линзы; измерение фокусного расстояния и оптической силы рассеивающей линзы; получение изображения при помощи линзы; сборка модели проекционного аппарата; сборка модели микроскопа; сборка модели трубы Кеплера; сборка модели

Набор (рис. 1.4, а) составляют следующие элементы и устройства: линза сферическая (3 шт.); поляриод (2 шт.); дифракционная решетка; плоский полуцилиндр; плоскопараллельная пластина со скошенными гранями; плоское зеркало; экран с прорезью; лимб; держатель оптических элементов (3 шт.); лампа с колпачком; кювета с прозрачными стенками; коврик пластиковый; соединительные провода (3 шт.).

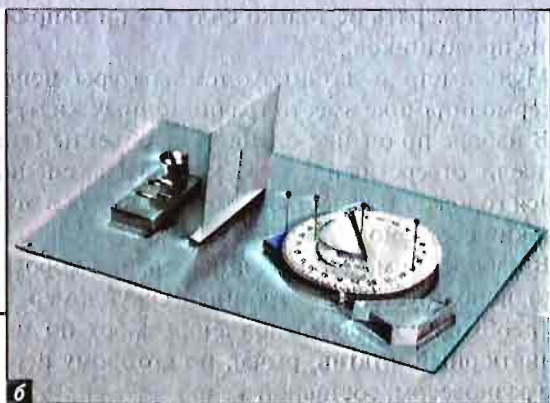
[illegible]

Рис. 1.4

Набор «Оптика» реализует двумерный вариант размещения элементов оптической схемы учебной экспериментальной установки, что существенно расширяет возможности постановки эксперимента и, бесспорно, приближает учебные оптические схемы к реальным. Широкое использование магнитов как для закрепления держателей оптических элементов, так и для фиксации самих элементов в держателях позволяет с помощью предельно простых средств настроить оптические схемы. Так, получив с помощью оптической схемы увеличенное изображение объекта, ученик легко может проанализировать влияние положения линзы вдоль оптической оси и в перпендикулярном направлении на размеры изображения, его положение на экране и характер искажений. Фотография оптической схемы, собранной для исследования явления преломления света на границе раздела двух сред, представлена на рисунке 1.4, б.

Набор «Оптика» отличается от аналогов тем, что позволяет реализовать не только субъективный способ измерения длины световой волны (наблюдение мнимого изображения спектра), как и при использовании прибора 1.43, но и объективный, при котором действительное изображение дифракционного спектра наблюдается на экране.

1.2. Комплект для основной и средней (полной) школы

Комплект обеспечивает выполнение большей части фронтальных лабораторных работ, предусмотренных примерными программами по физике. Этот комплект представлен наборами лабораторными по механике, термодинамике, электродинамике, оптике и отличается от аналогов следующим.

В наборе по электродинамике вместо традиционных стрелочных приборов используются современные цифровые мультиметры, позволяющие измерять не только силу тока и напряжение, но и сопротивление проводников.

Мультиметр с датчиком температуры используется и в наборе по термодинамике вместо традиционных жидкостных термометров.

В наборе по оптике оптические объекты (дифракционные решетки, щели, отверстия и т. д.) размещаются в специальной поворачивающейся головке. В качестве источника света в этом наборе используется яркий светодиод.

В наборе по механике для измерения коротких промежутков времени используется электронный секундомер. Этот набор содержит все необходимое для выполнения работ по механике, в том числе: миниатюрный штатив; рычаг, по которому перемешаются грузы; весы с разновесом; составной желоб.

Рис. 1.5



Особенностью комплекта оборудования также является его согласованность с подъемным блоком лабораторного стола 1.5(2). Каждый набор помещен в отдельный контейнер, на котором указаны название набора и перечень оборудования, находящегося в укладках. Контейнеры имеют выступы на корпусе, что позволяет ставить их друг на друга.

Использование контейнеров, хранящихся внутри лабораторного стола, в сочетании с укладками позволяет организовать подготовку и уборку оборудования для фронтальных работ в минимально короткое время.

Если класс не оборудован лабораторными столами, то предусмотрена транспортировка и хранение оборудования в специальных чемоданах-укладках (рис. 1.5).

1) Набор лабораторный по механике (рис. 1.6) составляют: штатив; весы-рычаг со втулками; муфта в сборе (со стержнем и винтами);

Рис. 1.6



укладка с набором грузов, шариком и пинцетом; две чашки с дужками для весов; трибометр (доска и брусок); динамометр; желоб (составной); лоток; электронный секундомер; резинка с крючками; руководство по проведению лабораторных работ.

Набор используют для проведения следующих лабораторных работ: измерение массы тела на рычажных весах; градуирование пружины и измерение сил динамометром; выяснение условия равновесия рычага; определение КПД при подъеме тела по наклонной плоскости; измерение ускорения тела при равноускоренном движении; измерение жесткости пружины; измерение коэффициента трения скольжения; изучение движения тела, брошенного горизонтально; изучение движения тела по окружности под действием сил упругости и тяжести; изучение равновесия тел под действием нескольких сил; изучение закона сохранения механической энергии; измерение ускорения свободного падения с помощью маятника.

2) Набор лабораторный по термодинамике (рис. 1.7) составляют: калориметр; термометр; набор калориметрических тел; стакан полипропиленовый вместимостью 100 мл; цилиндр измерительный вместимостью 100 мл; набор для исследования изопроцессов в газах; мультиметр с датчиком температуры; спиртовка; руководство по проведению лабораторных работ.

3) Набор лабораторный по электродинамике (рис. 1.8) составляют следующие модули и устройства: три резистора сопротивлениями 1 Ом, 2 Ом и 4 Ом; реостат; электродвигатель; ключ; кнопка; лампа накаливания; мультиметр; источник питания; электромагнит; проводник; кабель.



Рис. 1.7

Рис. 1.8



Этот набор используют для проведения следующих лабораторных работ: сборка электрической цепи и измерение силы тока в ее различных участках; регулирование силы тока в цепи реостатом; измерение напряжения на различных участках цепи; определение сопротивления проводника; определение удельного сопротивления проводника; исследование последовательного соединения проводников; исследование параллельного соединения проводников; проверка формулы работы тока; определение мощности электрической лампочки; испытание электромагнита; наблюдение взаимодействия проводника с током и магнита; изучение модели электродвигателя постоянного тока; определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока.

4) Набор лабораторный по оптике (рис. 1.9) составляют: направляющая линейка (1 шт.); источник света (светодиод в магнитном рейтере) (1 шт.); магнитный рейтер (1 шт.); собирающая линза (желтая

Рис. 1.9



оправа — длиннофокусная) (1 шт.); собирающая линза (белая оправа — короткофокусная) (1 шт.); рассеивающая линза (красная оправа) (1 шт.); поворачивающаяся насадка с оптическими объектами: круглое отверстие (2 шт.), щель (2 шт.), круглый непрозрачный экран (1 шт.), двойная щель (1 шт.); дифракционная решетка 100 штрихов на миллиметр (1 шт.); «скрещенная» дифракционная решетка (1 шт.); гальванический элемент (1 шт.); руководство по проведению лабораторных работ.

Набор используется для проведения следующих лабораторных работ: измерение фокусного расстояния собирающей линзы; сборка моделей оптических приборов: зрительной трубы Кеплера, зрительной трубы Галилея, микроскопа; измерение увеличения трубы; измерение увеличения микроскопа; интерференция света, прошедшего через двойную щель; измерение длины световой волны; наблюдение многолучевой интерференции; наблюдение дифракции световой волны на щели с прямыми краями; измерение ширины щели; наблюдение дифракции сферической световой волны на круглом отверстии; наблюдение зон Френеля.

1.3. Комплекты для сельских малокомплектных основной и средней (полной) школ

Разработка и конструирование лабораторного оборудования для самостоятельного физического эксперимента в малокомплектной школе осуществлены по модульно-тематическому принципу. При этом предполагается проведение лабораторных работ по разделам школьного курса физики с помощью комплектов, включающих необходимые и достаточные приборы и принадлежности, обладающих удобной конструкцией для хранения, развертывания и проведения работ.

Лабораторное оборудование составлено из четырех комплектов: лабораторного комплекта по механике, лабораторного комплекта по молекулярной физике и термодинамике, микролаборатории по электродинамике и оптической микролаборатории.

Каждый из комплектов имеет малогабаритную конструкцию. Эти комплекты позволяют учащимся самостоятельно собирать установки разной степени сложности. При проведении отдельных лабораторных работ используется оборудование разных комплектов, что позволяет уменьшить избыточность оборудования и снизить его стоимость. В комплектах использовано в основном простое лабораторное оборудование малых размеров.

Одна из особенностей сельской малокомплектной школы — малая наполняемость классов. Представленные комплекты в наибольшей степени приспособлены к этой особенности школы и позволяют организовать развивающее обучение на основе самостоятельных исследований учащихся.

1) Лабораторный комплект по механике позволяет познакомить учащихся с методами простейших прямых измерений линейных размеров, объема, массы, силы, промежутков времени. С использованием этого комплекта можно провести лабораторные работы по следующим темам: движение тел, кинематика, взаимодействие тел, динамика, простые механизмы, статика, колебания, работа, энергия.

Комплект (рис. 1.10, а) включает в себя: динамометр 1.13 с пределом измерения 4 Н; измерительную ленту; блок; брусок металлический с крючком; четыре груза с крючками; желоб прямой; опору же-



Рис. 1.10



лоба; нить на мотовильце; пружину; рычаг с балансиром; сосуд отливной; шар стальной; стакан лабораторный вместимостью 100 мл; стержень лабораторного штатива с муфтой и лапкой; секундомер механический 1.9; весы 1.6(1).

Все компоненты комплекта, за исключением весов и секундомера, расположены в пенале, габаритные размеры которого $585 \times 180 \times 90$ мм. Технология сборки экспериментальных установок основывается на использовании пенала как элемента установки. На передней грани пенала закреплен опорный элемент в виде деревянного бруска. На верхней и торцевой поверхностях бруска имеются два глухих резьбовых отверстия. Отверстие с торцевой стороны бруска используется для закрепления желоба в вертикальном положении с помощью винта. Отверстие с верхней стороны бруска используется для закрепления стержня лабораторного штатива.

Крышка пенала используется в отдельных опытах в качестве составной части трибометра или как наклонная плоскость. Внутренняя и внешняя поверхности крышки выполнены так, что при скольжении по ним бруска коэффициент трения скольжения оказывается разным. На внутренней поверхности крышки наклеена узкая полоса резины, используемая в опытах по измерению коэффициента трения скольжения (рис. 1.10, б).

Технические характеристики элементов комплекта

- 1) Пружина цилиндрической формы с намоткой виток к витку. Длина намотки 80 мм, диаметр 30 мм. Жесткость пружины порядка 30 Н/м.
- 2) Груз имеет массу 100 г, размеры $21 \times 25 \times 25$ мм.
- 3) Желоб прямоугольного профиля имеет длину 550 мм. Желоб снабжен двумя шкалами — внутренней и внешней. Цена деления шкал 1 мм.
- 4) Отливной сосуд имеет внутренний диаметр 50 мм, общую высоту 100 мм.

2) Лабораторный комплект по молекулярной физике и термодинамике позволяет познакомить учащихся с методами измерения плотности, температуры вещества, давления газа, влажности воздуха, а также с методами исследования тепловых явлений.

Этот комплект используют для проведения лабораторных работ по следующим темам: плотность, внутренняя энергия, температура, теплопередача, количество теплоты, удельная теплоемкость, испарение жидкости, влажность воздуха, плавление и кристаллизация твердых тел.



Рис. 1.11



Комплект (рис. 1.11, а) составляют: калориметр 1.22, измерительная лента; термометр ТС-4М 1.10; цилиндр мерный вместимостью 100 мл; резиновый жгут; трубка-резервуар с двумя кранами на концах; трубка манометрическая; флакон с пробкой-капельницей; брусок металлический с крючком; пробирка ПХ-14; стакан лабораторный вместимостью 100 мл; чашка Петри; стержень лабораторного штатива с лапкой и муфтой.

Наряду с оборудованием в состав комплекта включены исследуемые вещества в пробирках диаметром 14 мм: аморфное и кристаллическое, а также натриевая соль в пакете. В пробирку соль помещают непосредственно перед проведением опыта, после завершения которого соль плавят, переливают в пакетик, где и хранят до следующего опыта.

Все компоненты комплекта расположены в корпусе, габаритные размеры которого $420 \times 280 \times 130$ мм. Боковые стенки корпуса выполнены со скосом переднего угла. Корпус снабжен выдвижным лотком с высоким бортиком, используемым при работе с жидкостями и сыпучими веществами. В опытах корпус используется также в качестве основания лабораторного штатива, для установки и закрепления которого в корпусе выполнено глухое резьбовое отверстие. На рисунке 1.11, б приведен пример использования набора при проведении лабораторной работы по измерению удельной теплоемкости вещества. Для проведения некоторых опытов дополнительно используют весы и секундомер из комплекта по механике.

Технические характеристики элементов комплекта

- 1) Термометр ТС-4М имеет пределы измерений $0-100$ °С, снабжен футляром для хранения.
- 2) Трубка-резервуар длиной 200 см имеет на концах краны. Выполнена из прозрачного эластичного полимерного материала.
- 3) Манометрическая трубка имеет внутренний диаметр 2 мм и длину 300 мм, изготовлена из прозрачного эластичного материала.
- 4) Резиновый жгут общей длиной 30 см имеет на концах петли круглой формы в сечении, диаметр сечения жгута 2,5 мм.

3) Мини-лаборатория по электродинамике позволяет познакомить учащихся с методами сборки электрических цепей, измерения силы тока и напряжения на участках электрической цепи, экспериментально исследовать электрические и электромагнитные явления и их закономерности.

Мини-лабораторию используют для проведения лабораторных работ по следующим темам: постоянный электрический ток, магнитное поле, электромагнитное поле, полупроводники.

Мини-лаборатория (рис. 1.12, а) включает в себя: электроизмерительные приборы 1.29; выпрямитель ВУ-4М 1.7; два планшета с электрическими элементами для опытов (один — для основной школы, другой — для полной); компас; два постоянных магнита (маркированный и немаркированный); две катушки с выводами; сердечники цилиндрические — металлический и немагнитный; набор разноцветных соединительных проводов; контакты реле с выводом; соединительные детали: подставку с двумя отверстиями, две пластины металлические с двумя отверстиями, болт $M6 \times 40$, гайку М6.

Все компоненты мини-лаборатории, за исключением одного планшета, размещены в корпусе, причем компас, магниты, соединительные провода, катушки, а также мелкие детали и узлы хранятся под откидной рабочей площадкой. Габаритные размеры корпуса $420 \times 280 \times 110$ мм.



Рис. 1.12



Для сбора экспериментальной установки подключают компоненты мини-лаборатории и элементы одного из двух планшетов; при необходимости используют дополнительно элементы, располагая их на рабочей площадке. Технологию проведения в основной школе лабораторной работы по исследованию магнитного поля катушки с током иллюстрирует рисунок 1.12, б.

4) Оптическая микролаборатория позволяет познакомить учащихся с методами измерения оптических величин и исследования оптических явлений, получить навыки сборки оптических установок.

С помощью этой микролаборатории можно провести лабораторные работы по следующим темам: прямолинейное распространение света, отражение и преломление света, ход лучей в линзах, получение изображений с помощью линз, длина световой волны, интерференция и дифракция света.

Оптическая микролаборатория (рис. 1.13, *а*) включает в себя: оптическую скамью двутаврового профиля с наружной стальной линейкой; источник света (светодиод); два рейтера, снабженных магнитами; комплекты дифракционных решеток, масок, щелей и отверстий в трех слайд-рамках размерами 50×50 мм каждая; две собирающие линзы с разными фокусными расстояниями; рассеивающую линзу; плоскопараллельную пластину со скошенными гранями; четыре булавки; коврик; провод соединительный.

Все компоненты микролаборатории расположены в пенале, габаритные размеры которого $340 \times 85 \times 70$ мм. Пенал имеет отделяющую крышку. Пенал с закрытой крышкой используют как основа-

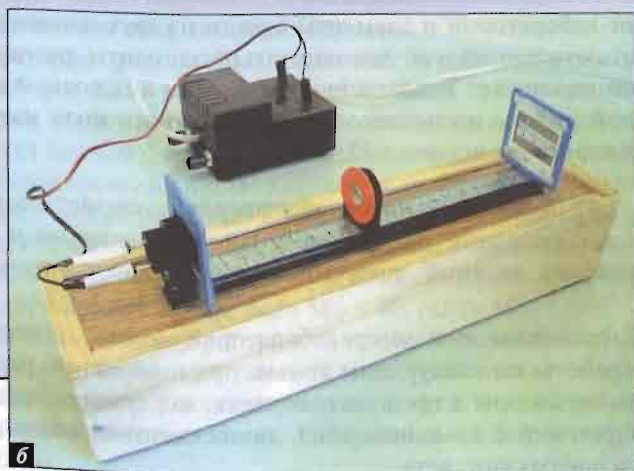


Рис. 1.13

ние для сборки экспериментальных установок (рис. 1.13, б), в части которых, совместно с оборудованием микролаборатории, применяют выпрямитель ВУ-4М 1.7 (из мини-лаборатории по электродинамике).

Фиксация оптических элементов на стальной линейке скамьи осуществляется рейтерами, снабженными магнитами.

Технические характеристики компонентов микролаборатории

- 1) Оптическая скамья представляет собой двутавровую направляющую с размерами $250 \times 20 \times 10$ мм. Снабжена стальной линейкой со шкалой, оцифрованной от 1 до 24 см.
- 2) Источником света является светодиод. Для формирования светового потока на источник света устанавливается слайд-рамка размерами 50×50 мм с диафрагмой из комплекта масок.
- 3) Комплект масок для формирования светового потока включает два круглых отверстия диаметрами 0,5 мм и 1 мм (диафрагмы), единичную щель и отверстие в виде буквы F, выполненных на никелевой фольге.
- 4) Комплект щелей содержит два круглых отверстия разного диаметра (0,1 мм и 0,2 мм), две одинарные щели разной ширины (0,1 мм и 0,2 мм), двойную щель и нить, выполненных на никелевой фольге. В средней части комплекта щелей имеется шкала.
- 5) Комплект дифракционных решеток выполнен фотоспособом и заключен в слайд-рамку размерами 50×50 мм. Включает четыре решетки по 50, 100, 300 и 600 штрихов на миллиметр.
- 6) Фокусные расстояния собирающих линз 20 и 50 мм, а рассеивающей линзы — 20 мм. Апертуры линз 15 мм.
- 7) Плоскопараллельная пластина со скошенными гранями выполнена из прозрачного материала. Основание пластины матовое. Длины параллельных сторон 95 и 33 мм, толщина пластины 10 мм.
- 8) Коврик из пористого материала имеет размеры $120 \times 120 \times 10$ мм.
- 9) В штекере соединительного провода длиной 60 см установлен резистор, ограничивающий электрический ток выпрямителя ВУ-4М при питании светодиода.

1.4. (5.1.24) Микролаборатория-1¹

Микролаборатория (рис. 1.14) предназначена для проведения самостоятельного эксперимента в форме кратковременных опытов при изучении физики в основной школе.

¹ Микролаборатория разработана заслуженным учителем школы РФ, к. п. н. Е. С. Обьедковым.



Рис. 1.14

С помощью микролаборатории можно провести около 100 качественных и количественных экспериментов при изучении механических и тепловых явлений.

Описание опытов приведено в книге-пособии, которой комплектуется микролаборатория. Использование ее в школе способствует развитию у учащихся практических умений и навыков, формированию интереса к физике.

Масса микролаборатории без упаковки не более 2,4 кг; общая масса в упаковке не более 3,0 кг.

ОБОРУДОВАНИЕ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

1.5. Столы лабораторные

1) *Стол с выдвижным ящиком для хранения лабораторного оборудования* (рис. 1.15, а) отличается от аналогов наличием выдвижного ящика для хранения лабораторного оборудования (рис. 1.15, б).

Крышка стола толщиной 18 мм изготовлена из древесностружечной плиты (ДСП), облицованной пластиком. Она установлена на сварной металлический каркас, который изготовлен из металлических труб прямоугольной формы сечением 25×28 мм. Передние углы крышки стола закруглены ($R = 30$ мм). Для предотвращения падения письменных принадлежностей и учебного оборудования со стола задняя и боковые части поверхности крышки ограничены деревянным бортиком высотой 60 мм. Размеры поверхности крышки стола 1250×650 мм. На поверхности стола расположено подвижное осно-



Рис. 1.15



вание для штатива с контейнером для хранения принадлежностей к штативу (см. рис. 1.15, а).

В подстолье расположен выдвижной ящик для лабораторного оборудования размерами $1000 \times 420 \times 100$ мм. Крышка стола разделена на стационарную и поворотную части. Поворотная часть крышки имеет размеры 1250×150 мм. Эта часть поворачивается на 160° на специальных петлях, и без такого поворота выдвижение ящика с лабораторным оборудованием невозможно; в закрытом состоянии она фиксируется специальным замком. Масса стола 33 кг.

Электрические розетки специальной конструкции могут закрепляться либо на бортике крышки стола, либо на боковой поверхности подстоля между опорами.

К стационарно расположенным столам подводят напряжение 42 В от щита любого из комплектов электроснабжения кабинета физики 2.3.



Рис. 1.16

2) Стол с подъемным блоком (рис. 1.16, а) имеет габаритные размеры $1200 \times 600 \times 760$ мм. Масса стола не более 80 кг.

Каркас стола изготовлен из стального профиля прямоугольного сечения и представляет собой раму, к которой прикреплена крышка стола. Конструкция каркаса обеспечивает высокую прочность и устойчивость стола. Металлические части стола окрашены порошковой эпоксидной краской. Крышка стола изготавливается из ламината светло-серых тонов. Покрытие стола допускает кратковременный контакт с минеральными кислотами, растворами щелочей и органическими растворами, а также выдерживает кратковременное воздействие повышенных температур (до 170°C).

Стол оборудован подъемным блоком (рис. 1.16, б), в котором хранятся комплекты лабораторного оборудования, рассчитанного на работу бригады из двух человек. Состав комплектов оборудования предполагает выполнение всех работ, предусмотренных программой. Конструкция блока исключает несанкционированный доступ учащихся к оборудованию, обеспечивая тем самым его сохранность.

3) Стол универсальный (рис. 1.17) изготовлен в строгом соответствии с требованиями ГОСТ 18314—93 «Столы ученические лабораторные. Функциональные размеры».

Размеры поверхности крышки стола 1200×600 мм, высота ее над полом 760 мм. Габаритные размеры стола в сборе не более $1200 \times 600 \times 820$ мм; масса — не более 22 кг.

Крышка стола толщиной 16 мм изготовлена из ДСП, облицованной пластиком, ее передние углы закруглены ($R = 30$ мм). Крышка установлена на сварном металлическом каркасе, который изготовлен



Рис. 1.17

из металлических труб прямоугольной формы сечением 25×28 мм. На опорах стола установлены крючки для подвешивания ученических портфелей.

Как и стол с выдвижным ящиком, стол универсальный имеет бортики. К стационарно закрепленным столам подводят напряжение 42 В от щита любого из комплектов электроснабжения кабинета физики 2.3.

1.6. (5.1.3) Весы учебные с гирями

Весы предназначены для измерения массы тел при выполнении следующих лабораторных работ: измерение массы тела с помощью рычажных весов; измерение плотности твердого тела; измерение плотности жидкости; выяснение условия плавания тел в жидкости; измерение удельной теплоемкости твердого тела; измерение удельной теплоты плавления льда; измерение КПД установки с электрическим нагревателем; измерение заряда электрона и др.



Рис. 1.18



1) Весы с гирями сборно-разборной конструкции. В весах рычажных сборно-разборной конструкции все детали уложены в футляре-основании с крышкой (рис. 1.18, а). На рисунке 1.18, б показаны весы в собранном виде.

В комплект весов кроме футляра входят: коромысло со стрелкой и серьгами; две чашки с дужками; стержень; набор из 17 гирь и пинцет в отдельной укладочной коробке.

Чашки весов изготовлены из пластмассы, имеют плоское дно с закругленными бортиками. В качестве стойки и подставки штатива используются стержень и футляр-основание.

Технические характеристики прибора

- 1) Масса и количество гирь в укладочной коробке: 100 г (1 шт.), 50 г (1 шт.), 20 г (2 шт.), 10 г (1 шт.), 5 г (1 шт.), 2 г (2 шт.), 1 г (1 шт.), 500 мг (1 шт.), 200 мг (2 шт.), 100 мг (1 шт.), 50 мг (1 шт.), 20 мг (2 шт.), 10 мг (1 шт.).
- 2) Габаритные размеры укладочной коробки набора гирь не более $125 \times 80 \times 40$ мм. Масса набора гирь с пинцетом и укладочной коробкой не более 0,4 кг.
- 3) Размеры взвешиваемого тела на весах не более $80 \times 90 \times 90$ мм, наибольший предел взвешивания 200 г.
- 4) Габаритные размеры весов в упаковке вместе с деталями и гирями не более $290 \times 130 \times 55$ мм, масса не более 0,8 кг.

На пластмассовых деталях весов возможно появление статического электричества, которое может влиять на результаты взвешивания, поэтому перед началом работы рекомендуется влажной ветошью или ватой протереть насухо чашки и верхнюю поверхность крышки футляра.

При измерении массы на весах учитывается погрешность, обусловленная чувствительностью весов и погрешностью из-за неравноплечности.

Чувствительность ненагруженных весов не превышает 20 мг и линейно возрастает с увеличением массы взвешиваемого тела. При максимальной нагрузке чувствительность весов достигает 100 мг. Погрешность из-за неравноплечности линейно увеличивается от 50 мг (при нагрузке 10% от максимальной) до 100 мг (при нагрузке 100%).

По сравнению с указанными погрешностями весов погрешностью гирь можно пренебречь.

2) Весы с перегрузком и набором гирь. В основу конструкции весов (рис. 1.19) положен равноплечий рычаг, удерживаемый в обойме с помощью призматической оси. На концах рычага установлены вин-

Рис. 1.19



ты, на которых вращаются барашки для его уравнивания. Равновесие рычага фиксируется с помощью стрелки, закрепленной по центру фигурного рычага. Верхняя шкала с нулем посередине имеет по 5 делений. При равновесии рычага конец стрелки должен совпадать с нулевым делением верхней шкалы «5 — 0 — 5», цена деления которой 200 мг.

На рычаге параллельно его оси закреплена шкала «0 — 5» (г) с перегрузком. Перемещение перегрузка на одно деление этой шкалы эквивалентно массе 200 мг. Отличительной особенностью весов является то, что при работе с ними не используются миллиграммовые гири и пинцет.

Весы имеют две одинаковые пластмассовые чашки, установленные на фигурном рычаге. К весам прилагается коробка с набором гирь: 5 г, 10 г, 20 г (2 шт.), 50 г, 100 г.

Перед взвешиванием тел весы уравнивают с помощью барашков. Весы находятся в равновесии, если перегрузок на нижней шкале смещен в крайнее левое положение, а стрелка находится на нулевом делении верхней шкалы.

При взвешивании тел их кладут на левую чашку весов, а гири — на правую. Если масса тела меньше 5 г, то она определяется по положению перегрузка. Погрешность измерения не более 200 мг.

1.7. (5.1.8) Источники постоянного и переменного тока

Источники предназначены для снижения и преобразования напряжения переменного тока и питания учебных приборов и экспериментальных установок при проведении фронтальных лабораторных работ по электродинамике.

На рисунке 1.20 представлены источники тока: ИПФ-6В/3А (рис. 1.20, а), ИПЛ (рис. 1.20, б), ВУ-4 (рис. 1.20, в), ВУ-4М (рис. 1.20, г) и ИЭЛ (рис. 1.20, д).

Принцип действия всех источников тока одинаков. При включении их в сеть переменное напряжение поступает на первичную катушку понижающего трансформатора, а затем на выходные клеммы переменного тока и двухполупериодный выпрямитель. После него пульси-



Рис. 1.20

рующее напряжение подается на клеммы или гнезда «—» и «+» постоянного тока.

Источники тока отличаются видом выпрямительного моста, индикацией и коммутацией, наличием или отсутствием выходных клемм переменного напряжения.

При проведении ряда лабораторных работ необходимо учитывать пульсирующий характер выходного напряжения на клеммах «—» и «+» всех источников тока. Это напряжение изменяется по закону $u = U_m |\cos \omega t|$. При подаче такого напряжения в цепях с омической нагрузкой идет ток силой $i = I_m |\cos \omega t|$. Электроизмерительные приборы магнитоэлектрической системы 1.29 показывают средние значения напряжения $U_{\text{ср}} = \frac{2U_m}{\pi} \approx 0,637 U_m$ и силы тока $I_{\text{ср}} = \frac{2I_m}{\pi} \approx 0,637 I_m$.

Это необходимо учитывать при экспериментальных исследованиях теплового действия тока, когда учащиеся оценивают мощность как произведение $U_{\text{ср}} I_{\text{ср}} = 0,4 U_m I_m$, тогда как действительная мощность равна $\frac{I_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0,5 U_m I_m$.

При проведении лабораторных работ, основанных на законе Ома, особенности этих приборов можно не учитывать, так как $U_{\text{ср}}$ и $I_{\text{ср}}$ пропорциональны друг другу. Также можно не учитывать эти особенности при исследовании электролиза и взаимодействия проводника с током и магнита, поскольку результаты измерения в них определяются средними значениями.

При проведении исследований зависимости напряжения на полюсах источников тока от силы тока во внешней цепи нелинейный характер зависимости $U = \mathcal{E} - Ir$ связан со свойствами диодов моста.

Источники включаются в сеть переменного тока напряжением 42 В, которое подается к специальным розеткам лабораторных столов от щитов любого из комплектов электроснабжения кабинета физики 2.3. Шнуры источников снабжены специальными вилками, согласованными с розетками и исключающими их включение в электрическую сеть напряжением 220 В.

Технические характеристики источников тока приведены в таблице 1.2.

Источники тока ИПФ-6В/3А, ИПЛ и ВУ-4М имеют выходы и по переменному, и по пульсирующему току, напряжения на которые подаются одновременно. Источник ИЭЛ снабжен переключателем типа напряжения, которое в зависимости от положения переключателя подается на одну пару гнезд.

Таблица 1.2

Характеристика	Источники тока				
	ИПФ-6В/3А	ИПЛ	ВУ-4	ВУ-4М	ИЭЛ
Напряжение питания, В	42				
Напряжение: — переменное, действующее значение ЭДС, В	6	5		4	4
— пульсирующее, среднее значение ЭДС, В	6	5	4	4	4
Максимальная сила тока нагрузки: — переменный, действующее значение, А	3	2		2	2
— пульсирующий, среднее значение, А	3	2	2	2	2

1.8. Лотки для комплектования и хранения оборудования

Комплектование лабораторного оборудования в тематические наборы дает возможность размещения деталей лабораторных наборов универсального комплекта для основной, средней (полной) школы и учреждений начального профессионального образования 1.1 в специальных лотках-укладках, выполненных методом вакуумного формования из ударопрочного полистирола.

Использование лотков-укладок позволяет организовать компактное хранение оборудования для фронтальных лабораторных работ и обеспечивает удобный доступ к любому из элементов набора, существенно улучшая эргономику пространства кабинета физики.



Рис. 1.21

Для контроля целостности комплектов на видимую сторону лотка нанесено условное обозначение всех расположенных в нем деталей с указанием их наименования и количества. Расположенные на корпусе выступы служат для составления лотков в вертикальные сборки — до 6 шт. (рис. 1.21).

1.9. (5.1.53) Секундомер

Секундомер служит для измерения промежутков времени при выполнении лабораторных работ по механике, молекулярной физике и электродинамике, таких как: измерение ускорения свободного падения с использованием маятника; измерение ускорения движения с помощью прямолинейного желоба 1.14; проведение исследований при наблюдении плавления вещества и нагревания жидкости; измерение КПД электрического нагревателя; измерение заряда одновалентного иона с помощью набора по электролизу «Электролит» 1.34 и др.

Секундомер механический СОПр-2а-2-010 (рис. 1.22) имеет следующие технические характеристики.

- 1) Емкость шкалы: секундной — 60 с; минутной — 30 мин.
- 2) Цена деления шкалы: секундной — 0,3 с; минутной — 1 мин.
- 3) Класс точности — второй.
- 4) Допустимая погрешность в положении заводной головкой вверх или циферблатом вверх при измерении интервала времени 30 мин: при температуре 20 °С — в пределах $\pm 1,0$ с; в диапазоне рабочих температур — в пределах $\pm 3,0$ с.
- 5) Габаритные размеры не более 50 × 18 × 70 мм, масса не более 0,15 кг.
- 6) Средний срок службы не менее 15 лет.

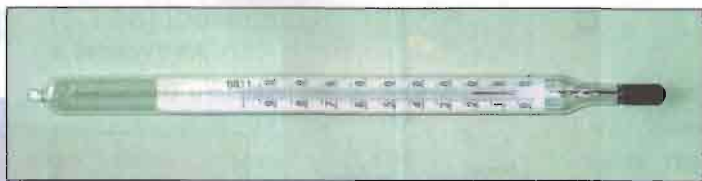


Рис. 1.22

1.10. (5.1.54) Термометр

Термометр спиртовой ТС-4М (рис. 1.23) предназначен для измерения температуры при проведении лабораторных работ по молекулярной физике, электродинамике и работ практикума.

Рис. 1.23



Пределы измерения термометра 0—100 °С; цена деления шкалы 1 °С; основная погрешность измерения 1 °С.

Термометр применяется при выполнении таких работ, как исследование изменения температуры воды при ее нагревании и охлаждении; измерение удельной теплоемкости вещества; исследование плавления вещества; исследование зависимости сопротивления металлов и полупроводников от температуры и др.

1.11. (5.1.57) Штативы

Штативы предназначены для закрепления различных лабораторных приборов и приспособлений при проведении учащимися лабораторных работ и работ практикума. Штативы можно использовать также в некоторых демонстрационных опытах для установки и крепления легких приборов.

1) Штатив на чугунном основании. В состав штатива (рис. 1.24, а) входят следующие детали: чугунная подставка в виде плиты прямоугольной формы; стальная стойка круглого сечения; две крестообразные муфты с зажимными винтами; лапка с зажимным винтом и кольцо на стержне.

На одном конце стойки нарезана резьба. Такая же резьба нарезана в отверстии подставки для ввинчивания стойки.

Для исключения появления коррозии в резьбовых частях деталей штатива заводом-изготовителем рекомендуется смазывать их безводным вазелином.

2) Штатив на стальном основании (рис. 1.24, б) состоит из основания прямоугольной формы; стержня с гайкой; трех муфт; двух лапок и кольца на стержне. Все детали штатива изготовлены из стали.

Основание штатива изготовлено из стального листа толщиной 2 мм. Широкие противоположные края листа согнуты под прямым углом в виде бортиков и служат опорой штатива. В основании просверлено отверстие для крепления стержня с гайкой.



Рис. 1.24



Каждая муфта имеет цилиндрическую форму. В ней в двух местах имеются радиальные отверстия, расположенные взаимно перпендикулярно. Внутренний диаметр одного отверстия согласован с диаметром стержня, диаметр другого отверстия — с диаметром держателей лапок и кольца. Для крепления и фиксации положения деталей штатива на торцах муфты по оси цилиндра имеются резьбовые отверстия, в которые ввинчены стопорные винты.

Масса и размеры штативов приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3

	Штатив на чугунном основании	Штатив на стальном основании
Размеры основания, мм	200 × 145 × 10	150 × 85
Длина стержня, мм	610	370
Диаметр стержня, мм	12	10
Масса с принадлежностями, кг	2,8	0,7

1.12. (5.1.58) Цилиндры измерительные и мензурки

Цилиндры измерительные (рис. 1.25, *а*) предназначены для выполнения лабораторных работ по измерению: цены деления измерительного прибора, объема жидкости, объема твердых тел, выталкивающей силы и др. Мензурки (рис. 1.25, *б*) предназначены для измерения объемов жидкостей и твердых тел.

Характеристики цилиндров измерительных и мензурок приведены в таблице 1.4.

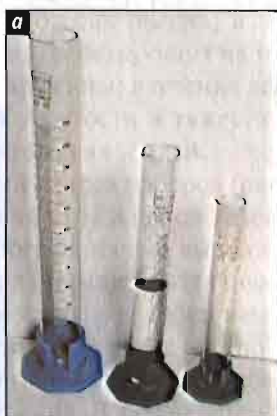


Рис. 1.25

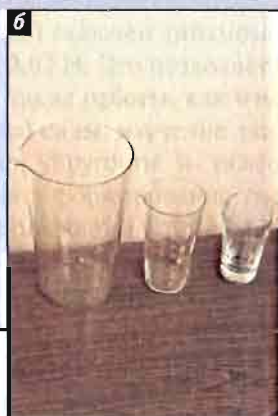


Таблица 1.4

Номинальная вместимость, мл	Цена деления, мл	Допускаемая погрешность, мл
Цилиндры измерительные		
50	1	0,5
100	1	1,0
250	2	1,0

4.1. *Матрица P симметрична, тогда из (1) следует, что*

50 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ФРОНТАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

ОБОРУДОВАНИЕ ПО МЕХАНИКЕ

1.13. (5.1.7) Динамометры

Динамометры предназначены для измерения силы при проведении следующих лабораторных работ: изучение зависимости силы тяжести от массы тела; измерение сил трения покоя, скольжения и качения; измерение выталкивающей силы; измерение работы при перемещении тела; измерение момента силы; выяснение условия равновесия рычага; измерение КПД наклонной плоскости; сложение сил, действующих на тело под углом друг к другу; измерение жесткости пружины; изучение движения тела по окружности под действием сил упругости и тяжести; измерение потенциальной энергии тела, поднятого над землей.

В каждый из трех наборов (рис. 1.26) включен динамометр с пределом измерения 1 Н и ценой деления 0,02 Н. Это позволяет с достаточно малой погрешностью выполнять такие работы, как измерение силы трения; измерение выталкивающей силы; изучение движения тела по окружности под действием сил упругости и тяжести. Таким образом, уже в механике можно начать формирование умения выбирать измерительный прибор, обеспечивающий наименьшую погрешность измерения. В дальнейшем это важнейшее из общеучебных умений закрепляется при использовании амперметров 1.29.

В динамометрах набора 1 используются пружины, «работающие на сжатие». Поэтому их можно применять при проведении лабора-



Рис. 1.26

Таблица 1.5

Характеристика	Набор					
	1		2		3	
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2
Предел измерения, Н	1	4	4	1	1	5
Цена деления, Н	0,02	0,1	0,1	0,02	0,02	0,2
Основная погрешность измерений, Н	0,02	0,05	0,05	0,02	0,02	0,2
Корректор нуля	+	+	—	—	+	+

торной работы по исследованию закона сохранения механической энергии.

Характеристики динамометров приведены в таблице 1.5.

1.14. (5.1.21; 5.1.22) Желобы

1) Желобы дугообразные (5.1.21) используются при проведении лабораторных работ: исследование движения тела, брошенного горизонтально; исследование движения тел под действием силы тяжести; изучение движения тела по параболе; изучение закона сохранения импульса.

а) Желоб с приспособлениями (рис. 1.27, *а*) состоит из дугообразного лотка с металлической обоймой под струбину. В верхней части лотка имеется отверстие под винт М4 с фасонной головкой. Винт прижимает металлическую Г-образную полоску с прорезью. Прорезь в полоске служит как для регулирования высоты пуска шарика, так и для фиксации места пуска шарика с лотка при повторении опытов.

На конце лотка с помощью винта и гайки закрепляют опрокидывающийся стержень на оси, в верхней части которого имеется лунка, необходимая для установки шарика на стержне. После проведения каждого опыта стержень возвращают в вертикальное положение.

При сборке экспериментальной установки используется штатив 1.11.

б) Желоб простой (рис. 1.27, *б*) изготовлен из металла и имеет профиль прямого угла со сторонами 20×20 мм и толщиной 1 мм. Длина желоба 20 см. На конце желоба вдоль его ребра сделана прорезь



Рис. 1.27



длиной 30 мм. Одна из сторон прорезанной части желоба изогнута в виде дуги.

Желоб закрепляют лапкой штатива 1.11 на нужной высоте так, чтобы конец его изогнутой части располагался горизонтально.

2) **Желоб прямой** (5.1.22) (рис. 1.28) предназначен для изучения прямолинейного движения тел и используется при проведении следующих лабораторных работ: исследование изменения координаты тела со временем; проверка соотношения перемещений при равноускоренном движении; измерение средней скорости движения тела; определение ускорения движения тела; исследование связи кинетической энергии тела с его скоростью.



Рис. 1.28

Желоб изготовлен из металла и имеет профиль прямого угла со сторонами 20×20 мм и толщиной 1 мм. Длина желоба 60 см.

Для уменьшения относительной погрешности измерения времени движения шарика установку настраивают так, чтобы время его скатывания по желобу было достаточно большим. Оптимальный результат получают тогда, когда один конец желоба выше другого не более чем на 3 — 4 мм. Для закрепления желоба в таком положении используется специальная подставка с V-образным вырезом. Наклон желоба регулируется так, что шарик скатывается от края до края желоба за 4—5 с.

Время движения шарика измеряется секундомером 1.9.

1.15. (5.1.27) Наборы грузов по механике

Грузы применяются при проведении следующих лабораторных работ: градуировка пружины и измерение сил динамометром; выяснение условия равновесия рычага; изучение равновесия тел под действием нескольких сил; изучение закона сохранения механической энергии; измерение жесткости пружины; изучение движения тел по окружности под действием сил упругости и тяжести; измерение КПД при подъеме тела по наклонной плоскости; исследование сил трения скольжения; изучение колебаний груза на пружине и др.



Рис. 1.29

Таблица 1.6

Характеристика	Набор грузов				
	НГМ-50	НГМ-100	НГК		НГЛ
Масса каждого груза, г	$50,00 \pm 0,75$	$100,0 \pm 1,5$	50 ± 1	100 ± 2	100 ± 2
Диаметр груза, мм	20	25	28	28	28
Высота груза, мм	16	20	14	21	21
Число грузов в наборе	6	6	4	4	4

Особенностью наборов грузов НГМ-50 и НГМ-100 (рис. 1.29, а) является крепление крючков в средней части цилиндрической поверхности, что исключает их скатывание с лабораторного стола; набор НГК (рис. 1.29, б) является комбинированным, так как в него входят грузы массой и 50 г, и 100 г; набор НГЛ (рис. 1.29, в) имеет традиционную конструкцию.

Поскольку массы грузов имеют вполне определенные и нормированные числовые значения, то наборы могут быть отнесены к наборам мер. Поэтому наряду с перечисленными выше лабораторными работами с использованием наборов грузов может быть сформировано представление о погрешности, если провести их поверку, используя в качестве образцового средства измерения веса **1.6 (1)**.

Характеристики наборов представлены в таблице 1.6.

1.16. (5.1.34) Наборы тел равного объема и равной массы

1) Наборы тел равного объема предназначены для формирования понятий «масса» и «плотность» на основе сравнения масс тел одинаковой формы и равного объема, изготовленных из различных материалов.

Наборы используют для проведения следующих лабораторных работ: измерение объема тел; измерение массы тел; измерение плотности твердых тел; исследование зависимости силы тяжести от массы тела.

Для исключения коррозии металлов после проведения опытов следует протереть тела насухо.

Наборы состоят из тел цилиндрической формы одинакового размера. Каждое тело снабжено крючком.

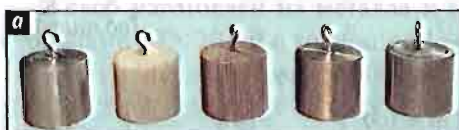


Рис. 1.30



Тела цилиндрической формы круглого сечения (рис. 1.30, а) имеют диаметр 30 мм и высоту 30 мм (без крючка). Они изготовлены из стали, бронзы, алюминия, пластмассы и дерева.

Тела набора, изготовленные в форме параллелепипеда (рис. 1.30, б), имеют в сечении квадрат со стороной 20 мм, их высота 50 мм. Эти тела изготовлены из стали, латуни, алюминия и пластмассы.

Для измерения массы тел используются весы 1.6. При проведении исследования зависимости силы тяжести от массы тела сила тяжести измеряется динамометром 1.13.

При отсутствии набора тел по калориметрии 1.23 металлические тела набора тел равного объема могут быть использованы для измерения удельной теплоемкости вещества.

2) Набор тел равной массы предназначен для формирования понятий «масса» и «плотность» на основе сравнения между собой объемов тел одинаковой формы и равной массы, изготовленных из различных материалов; измерения массы и плотности.

Набор (рис. 1.30, в) состоит из четырех тел цилиндрической формы разной высоты, изготовленных из стали, латуни, алюминия и дерева. На каждом цилиндре сверху закреплен крючок.

1.17.

(5.1.31) Наборы пружин с различной жесткостью

1) *Набор пружин с принадлежностями*¹ предназначен

для исследования сил упругости и движения тел под действием этих сил. Набор отличается от аналогов наличием специального приспособления для сборки систем пружин.

С помощью этого набора проводятся следующие лабораторные работы: исследование зависимости силы упругости от деформации; графическое определение работы силы упругости; измерение жесткости пружины; исследование колебаний груза, подвешенного к пружине; измерение жесткости параллельной и последовательной систем пружин.

Набор (рис. 1.31, а) состоит из четырех пружин, две из которых 1 и 2 являются одинаковыми.

При исследовании систем пружин (рис. 1.31, б) используется специальная металлическая панель, на которой закрепляются пружины; ее размеры 60 × 180 мм.



Рис. 1.31



¹ В составлении описания набора пружин с принадлежностями принимал участие С. Л. Дылдин.

Таблица 1.7

№ пружины	Длина, мм	Диаметр, мм	Жесткость, Н/м
1 и 2	70	25	≈ 15
3	60	25	40
4	50	20	60

Характеристики пружин приведены в таблице 1.7.

2) Набор пружин. В набор входят пять пружин с различной жесткостью (табл. 1.8).

Таблица 1.8

№ пружины	Длина намотки, мм	Диаметр витка, мм	Жесткость, Н/м
1	75	21	25
2	71	19	15
3	62	18	10
4	62	15	5
5	40	16	2,5



Рис. 1.32

Каждая из пружин в верхней части имеет кольцо для подвешивания на штативе, а в нижней части — проволочный крючок. Крючки у всех пружин одинакового размера, они оснащены стрелочными указателями, которые могут перемещаться вдоль проволоки.

С помощью данного набора пружин (рис. 1.32) проводятся следующие лабораторные работы: измерение жесткости пружины; изучение колебаний пружинного маятника; измерение массы тела с помощью пружинного маятника и др.

Этот же набор позволяет выполнить и аналогичные демонстрационные опыты.

При работе с набором дополнительно используется один из штативов 1.11 и набор грузов по механике 1.15.

1.18. (5.1.43) Прибор для изучения движения тела по окружности

Прибор служит для изучения движения тела по окружности под действием сил упругости и тяжести.

Прибор позволяет провести следующие лабораторные работы: измерение скорости движения точки по окружности, периода и угловой скорости вращения; измерение центростремительного ускорения; исследование движения тела по окружности под действием силы упругости и силы тяжести; моделирование технических устройств, использующих конический маятник; исследование принципа действия и градуировка центробежного акселерометра.

Устройство прибора показано на рисунке 1.33. В подшипнике обоймы вращается стержень. На нижней части стержня закреплены две металлические пластины. На двух осях, проходящих через пластины, перпендикулярно им закреплены спицы и указатели угла максимального отклонения спицы от вертикали. По спицам перемещаются грузы, которые могут быть установлены в любом месте спицы. На уровне центра масс грузов укреплены проволоочные дуги.

Технология проведения эксперимента состоит в том, что ученик приводит систему в состояние равномерного вращения с помощью стержня и поддерживает ее в этом состоянии. Указатели фиксируют угол отклонения спиц.



Рис. 1.33

Равнодействующую силы упругости стержня и силы тяжести груза измеряют динамометром 1.13 с пределом измерения 1 Н.

1.19. (5.1.46) Прибор для изучения прямолинейного движения

Прибор используется при изучении кинематики, динамики и законов сохранения.

С помощью прибора можно провести следующие лабораторные работы при изучении кинематики: измерение средней скорости неравномерного движения; построение графика зависимости пути от времени; исследование признаков равноускоренного движения; измерение мгновенной скорости; исследование зависимости мгновенной скорости от времени; измерение ускорения.

При изучении динамики с использованием прибора могут быть проведены следующие лабораторные работы: исследование движения тела под действием постоянной силы; проверка соотношения $a = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$; движение системы связанных тел.

При изучении темы «Законы сохранения» прибор используют для проведения следующих лабораторных работ: измерение кинетической энергии при скольжении бруска по наклонной плоскости; проверка теоремы о кинетической энергии; сравнение уменьшения энергии с работой силы трения; прямая проверка равенства $\frac{mv^2}{2} = mgh$ при свободном падении тела из состояния покоя; исследование связи между импульсом силы и изменением импульса тела.

Прибор состоит из двух алюминиевых двутавровых профилей, двух стальных брусков и электромагнита (рис. 1.34, а). При проведении опытов необходимы полоски обычной и копировальной бумаги. В качестве движущегося тела используется брусок, который имеет прорезь для закрепления полоски бумаги.

На одном профиле смонтированы электромагнит с якорем, узел соединения двух профилей и стержень для закрепления прибора в штативе 1.11. Другой профиль снабжен блоком, откидывающимся упором и резьбовым отверстием, согласованным с узлом соединения.

Принцип действия прибора состоит в следующем. Последовательно с катушкой электромагнита включен диод, благодаря чему через катушку идет пульсирующий ток с периодом 0,02 с. С таким же периодом колеблется якорь, боек которого оставляет на ленте (полоске бумаги) метки в виде точек.

Базовая измерительная установка представлена на рисунке 1.34, б.

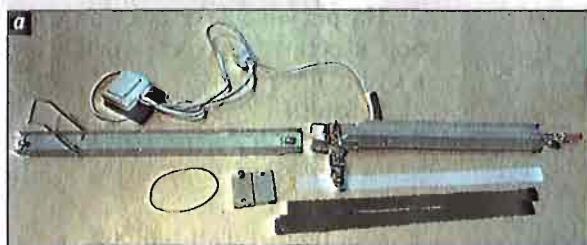


Рис. 1.34



Технические характеристики прибора

- 1) Напряжение питания катушки 36—42 (В).
- 2) Размеры профилей: длина не более 350 мм, ширина 25,0 мм.
- 3) Размеры брусков: длина 40 мм, ширина 24,5 мм, высота 10 мм.
- 4) Масса каждого бруска 70 г.

1.20. (5.1.51) Рычаг-линейка

Прибор предназначен для исследования равновесия тел и применяется при проведении следующих лабораторных работ: выяснение условия равновесия рычага; изучение равновесия тел под действием нескольких сил.

Этот прибор состоит из деревянной рейки, металлической оси и проволоочных сережек. На рейке с двух сторон прорезаны продольные пазы, вдоль которых можно перемещать проволоочные сережки. В центре рейки имеется отверстие для оси. На концах рейки закреплены винты, на которых ввинчиваются уравнивательные гайки.



Рис. 1.35

На рисунке 1.35 показан прибор в сборе, закрепленный осью в муфте штатива.

Габаритные размеры рейки не более $550 \times 30 \times 5$ мм, масса не более 0,1 кг. К прибору прилагаются пять сержек.

Для подготовки прибора к работе один конец оси рычага закрепляют горизонтально в крестообразной муфте штатива, а на второй конец устанавливают рейку. Вращением уравнительных гаек добиваются равновесия рычага (горизонтального расположения рейки). Затем вставляют в пазы необходимое количество сержек, подвешивают на них грузы (или цепляют одну из них динамометром) и проводят опыты.

При проведении работ с прибором необходимо дополнительное оборудование: штатив 1.11, набор грузов по механике 1.15, динамометр 1.13.

1.21. (5.1.55) Трибометры

1) **Трибометр** применяется при проведении следующих лабораторных работ: измерение сил трения покоя и скольжения; измерение ускорения тела при действии сил упругости и трения; измерение механической работы; измерение КПД при подъеме тела по наклонной плоскости и др.

Трибометр состоит из деревянной рейки и прямоугольного деревянного бруска. На одной торцевой поверхности бруска закреплен крючок для крепления динамометра. На двух боковых поверхностях бруска имеются по три углубления круглой формы для установки грузов.

Технические характеристики выпускаемых трибометров (рис. 1.36) приведены в таблице 1.9.

Таблица 1.9

Трибометр	Размеры рейки, мм	Размеры бруска, мм	Масса, кг
Рис. 1.36, а	$505 \times 52 \times 8$	$130 \times 35 \times 50$	0,22
Рис. 1.36, б	$505 \times 75 \times 10$	$120 \times 56 \times 28$	0,60

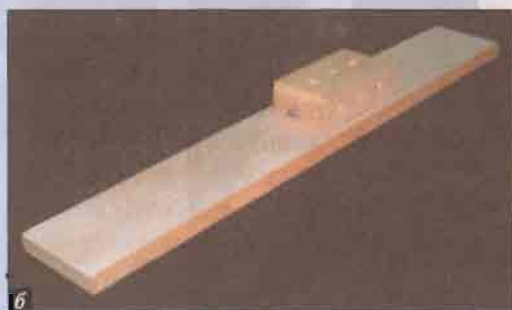


Рис. 1.36

2) Трибометр с принадлежностями предназначен для проведения самостоятельных экспериментальных исследований при изучении статики, динамики, законов сохранения и используется при проведении следующих лабораторных работ: 1) измерение коэффициента трения скольжения различными способами; 2) исследование зависимости силы трения скольжения от площади поверхности, материала поверхностей взаимодействующих тел; 3) исследование зависимости силы трения скольжения от силы давления; 4) исследование взаимодействия тел и проверка третьего закона Ньютона; 5) измерение импульса и кинетической энергии тела по его тормозному пути; 6) проверка закона сохранения импульса; 7) измерение КПД наклонной плоскости при равномерном подъеме тела и исследование зависимости КПД от угла наклона; 8) наблюдение относительности движения.

Трибометр (рис. 1.37, а) представляет собой набор, в состав которого входят: пластиковая направляющая с двумя колесными парами; коробка с крышкой; лента из плотной бумаги; три монеты разного достоинства; резиновое кольцо; резиновая полоса.

При проведении исследования зависимости КПД наклонной плоскости от угла наклона во время подъема тела по плоскости в качестве тела используется коробка, в которую помещаются грузы по механике 1.15, а направляющая закрепляется в лапке штатива. При исследовании зависимости силы трения от площади поверхности коробка с грузами закрывается крышкой, площадь которой в 2 раза больше площади дна коробки. При проведении работ 1, 5, 6 на направляющую



Рис. 1.37

укладывают бумажную ленту, которая обеспечивает непрерывный и плавный переход наклонной плоскости в горизонтальную. Это используется следующим образом. Например, при измерении импульса и кинетической энергии тела по его тормозному пути (работа 5) по ленте пускают монету. Тогда коэффициент трения скольжения $\mu = \frac{h}{a+b}$, где h , a — высота и основание наклонной плоскости, b — тормозной путь. Импульс монеты у основания наклонной плоскости равен $p = m \sqrt{2\mu gb}$.

На рисунке 1.37, б приведена установка, которая используется при изучении третьего закона Ньютона.

При проведении работ с трибометрами необходимо дополнительное оборудование: штатив 1.11, набор грузов по механике 1.15 и динамометр 1.13.

ОБОРУДОВАНИЕ ПО МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ И ТЕРМОДИНАМИКЕ

1.22. (5.1.10) Калориметр

Калориметр предназначен для проведения учащимися лабораторных работ при изучении тепловых явлений.

Его используют для проведения следующих лабораторных работ: сравнение отданного и полученного количеств теплоты при смешивании воды разной температуры; измерение удельной теплоемкости твердого тела; измерение удельной теплоты плавления льда; исследование зависимости температуры воды от времени ее нагревания; определение КПД электрического нагревателя; изучение газовых законов и др.

Калориметр (рис. 1.38) состоит из двух сосудов: внешнего полиэтиленового и внутреннего алюминиевого. На дне внешнего сосуда имеются выступы, в которые вставляется внутренний сосуд, обеспечивая его устойчивое положение.

Использование теплоизоляционного материала для изготовления внешнего сосуда и алюминия для внутреннего сосуда значительно снижает теплообмен с окружающим пространством в процессе проведения опытов с калориметром.

Технические характеристики калориметра

- 1) Наружный диаметр внешнего сосуда 84 мм, высота 97 мм, толщина бортика в верхней части 3,5 мм, толщина стенки 2,5 мм.
- 2) Наружный диаметр внутреннего сосуда 67 мм, высота 78 мм.
- 3) Вместимость внутреннего сосуда не менее 250 мл.
- 4) Масса калориметра не более 0,11 кг.



Рис. 1.38

1.23. (5.1.33) Набор тел по калориметрии

Набор предназначен для определения и сравнения удельных теплоемкостей различных металлов, а также для сравнения между собой масс и плотностей тел одинаковой формы и равного объема, изготовленных из различных материалов.

Набор (рис. 1.39) состоит из трех тел цилиндрической формы одинакового размера, изготовленных из стали, латуни и алюминия. На каждом цилиндре сверху закреплен крючок.

После проведения опытов тела необходимо протереть насухо.



Рис. 1.39

Технические характеристики набора

- 1) Габаритные размеры каждого тела: диаметр 25 мм, высота (без крючка) 40 мм.
- 2) Габаритные размеры набора в упаковке не более $90 \times 35 \times 75$ мм.
- 3) Масса набора в упаковке не более 0,5 кг.

1.24. Набор тел по молекулярной физике и механике

Набор предназначен для формирования понятий плотности, удельной и молярной теплоемкостей, формирования представлений о связи структуры вещества с его свойствами.

Этот набор используется при проведении следующих лабораторных работ: измерение размеров, объема, массы тел; исследование зависимости массы тел от их объема; измерение плотности вещества; распознавание вещества по его плотности; измерение удельной теплоемкости; исследование зависимости силы тяжести от массы; моделирование плотной упаковки атомов в кристаллах; измерение количества вещества.

Набор (рис. 1.40) составляют шесть тел в форме прямоугольного параллелепипеда, изготовленных из алюминия, титана и меди; тело



Рис. 1.40

цилиндрической формы и пластиковая коробочка с шариками диаметром 10 мм.

Выбор веществ для изготовления тел определяется тем, что медь и алюминий имеют гранецентрированную решетку, а титан — гексагональную.

Размеры тел определяются необходимостью включить в набор, кроме тел равной массы и объема, тела с равным количеством вещества и одинаковой теплоемкостью.

В таблице 1.10 приведены характеристики тел, входящих в состав набора: масса m , количество вещества ν , длина a , ширина b , высота c .

Таблица 1.10

Вещество	m , г	ν , моль	a , мм	b , мм	c , мм
Al	54	2	20	20	50,0
Cu	178	2,8	20	20	50,0
	127	2	20	20	36,0
	54	0,85	20	20	15,0
Ti	90	1,9	20	20	50,0
	54	1,1	20	20	29,6

1.25. (5.1.35) Наборы для исследования деформации резины

Наборы предназначены для проведения лабораторных работ при изучении сил упругости, закона Гука и границ его применимости.

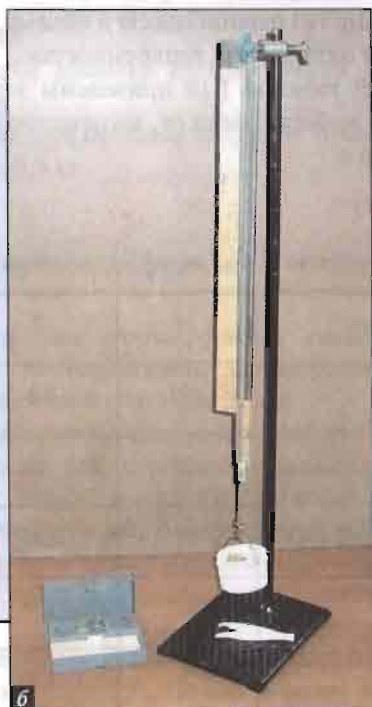
С помощью наборов проводят следующие лабораторные работы: исследование зависимости силы упругости от деформации; наблюдение упругого последствия и изменения формы сечения при деформации; построение диаграммы растяжения; определение границ применимости закона Гука; измерение механического напряжения, относительной деформации и модуля упругости вещества.

1) **Набор полосовой резины** (рис. 1.41, а) составляют: плоская резиновая полоса с отверстиями на концах и два резиновых образца с сечением прямоугольной формы.

Резиновая полоса имеет утолщения и отверстия на обоих концах для закрепления образца в штативе и нагружения образца. На поверхности резиновой полосы с обеих сторон нанесена прямоугольная сет-



Рис. 1.41



ка для наглядной демонстрации характера деформации при растяжении и удобства проведения измерений.

Плоский резиновый образец имеет размеры $1 \times 5 \times 200$ мм, на нем нанесена рифленая квадратная сетка размером 5×5 мм. Образцы с прямоугольными сечениями 1×2 мм и 1×4 мм имеют длину 200 мм.

2) Прибор для исследования деформации резины составляют три резиновых образца прямоугольного и круглого сечений различных размеров (1—3 мм), а также специальное приспособление для измерения удлинения образца. Приспособление состоит из двух линеек (рис. 1.41, б), одна из которых закрепляется в штативе, а другая движется при деформации образца вместе с ним.

При сборке измерительных установок необходим штатив 1.11.

1.26. (5.1.40) Нагреватель электрический (спираль-резистор)

Нагреватель применяется при исследовании теплового действия тока, первого закона термодинамики. Его используют для проведения следующих лабораторных работ: измерение КПД нагревателя; исследование зависимости температуры воды от времени ее нагревания нагревателем небольшой мощности; измерение мощности тока и др.

Прибор (рис. 1.42) смонтирован на круглом пластмассовом основании. Спираль закреплена на концах двух металлических пластин, установленных на основании, и закрыта пластмассовым кожухом. Последний предохраняет ее от порчи и исключает случайный ожог рук учащихся. Основание служит крышкой внутреннего сосуда калориметра 1.22, в который погружается спираль. В основании имеются от-



Рис. 1.42

верстие для термометра и две приборные клеммы для подключения источника тока.

Сопротивление спирали постоянному току 1,5 Ом; рабочее напряжение 4 В.

При проведении лабораторных работ необходимо дополнительное оборудование: термометр **1.10**, источник тока **1.7**, calorиметр **1.22**.

1.27. (5.1.30) Набор «Кристаллизация»

Набор предназначен для изучения закономерностей перехода веществ из одного агрегатного состояния в другое при выполнении лабораторных работ и работ практикума.

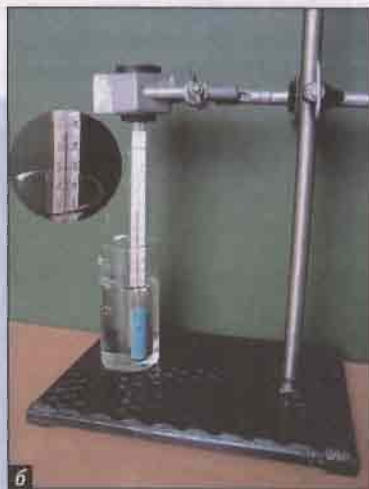
Этот набор используется при проведении лабораторных работ: измерение температуры кристаллизации вещества; наблюдение отвердевания аморфного тела; исследование свойств переохлажденной жидкости.

Работа с набором «Кристаллизация» позволяет формировать у учащихся умение построения графиков по результатам исследования эмпирических закономерностей, так как параметры и особенности фазовых переходов определяются по графику зависимости температуры от времени.

Набор (рис. 1.43, *а*) состоит из трех пробирок с веществами зеленого, желтого и розового цвета. Первые два вещества изготовлены на основе одного из сортов парафина. После обработки по специаль-



Рис. 1.43



ной технологии парафин в одном случае приобретает кристаллические свойства и зеленый цвет, в другом случае получается вещество с желтоватым оттенком, не имеющее определенной температуры кристаллизации. Вещество розового цвета представляет собой смесь натриевой соли с эритрозином. Оно затвердевает по схеме: жидкость — переохлажденная жидкость — кристаллизация — твердое тело. Все вещества абсолютно безопасны для использования в учебном эксперименте.

Технические характеристики набора

- 1) Рабочий диапазон температуры $35\text{—}65\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 2) Температура кристаллизации зеленого вещества $55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\%$, температура кристаллизации розового вещества $45\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\%$.
- 3) Масса вещества в пробирке $5\text{ г} \pm 10\%$.

Экспериментальная установка с использованием одного из элементов набора показана на рисунке 1.43, б.

Непосредственно перед проведением опыта пробирку с исследуемым веществом опускают в сосуд с горячей водой и наблюдают за тем, как оно плавится. После того как все вещество расплавится, в него помещают термометр и наблюдают за изменением температуры.

Для проведения работ с набором необходимы термометр 1.10 и штатив 1.11.

1.28. (5.1.29) Набор для исследования изопроцессов в газах

Набор предназначен для изучения изопроцессов в газах.

Он используется при проведении лабораторных работ: исследование изотермического, изобарного и изохорного процессов; изучение уравнения состояния идеального газа.

Этот набор (рис. 1.44, а) составляют: прозрачная эластичная трубка с кранами на концах; манометрическая трубка и измерительная лента.

Трубка с кранами при проведении экспериментов является емкостью, внутри которой находится исследуемый газ — воздух. Протяженная поверхность трубки и хорошая теплопроводность материала, из которого она изготовлена, позволяют быстро изменять температуру воздуха, находящегося внутри, по всему его объему. Манометрическая трубка изготовлена из прозрачного пластика и используется для измерения давления воздуха при изучении изохорного процесса. На одном из ее концов закреплена муфта для соединения с краном.



Рис. 1.44



Длина трубки с кранами 200 см, толщина стенки трубки 1 мм, длина манометрической трубки 350 мм.

Для изменения температуры воздуха, находящегося внутри трубки, ее укладывают виток к витку во внешний сосуд калориметра. Кран на нижнем конце трубки предварительно закрывают. Кран, который после укладки окажется сверху, должен оставаться открытым. Затем в сосуд наливают воду, нагретую до температуры $55-60^{\circ}\text{C}$, до тех пор, пока верхний кран не окажется на глубине 5–10 мм.

При нагревании воздух будет расширяться и из открытого крана станут выделяться пузырьки. Образовываться они будут до тех пор, пока температуры воды и воздуха в трубке не сравняются. После того как пузырьки перестанут выделяться, измеряют температуру воды в калориметре, которая с момента образования последнего пузырька будет равна температуре воздуха в трубке.

На рисунке 1.44, б показана установка для изучения изохорного процесса.

В зависимости от проводимого опыта совместно с набором используются штатив 1.11, калориметр 1.22, мензурка 1.12, термометр 1.10.

ОБОРУДОВАНИЕ ПО ЭЛЕКТРОДИНАМИКЕ

1.29. (5.1.1; 5.1.4; 5.1.25)

Электроизмерительные приборы для фронтальных лабораторных работ

Электроизмерительные приборы для фронтальных лабораторных работ (рис. 1.45, *а*) образуют набор, полностью обеспечивающий проведение экспериментов с цепями постоянного тока в основной и средней (полной) школе при изучении электрических явлений и электродинамики.

Набор составляют: два амперметра, вольтметр, миллиамперметр.

Все приборы этого набора имеют магнитоэлектрическую систему. Поэтому при проведении некоторых работ необходимо учитывать, что источники тока 1.7 дают пульсирующее, а не постоянное напряжение. В корпусе всех приборов имеется прозрачная часть (рис. 1.45, *б*),



Рис. 1.45



Таблица 1.11

Прибор	Пределы измерений	Класс точности, γ	Рамка измерительного механизма		Добавочное сопротивление	Сопротивление шунта, Ом	Цена деления
			Сопротивление, Ом	Число витков			
Амперметр	0—1 А	2,5	$0,23 \pm 0,07$	10,5	—	$0,007 \pm \pm 0,0054$	0,02 А
Амперметр	0—2 А	2,5	$0,23 \pm 0,07$	10,5	—	$0,0375 \pm \pm 0,0025$	0,05 А
Вольтметр	0—6 В	2,5	440 ± 90	320,5	5,62 кОм	—	0,2 В
Миллиамперметр	5—0—5 мА 50—0—50 мА	4	19 ± 2	66,5	$91,7 \text{ Ом} \pm 0,5\%$	—	0,5 мА 5 мА

позволяющая учащимся рассмотреть устройство измерительного механизма.

Технические характеристики приборов набора представлены в таблице 1.11.

В кабинете физики целесообразно иметь оба амперметра — с пределом измерения 1 А и 2 А. Это позволит сформировать у учащихся умение выбирать измерительный прибор в соответствии с числовым значением измеряемой величины и обеспечивающий наименьшую относительную погрешность измерений. Например, амперметр с пределом измерения 1 А необходимо использовать при работе с набором по электролизу «Электролит» 1.34 и при измерении силы тока в лампочке.

1.30. (5.1.11) Катушка-моток

Катушка-моток предназначена для изучения магнитного поля тока, взаимодействия катушки с током и магнита, исследования явления электромагнитной индукции.

Провод катушки-мотка (рис. 1.46) намотан на пластмассовый цилиндрический каркас диаметром 40 мм и шириной 10 мм. Сопротивление катушки порядка 5 Ом.

При исследовании явления электромагнитной индукции дополнительно используются: магнит 1.32, миллиамперметр 1.29 и электромагнит разборный с деталями 1.38.



Рис. 1.46

1.31. (5.1.12) Переключатель однополюсный

Переключатель однополюсный предназначен для замыкания и размыкания электрических цепей, а также для их переключения.

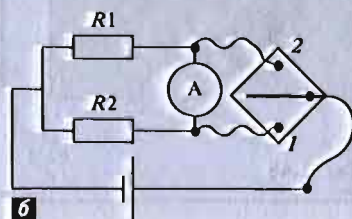
Переключатель (рис. 1.47, а) смонтирован на пластмассовой панели размерами $60 \times 60 \times 10$ мм. Он имеет для подключения проводов три несвертывающихся винтовых зажима, установленных на латунных пластинках толщиной 0,5 мм, и латунный рычажок толщиной 1—1,5 мм с изолирующей головкой-ручкой.

Переключатель особенно удобен при исследовании параллельного соединения проводников и при переключении электрической цепи при выполнении работы практикума «Измерение емкости конденсатора».

Для примера на рисунке 1.47, б показана схема электрической цепи, в которой использование переключателя позволяет с помощью одного амперметра измерить силу тока в каждом из двух параллельно



Рис. 1.47



включенных резисторов. При положении 1 рычага переключателя амперметр измеряет силу тока в резисторе R_1 , при положении 2 — в резисторе R_2 .

1.32. (5.1.23) Набор магнитов

Магниты лабораторные предназначены для проведения лабораторных работ по магнетизму и электромагнетизму.

Набор магнитов состоит из одного дугообразного (рис. 1.48, а) и двух полосовых (рис. 1.48, б) магнитов.

Данный набор магнитов используют для проведения следующих лабораторных работ: изучение свойств и магнитного поля постоянных магнитов; идентификация полюсов намагниченной спицы (иголки, гвоздя и т. д.); идентификация магнитных полей полосового и дугообразного магнитов; взаимодействие магнита и катушки с током; исследование явления электромагнитной индукции.

При проведении двух последних работ используются катушка-моток 1.30, электромагнит разборный с деталями 1.38, миллиамперметр 1.29.

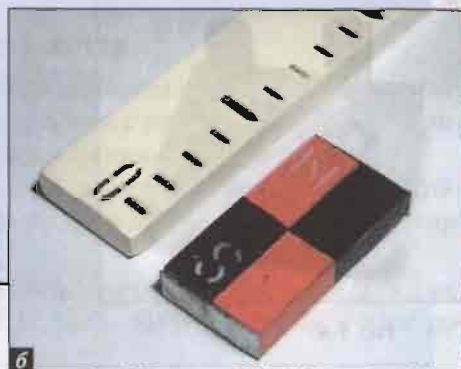
Все магниты изготовлены из стали и имеют сечение 10×15 мм. Длина полосовых магнитов 50 мм; расстояние между полюсами дугообразного магнита 45 мм.

Магниты имеют стандартную окраску: синий — северный полюс, красный — южный полюс.

При хранении магнитов в специальных коробках их полюса замыкают пластинами из мягкого железа.



Рис. 1.48



1.33. Набор «Двигатель — генератор — электромобиль»

Набор используется для проведения самостоятельного эксперимента при изучении прикладных вопросов физики. С помощью элементов набора можно провести следующие лабораторные работы: измерение КПД электродвигателя с редуктором при подъеме груза и его перемещении по горизонтальной поверхности; изучение структуры двигательной установки и преобразование момента силы; конструирование действующей модели электромобиля и исследование его характеристик; измерение КПД электрогенератора; изучение принципа обратимости электрических машин.

В состав набора входят: две панели с одинаковыми электрическими машинами и редукторами; три груза по механике массой 0,1 кг каждый; панель с пусковой кнопкой; тележка легкоподвижная.

Напряжение питания электрических машин 4 В, мощность машин около 0,5 Вт.

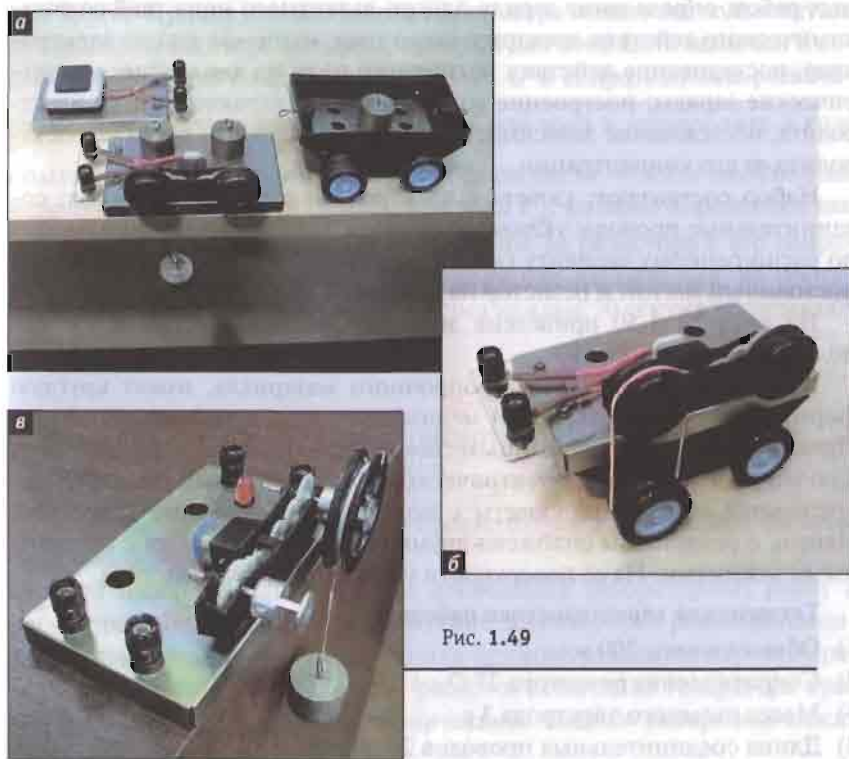


Рис. 1.49

При измерении силы тока в якоре электродвигателя целесообразно пользоваться амперметром 1.29 с пределом измерения 1 А.

На рисунке 1.49, *а* показано использование первой панели в работе «Измерение КПД электродвигателя с редуктором при подъеме груза и его перемещении по горизонтальной поверхности», на рисунке 1.49, *б* — в работе «Конструирование действующей модели электромобиля и исследование его характеристик».

На второй панели (рис. 1.49, *в*) установлен светодиод, выводы которого соединены с клеммами. На выходных валах редуктора укреплены шкивы с малым и большим диаметром. Малый шкив используется при работе машины в режиме двигателя, большой — в режиме генератора.

1.34. (5.1.28) Набор по электролизу «Электролит»

Набор предназначен для изучения явлений, связанных с протеканием электрического тока в жидкостях.

Этот набор используется при проведении следующих лабораторных работ: определение заряда одного валентного иона; наблюдение химического действия электрического тока; изучение закона электролиза; исследование действия магнитного поля на движущиеся электрические заряды; построение вольт-амперной характеристики электролита; исследование зависимости электропроводности раствора электролита от его концентрации.

Набор составляют: кювета с электродом; съемный электрод; соединительные провода; укладочный лоток. При комплектации набора по расширенному варианту («Электролит—Р») в его состав включают постоянный магнит и резистор на панели.

На рисунке 1.50 приведена экспериментальная установка с использованием набора.

Кювета выполнена из ударопрочного материала, имеет круглую форму, в ее центре закреплен медный электрод с гибким проводом. Провод оконцован пружинным зажимом и используется для подключения электрода к электрической цепи. Съемный электрод закрепляется на бортике кюветы с помощью специальных лепестков. Панель с резистором снабжена двумя гибкими проводами с пружинными зажимами. На ее поверхности указан номинал резистора.

Технические характеристики набора

- 1) Объем кюветы 200 мл.
- 2) Сопротивление резистора $27 \text{ Ом} \pm 5\%$.
- 3) Масса съемного электрода 3 г.
- 4) Длина соединительных проводов 20 см.



Рис. 1.50

Чтобы слой осевшей меди прочно удерживался на электроде, электролиз следует проводить при силе тока не более 0,3—0,4 (А). Поэтому в работах по электролизу для измерения силы тока необходимо использовать амперметр 1.29 с пределом измерения 1 А и ценой деления 0,02 А. При отсутствии такого амперметра можно воспользоваться вольтметром 1.29 и резистором, который для этой цели включен в состав набора. Зная показания вольтметра U и сопротивление резистора R , определяют силу тока: $I = \frac{U}{R}$. Сила тока в электролите в ходе опыта может изменяться, поэтому в формуле $m = kI\Delta t$ необходимо использовать среднее значение силы тока $I_{\text{ср}}$, которое определяют как отношение среднего значения напряжения на резисторе к его сопротивлению. Чтобы получить среднее значение напряжения, на протяжении всего времени наблюдения через каждые 30 секунд записывают показания вольтметра.

1.35. (5.1.47) Радиоконструкторы для сборки радиоприемников

1) Набор «Радиоприемник» предназначен для изучения физических основ радиосвязи.

Этот набор используется при проведении лабораторных работ и работ практикума: сборка и испытание детекторного радиоприемника; изучение работы радиоприемника прямого усиления; изучение работы транзисторного усилителя; расчет и испытание генератора прямоугольных импульсов; гармонический анализ негармонических электрических колебаний.

Рис. 1.51



Одна из экспериментальных установок с использованием набора показана на рисунке 1.51.

В состав набора входят: модуль с колебательным контуром; модуль с детектором; модуль с транзисторным усилителем (2 шт.); телефонный капсюль; набор соединительных проводов.

Принципиальные схемы трех модулей представлены на рисунке 1.52.

Все модули представляют собой однотипные панели размером 60×50 мм. Монтажные схемы модулей соответствуют их принципиальным схемам. Изготовлены они методом печатного монтажа. На краях модулей имеются контактные площадки для подключения соединительных проводов.

Колебательный контур рассчитан на прием сигналов радиостанций средневолнового диапазона и состоит из проволочной катушки, намотанной на пластмассовый каркас, и ферритового сердечника. Ка-

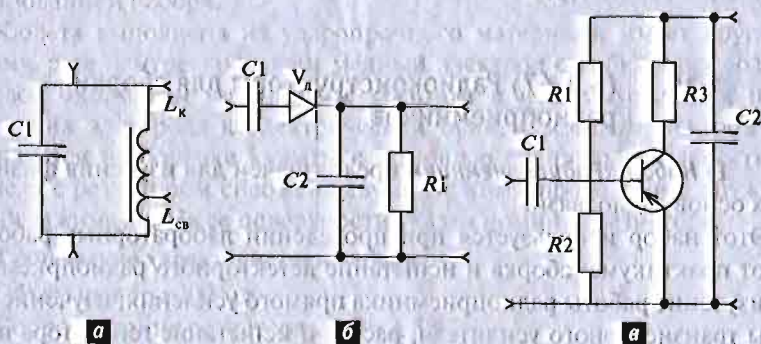


Рис. 1.52

тушка имеет отвод от части витков, что позволяет использовать ее малую часть как катушку связи при сборке приемника прямого усиления с каскадом усилителя высокой частоты. Настройка контура на прием сигналов различных радиостанций осуществляется изменением индуктивности катушки при перемещении сердечника внутри каркаса.

Детектор выполнен по типовой схеме амплитудного детектора с использованием полупроводникового диода.

Подключение модулей в различных сочетаниях обеспечивает возможность сборки моделей приемников прямого усиления различных типов, а также мультивибратора.

Транзисторный усилитель рассчитан на источники тока с частотой пульсаций выходного напряжения 100 Гц.

Технические характеристики набора

- 1) Коэффициент усиления транзисторного усилителя не менее 100.
- 2) Напряжение питания 4,5 В.
- 3) Полное сопротивление телефонного капсюля на частоте 1000 Гц 1600 Ом.

2) **Радиоконструктор** предназначен для изучения принципов радиоприема при проведении фронтальных работ. Совместно с передатчиком, входящим в комплект для практикума 1.57, радиоконструктор позволяет исследовать весь тракт радиопередачи и радиоприема.

С помощью радиоконструктора можно собирать радиоприемники, работающие в диапазоне средних волн, а также радиоприемник, согласованный по частоте с передатчиком комплекта для практикума 1.57 и с передатчиком демонстрационного комплекта 5.8(1).

Радиоконструктор имеет блочную структуру (рис. 1.53). Принципиальная схема базовой конструкции приведена на рисунке 1.54. Пунктиром на этом рисунке показаны блоки конструктора.



Рис. 1.53

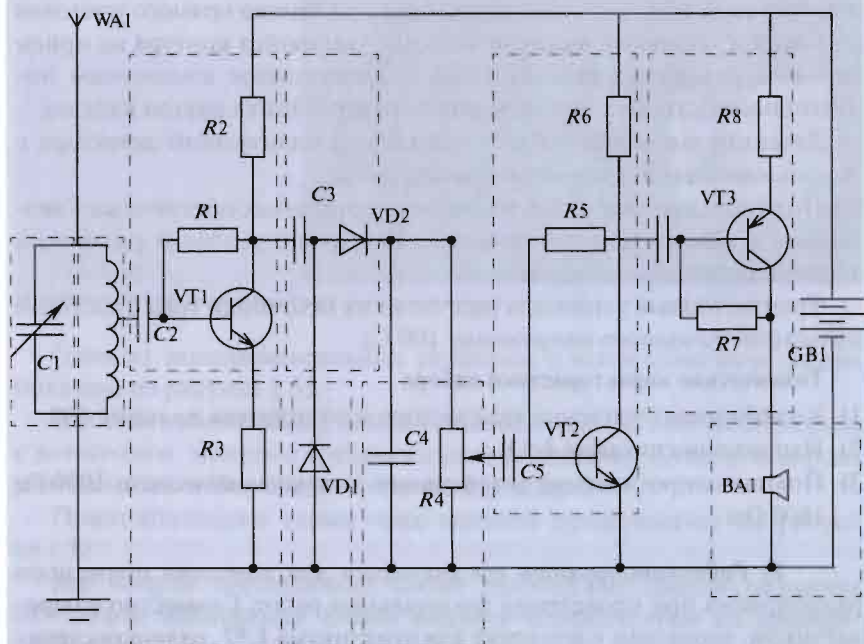


Рис. 1.54

Базовый приемник имеет один каскад усиления на высокой частоте, детектор и два каскада усиления на звуковой частоте. Входной колебательный контур радиоприемника образован катушкой индуктивности $L1$ и конденсатором переменной емкости $C1$. Катушка содержит 35 витков провода ПЭЛШО диаметром 0,3 мм, намотанного на пластмассовый каркас диаметром 14 мм.

Входной контур служит для того, чтобы выделить из радиосигналов, принимаемых антенной радиоприемника, только тот, на частоту которого настроен LC -контур. Чем уже резонансная кривая LC -контура, тем выше избирательность (помехозащищенность) радиоприемника. Для того чтобы получить узкую частотную характеристику контура, необходимо по возможности уменьшить потери мощности в нем за счет уменьшения активного сопротивления.

С этой целью на входной каскад усилителя подается не все напряжение, действующее на контуре, а лишь его часть. Для этого делают отвод от 10-го витка катушки индуктивности. В цепь эмиттера транзистора $VT1$ включают резистор $R3$ для увеличения входного сопро-

тивления каскада усиления, нагружающего LC -контур, что также приводит к уменьшению потерь мощности в LC -контуре.

Усиленный сигнал детектируется. Детектор собран по схеме удвоения напряжения на диодах $VD1$ и $VD2$. На конденсаторе $C4$ создается только напряжение звуковой частоты. Сигнал звуковой частоты, амплитуду которого можно регулировать переменным резистором $R4$, усиливается двумя каскадами усиления на транзисторах $VT2$ и $VT3$. В цепь коллектора транзистора $VT3$ включен громкоговоритель. Вместо него можно использовать головные телефоны.

Питание радиоприемника осуществляется либо от батареи типа «Корунд», либо от источника питания для практикума 1.54.

1.36. (5.1.49) Реостат ползунковый

Реостат используют в ряде лабораторных работ для регулирования силы тока в электрических цепях, а также для ознакомления учащихся с устройством реостата.

Реостат (рис. 1.55) представляет собой керамический цилиндр с плотно намотанной константановой проволокой. Цилиндр со скользящим вдоль него контактом смонтирован на пластмассовом основании. Один зажим реостата соединен со стержнем скользящего контакта, а другой — с одним концом проволочной спирали. На ручке скользящего контакта указаны сопротивление обмотки реостата 6 Ом и допустимая сила тока 2 А. Размеры основания прибора 160×30 мм.



Рис. 1.55

1.37. (5.1.63) Электродвигатель разборный

Модель электродвигателя (рис. 1.56) служит для изучения устройства коллекторного двигателя в целом и его составных частей, для проведения лабораторных работ по магнетизму и электромагнетизму.

Рис. 1.56



Электродвигатель собирают на основе пластмассовой рамки с опорными ножками, на которой уже жестко закреплены (или закрепляют) щетки с контактными зажимами, обоймы для установки постоянных магнитов размерами $19 \times 19 \times 21$ мм, винты с контргайками для закрепления оси якоря.

При сборке модели вначале в обоймы устанавливают керамические постоянные магниты навстречу разноименными полюсами, а затем отводят щетки и устанавливают якорь коллекторами к щеткам. Якорь крепится к рамке с помощью винтов на игольчатых подшипниках. Подвижность якоря регулируют с помощью винтов с контргайками.

Конструкция прибора такова, что его можно устанавливать в горизонтальном и вертикальном положениях по отношению к якорю.

Собранный электродвигатель позволяет изучить его принцип действия, два способа реверсирования, зависимость числа его оборотов от значения подаваемого напряжения.

Модель электродвигателя поставляется в закрытой пластмассовой коробке и комплектуется двухсторонним накладным ключом и отверткой для проведения сборки и разборки электродвигателя.

1.38. (5.1.62) Электромагнит разборный с деталями

Электромагнит разборный предназначен для исследования разнообразных электромагнитных явлений и возможного технического применения.

Его используют для проведения следующих лабораторных работ: исследование магнитного поля катушки с током; сборка электромагнита и испытание его действия; конструирование электромагнитного реле; исследование явлений электромагнитной индукции; конструирование и испытание электромеханического автоколебательного ге-

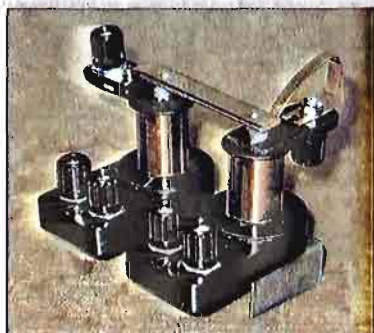


Рис. 1.57

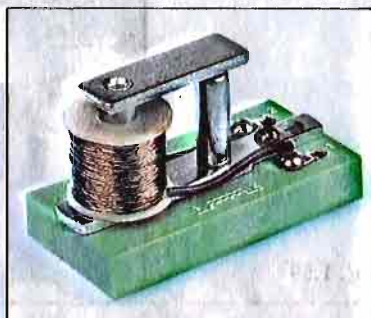


Рис. 1.58

нератора; сборка модели трансформатора; исследование электрических цепей переменного тока с индуктивностью.

В состав электромагнита (рис. 1.57) входят две катушки, на которые намотан провод диаметром 0,3 мм; сердечники к катушкам; якорь-вибратор; контакт; скоба.

Сопротивление катушки постоянному току 0,5 Ом; максимальная сила тока 2 А.

1.39. Электромагнит лабораторный

Электромагнит лабораторный используется при проведении лабораторных работ и работ практикума. Электромагнит (рис. 1.58) составляют: катушка индуктивности с участком магнитопровода, смонтированные на стандартной плате из цветного пластика; цилиндрический сердечник и цилиндрический сердечник с пластиной для замыкания магнитопровода. Диаметр проволоки катушки 0,25 мм, сопротивление 7 Ом. На плате установлены клеммы для подключения источника тока.

1.40. (5.1.50) Проволока высокоомная на колодке для измерения удельного сопротивления

Прибор предназначен для исследования зависимости сопротивления проводников от длины, диаметра и материала, а также для измерения удельного сопротивления вещества.

Этот прибор комплектуется пластмассовым штангенциркулем. Между тремя клеммами, расположенными на пластмассовом основании (рис. 1.59), натянуты две проволоки, изготовленные из высокоом-

Рис. 1.59



ных сплавов диаметром $d_1 = 0,30$ мм и $d_2 = 0,55$ мм. Сопротивление первой проволоки 4,6 Ом, второй — 1,3 Ом. По проволокам может перемещаться контакт, соединенный гибким проводником с отдельной клеммой.

Для того чтобы при измерении диаметра проволоки с использованием штангенциркуля обеспечить достаточно малую погрешность, из проволок изготовлены спирали, каждая из которых имеет $n = 20$ витков. Спирали укреплены на основании с помощью вертикально расположенных болтов.

На рисунке 1.59 также показан способ измерения диаметра проволоки.

ОБОРУДОВАНИЕ ПО ОПТИКЕ И КВАНТОВОЙ ФИЗИКЕ

1.41. (5.1.41) Плоскопараллельная пластина со скошенными гранями

Пластина предназначена для изучения законов преломления света, а также может быть использована вместо трехгранной призмы при визуальном наблюдении спектров.

Пластина (рис. 1.60) в сечении имеет форму неравнобокой трапеции с углами у большого основания 60° и 45° . Одна большая плоскость пластины сделана матовой. Длина большого основания пластины 80 мм; ширина 30 мм; толщина пластины 15 мм.



Рис. 1.60

1.42. (5.1.45) Прибор для измерения длины световой волны с набором дифракционных решеток

Прибор предназначен для ознакомления учащихся с методом определения длины световой волны с помощью дифракционной решетки, проведения практических измерений и определения значений длин волн разных участков спектров видимого излучения.

Прибор (рис. 1.61) состоит из длинного деревянного бруска прямоугольного сечения, пластины с дифракционной решеткой и подвижного экрана.

На поверхности бруска нанесена шкала с миллиметровыми делениями. К торцу передней части бруска прикреплена пластина с пружинчатыми держателями для крепления дифракционной решетки. Посередине нижней части бруска прикреплен металлический держатель прибора. На боковых сторонах бруска по всей длине прорезаны пазы для установки и передвижения экрана.

На нижней части экрана нанесена шкала с миллиметровыми делениями и нулем посередине. Сантиметровые деления шкалы вправо

Рис. 1.61



и влево от нуля оцифрованы. Над нулевым делением сделана прямоугольная прорезь.

Технические характеристики прибора

- 1) Длина бруска 540 мм.
- 2) Длина шкалы экрана не менее 140 мм.
- 3) Габаритные размеры прибора не более $550 \times 220 \times 65$ мм.
- 4) Масса прибора не более 0,21 кг.

Для проведения работы с прибором закрепляют его держатель в лапке штатива 1.11 на такой высоте, чтобы горизонтально установленный брусок был на уровне глаз наблюдателя. Направляют щель экрана на источник света и наблюдают цветные спектры на шкале по обе стороны от щели. В качестве источника света используют лампу накаливания с вертикальным расположением спирали, установленную на демонстрационном столе.

Перемещая экран по бруску, наблюдают за изменением положения спектров на шкале. Выбирают оптимальный вариант положения экрана, дающий четкую картину границ спектров и минимальные погрешности отсчета. Затем проводят измерения расстояний от решетки до экрана и от центра экрана до необходимого спектра.

1.43. Интерферометр Юнга

Интерферометр (рис. 1.62, а) предназначен для наблюдения дифракции и интерференции от двух щелей и измерения длины световой волны.

Элементы интерферометра смонтированы в металлическом корпусе квадратного сечения размерами 25×25 мм и длиной порядка 250 мм.

Оптическая схема интерферометра представлена на рисунке 1.62, б.

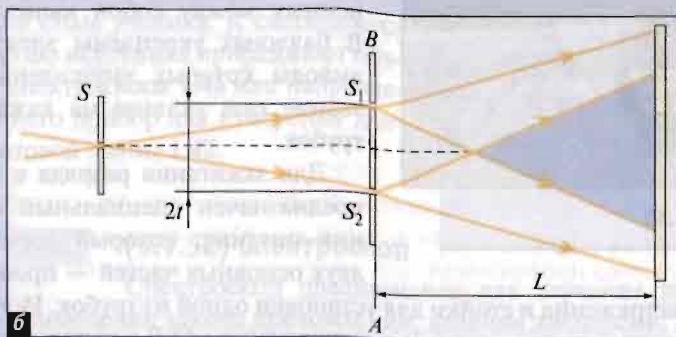
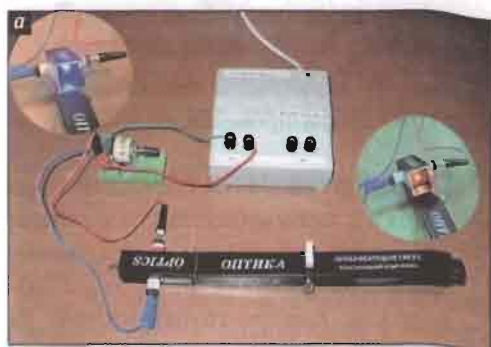


Рис. 1.62

В плоскости AB может быть расположена либо одна, либо две щели. Смена щелей осуществляется при перемещении специальной рамки. Интерференционная картина на полупрозрачном экране наблюдается через окуляр.

В состав интерферометра входит осветитель с двумя светодиодами — красным и синим. Он закрепляется на переходной втулке с помощью винта.

Технические характеристики интерферометра Юнга

- 1) Ширина первой (входной) щели интерферометра 0,1 мм.
- 2) Расстояние $2t$ между щелями в двойной щели Юнга 0,1 мм.
- 3) Ширина каждой из щелей в двойной щели Юнга 0,025 мм.
- 4) Расстояние L между двойной щелью Юнга и экраном (измерительной сетки) 100 мм.
- 5) Цена деления измерительной сетки-экрана 0,2 мм.
- 6) Увеличение окулярной линзы $\Gamma = 10$.
- 7) Спектральный диапазон излучения: синего светодиода 0,48—0,55(мкм); красного светодиода 0,60—0,65 (мкм).

1.44. (4.4.45) Набор спектральных трубок с источником питания

Спектральные трубки предназначены для наблюдения линейчатых спектров разреженных газов при проведении лабораторных работ и работ практикума.



Рис. 1.63

Набор (рис. 1.63) составляют три трубки с любым (по заказу) из четырех газов: кислород, гелий, неон, аргон. Разработана и трубка с водородом. Каждая трубка состоит из цилиндрических баллонов, соединенных между собой капилляром. В баллонах укреплены электроды, выводы которых заизолированы. Название газа указано на каждой из трубок.

Для зажигания разряда в трубке предназначен специальный источник питания, который состоит из двух основных частей — преобразователя напряжения и стойки для установки одной из трубок. Источник для зажигания включается в сеть напряжением 42 В с использованием специальной вилки. Преобразователь вырабатывает высокочастотное напряжение порядка 3 кВ, максимальная разрядная сила тока 1 мА.

Источник для зажигания имеет конструкцию, исключающую доступ учащихся к высокому напряжению в преобразователе.

При наблюдении линейчатых спектров применяется либо спектроскоп 1.46, либо дифракционные решетки.

1.45. (5.1.9) Источник света с линейчатым спектром

Источник используется при проведении лабораторных работ: наблюдение линейчатого спектра излучения; проведение качественного спектрального анализа.

Источник света смонтирован в пластмассовом корпусе цилиндрической формы. Внутри корпуса находятся газонаполненная лампа и плата электронного блока ее электропитания. Свет лампы выходит наружу через отверстие в одном из оснований цилиндра. Действие лампы основано на использовании тлеющего разряда в инертном газе — неоне. Для подключения к электросети источник снабжен гибким соединительным проводом со специальной вилкой на конце.

Технические характеристики источника света

- 1) Напряжение питания 42 В.
- 2) Потребляемая мощность не более 100 мВт.
- 3) Габаритные размеры корпуса $22 \times 22 \times 90$ мм.

Для наблюдения линейчатого спектра источник света закрепляют в штативе (рис. 1.64) и подключают к розетке напряжением 42 В, закрепленной на рабочем столе ученика. К светящемуся отверстию источника приближают объектив спектроскопа **1.46** или направляют на него прибор для измерения длины световой волны **1.42**.



Рис. 1.64

1.46. (5.1.52) Спектроскоп

Спектроскоп предназначен для изучения практического применения закона преломления, явления дисперсии, исследования спектров.

Прибор используют для проведения следующих лабораторных работ: исследование сплошного и линейчатого спектров газов; наблюдение спектра Солнца; изучение устройства и оптической схемы спектроскопа; моделирование хода лучей в оптической системе спектроскопа и глаза.

При проведении лабораторной работы по изучению спектров разреженных газов используется набор спектральных трубок **1.44** или источник света с линейчатым спектром **1.45**.



Рис. 1.65

Оптические элементы спектроסקопа (рис. 1.65) расположены в корпусе со съёмной крышкой и доступны для изучения.

Основной частью спектроסקопа (рис. 1.66, а) является составная призма 1, которая служит для разложения исследуемого пучка света в спектр. Формирование этого пучка осуществляется объективом (коллимационной линзой) 2, в фокусе которой находится щель 3. Перед щелью располагается исследуемый источник света S . На противоположном от щели торце корпуса имеется окулярное отверстие 4.

Принцип действия любого дисперсионного спектрального аппарата основан на пространственном разделении световых пучков разных длин волн, проходящих через призму или их систему. Спектральный аппарат для фронтальных лабораторных работ имеет две особенности. Первая из них состоит в том, что действительное изображение спектра формируется на сетчатке глаза наблюдателя, т. е. оптическая система глаза является составной частью спектрального аппарата. Именно поэтому в нем отсутствует окуляр. Вторая особенность прибора состоит в использовании составной призмы — призмы прямого зрения (рис. 1.66, б). Свойства трех призм подбираются так, что свет определенной длины волны из средней части исследуемого диапазона проходит призму без преломления, т. е. входящий и выходящий лучи света параллельны друг другу и симметричны относительно основания центральной призмы. Оптическая ось прибора оказывается прямой линией. В данном спектроסקопе призму без преломления проходит свет с длиной волны $\lambda_0 = 486,1$ нм.

Центральная призма сделана из тяжелого флинта (ТФ), крайние призмы — из стекла типа легкого крона (ЛК). Показатель преломле-

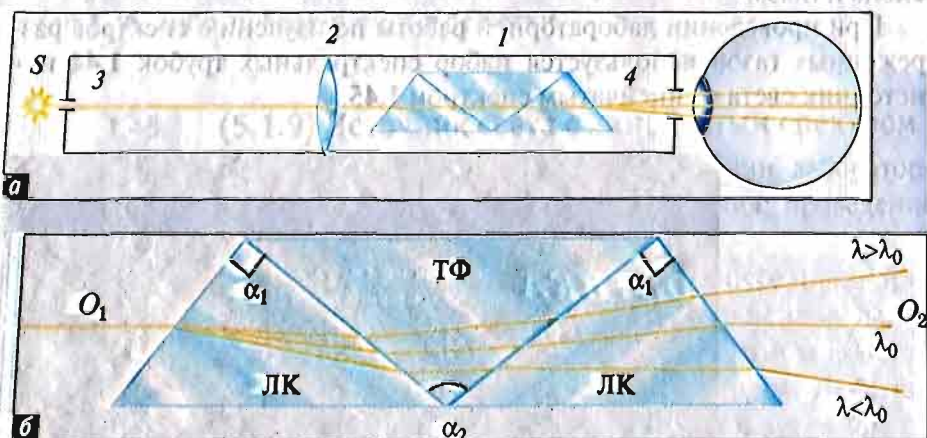


Рис. 1.66

ния ТФ больше показателя преломления ЛК. Кроновые призмы имеют преломляющий угол $\alpha_1 = 90^\circ$. Показатели преломления стекол таковы, что для обеспечения прямолинейности оптической оси O_1O_2 преломляющий угол центральной призмы $\alpha_2 = 105^\circ$. Свет с длиной волны $\lambda > \lambda_0$ отклоняется к вершине призмы, а свет с длиной волны $\lambda < \lambda_0$ — к ее основанию.

Технические характеристики спектроскопа

- 1) Размеры корпуса с закрытой крышкой $220 \times 60 \times 60$ мм.
- 2) Ширина входной щели 0,2 мм.
- 3) Фокусное расстояние объектива 120 мм.
- 4) Зависимость длины волны λ от угла φ отклонения луча света от оптической оси приведена в таблице 1.12.

Таблица 1.12

λ , Нм	φ	λ , Нм	φ
765,5	$7^\circ 10'$	587,6	$4^\circ 08'$
750,0	$7^\circ 0'$	500,0	$0^\circ 47'$
700,0	$6^\circ 22'$	486,1	$0^\circ 0'$
656,3	$5^\circ 40'$	435,8	$-3^\circ 55'$
600,0	$4^\circ 27'$	400,0	$-8^\circ 34'$



ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИКУМА

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
1.47	5.2.1	Автономные цифровые измерители: давления и температуры; постоянного и переменного магнитных полей 1) Измеритель давления и температуры 2) Измеритель постоянного магнитного поля 3) Измеритель переменного магнитного поля	96
1.48		Ампервольтметр цифровой универсальный (Н)	98
1.49	5.2.2	Весы технические	99
1.50		Весы электронные	100
1.51	5.2.3	Генератор функциональный	101
1.52	5.2.9	Дозиметр	103
1.53	5.2.4	Источник питания для практикума	105
1.54	5.2.8	Набор для исследования фотоэффекта и измерения постоянной Планка (Н)	107
1.55	5.2.22	Конструктор машин и механизмов (Н)	110
1.56	5.2.7	Набор для исследования принципов радиопередачи и радиоприема	112
1.57		Набор по электродинамике и полупроводниковым приборам	113

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
1.58	5.2.15; 5.2.16	Набор электроизмерительных приборов «Учебный-2»	115
1.59	5.2.11	Комплект «Электродинамика»	116
1.60		Набор «Практикум по электродинамике»	118
1.61	5.2.25	Набор для изучения тока в вакууме	119
1.62	5.2.20	Пистолет баллистический	121
1.63	5.2.24	Прибор для изучения деформации растяжения	121
1.64	5.2.18	Прибор для исследования электродвигателя и генератора постоянного тока	122
1.65	5.2.21	Прибор «Магнитное поле Земли»	123
1.66		Термометр электронный	124
1.67	5.2.31	Трансформатор разборный	126
1.68		Школьная малогабаритная оптическая лаборатория на основе лазера	127
1.69	5.2.32	Электронный конструктор	128
1.70		Комплект оборудования для подготовки к единому государственному экзамену «ЕГЭ-лаборатория» 1) Набор по механике 2) Набор по молекулярной физике и термодинамике 3) Набор по электродинамике 4) Набор по оптике	129

1.47. (5.2.1). Автономные цифровые измерители: давления и температуры; постоянного и переменного магнитных полей

1) Измеритель давления и температуры (рис. 1.67) предназначен для измерения температуры и избыточного (относительно местного атмосферного) давления.

Датчиком перепада давления служит миниатюрный, выполненный по микроэлектронной технологии, мембранный чувствительный элемент с усилителем напряжения. Датчик температуры изготовлен на основе термистера.

Технические характеристики прибора

- 1) Цифровая индикация результатов измерений.
- 2) Диапазон рабочих давлений от -100 кПа до 100 кПа.
- 3) Погрешность измерения давления не больше $\pm 0,5$ кПа.
- 4) Предельно допустимое (кратковременное) давление 200 кПа.
- 5) Диапазон измерения температур от 0°C до 50°C .
- 6) Погрешность измерения температуры $\pm 2^\circ\text{C}$.
- 7) Габаритные размеры $180 \times 75 \times 35$ мм.
- 8) Масса прибора не более 400 г.
- 9) Напряжение питания 9 В.
- 10) Потребляемая сила тока не более 5 мА.



Рис. 1.67

2) Измеритель постоянного магнитного поля (рис. 1.68) предназначен для измерения индукции постоянного магнитного поля.

Прибор состоит из индикаторного блока и измерительного щупа, подключаемого к блоку с помощью разъема. Чувствительным элементом служит датчик Холла. Датчик измеряет тангенциальную составляющую вектора индукции магнитного поля, направленную вдоль оси щупа.

Технические характеристики прибора

- 1) Цифровая индикация результатов измерений.
- 2) Время установления индикатора не более 1 с.
- 3) Диапазон измерения от 0 до 100 мТл.
- 4) Максимальная погрешность измерений 10%.
- 5) Габаритные размеры блока $180 \times 75 \times 35$ мм.
- 6) Габаритные размеры щупа $150 \times 7 \times 4$ мм.
- 7) Масса прибора не более 400 г.
- 8) Напряжение питания 9 В.
- 9) Потребляемая сила тока не более 5 мА.

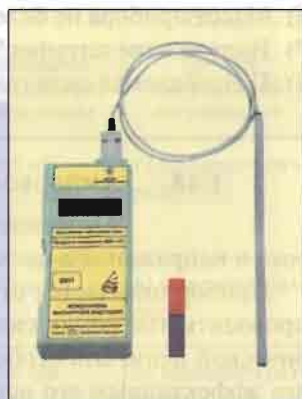


Рис. 1.68

3) Измеритель переменного магнитного поля (1.69) используется для регистрации переменного магнитного поля промышленной частоты 50 Гц.

Прибор состоит из индикаторного блока и измерительного щупа, выполненного в виде катушки индуктивности. Измерительный щуп подключается к блоку с помощью разъема.

Технические характеристики прибора

- 1) Цифровая индикация результатов измерений.
- 2) Диапазон измерения от 0,05 мкТл до 19,99 мкТл.
- 3) Погрешность измерения не более 20%.
- 4) Датчик однокоординатный.
- 5) Габаритные размеры $180 \times 75 \times 35$ мм.



Рис. 1.69

- 6) Масса прибора не более 400 г.
- 7) Напряжение питания 9 В.
- 8) Потребляемая сила тока не более 5 мА.

1.48. Ампервольтметр цифровой универсальный¹ (Н)

Ампервольтметр предназначен для измерения силы тока и напряжения в цепях переменного и постоянного тока.

Прибор отличается от аналогов тем, что позволяет одновременно проводить измерения силы тока и напряжения в исследуемой электрической цепи. Эта особенность конструкции прибора делает наиболее эффективным его использование для исследования вольт-амперных характеристик различных элементов.

Ампервольтметр (рис. 1.70, а) имеет независимые входные клеммы для измерения силы тока и напряжения исследуемой электрической цепи, а также переключатели пределов и видов измерения с независимой фиксацией результатов измерений.

Для переключения прибора в режим измерения силы тока достаточно нажать кнопку переключения вида физической величины. При этом загорится верхний светодиод в правой части индикатора.

Прибор состоит из следующих основных функциональных узлов: аналого-цифрового преобразователя; индикатора; импульсного источника питания с гальванической развязкой; детектора; входного делителя напряжения; шунта с защитой по току.

Пределы измерений, разрешающая способность и предел допускаемой погрешности ампервольтметра приведены в таблице 1.13.



Рис. 1.70

¹ В составлении описания прибора принимал участие А. Г. Вареник.

Таблица 1.13

Измеряемая величина	Предел измерения	Разрешающая способность	Минимальное значение измеряемой величины	Предел допускаемой погрешности
Напряжение постоянного тока	20 В	100 мВ	200 мВ	± 1 младшего разряда
	100 В	1 В	2 В	
Сила постоянного тока	2 А	10 мА	20 мА	± 1 младшего разряда
Напряжение переменного тока	100 В	1 В	200 мВ	± 1 младшего разряда
Сила переменного тока	2 А	10 мА	20 мА	± 1 младшего разряда

Технические характеристики прибора

- 1) Входное активное сопротивление прибора при измерении напряжения не менее 1 МОм.
- 2) Падение напряжения на входных клеммах прибора при измерении силы тока не более 250 мВ.
- 3) Напряжение питания 36—42 В.
- 4) Потребляемая мощность 3 Вт.
- 5) Габаритные размеры $210 \times 130 \times 80$ мм.

1.49. (5.2.2) Весы технические

Весы технические (ВТ2-200) предназначены для измерения массы тела при проведении ряда работ практикума, например, таких как: определение плотности твердого тела, определение универсальной газовой постоянной, взвешивание воздуха.

По конструкции весы рычажные. В комплект весов (рис. 1.71) входят: коромысло с тремя призмами, указательной стрелкой и двумя регулировочными гайками; подставка с опорами, колонкой, арретиром и двумя регулировочными винтами; две пластмассовые чашки с дужками и серьгами.

На колонке закреплен отвес для контроля и установки правильного положения весов. В нижней части установлена шкала с 20 делениями и нулем посередине.



Рис. 1.71

Технические характеристики весов

- 1) Допустимая нагрузка весов при измерении массы не более 200 г.
- 2) Допустимые абсолютные погрешности весов при полной нагрузке не более 50 мг; при 0,1 нагрузке не более 25 мг.
- 3) Габаритные размеры не более $325 \times 125 \times 320$ мм.
- 4) Масса весов без упаковки не более 0,85 кг; в упаковке не более 1,7 кг.

Для подготовки новых весов к работе необходимо установить колонку подставки строго горизонтально по отвесу вращением регулировочных винтов подставки. Затем следует повесить на плечи коромысла чашки с деталями с учетом обозначенных цифр («1» — на левое плечо, а «2» — на правое) и установить его на колонку. После этого следует повернуть головку арретира вправо до конца и уравновесить весы вращением регулировочных гаек коромысла. После окончания измерения или для изменения массы гирь необходимо повернуть головку арретира влево до конца.

При использовании весов необходим набор гирь от весов 1.6(1).

1.50. Весы электронные¹

Весы учебные лабораторные электронные предназначены для взвешивания тел массой от 0,5 до 50 г с дискретностью отсчета 0,1 г.

Конструктивно этот прибор (рис. 1.72, а) состоит из чашки, имеющей круглую форму с углублением, и электронного блока на основании. На корпусе прибора расположены две кнопки управления режимами работы.

Технические характеристики весов

- 1) Габаритные размеры $120 \times 10 \times 240$ мм.
- 2) Масса прибора не более 0,3 кг.
- 3) Напряжение питания 9 В.
- 4) Предел допускаемой погрешности 0,1 г.

Упрощенная схема, поясняющая принцип работы электронных весов, представлена на рисунке 1.72, б.

¹ Описание составлено совместно с А. Г. Ханиным.

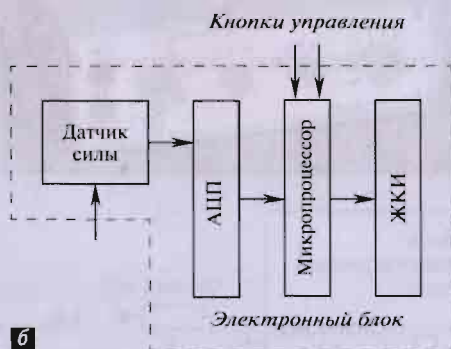


Рис. 1.72

б

Крючок, на который подвешена чашка, шарнирно связан с датчиком силы. Датчик под действием веса груза формирует напряжение, которое пропорционально действующей силе. Возникающий на выходе датчика силы сигнал преобразуется в цифровую форму аналого-цифровым преобразователем (АЦП). Цифровая информация обрабатывается на микропроцессоре, и на жидкокристаллическом индикаторе (ЖКИ) индицируется масса груза.

С помощью микропроцессора осуществляются: тестирование (самопроверка) при включении, определение характера неисправности и степени разряда источника питания, автоматическая калибровка, компенсация массы тары во всем диапазоне взвешивания и отключение весов через заданный промежуток времени после снятия груза. Управление режимами работы прибора осуществляют двумя кнопками управления: включения/выключения и обнуления показаний/обнуления массы тары.

1.51. (5.2.3) Генератор функциональный¹

Генератор (рис. 1.73, а) предназначен для получения гармонических и периодических напряжений треугольной и прямоугольной формы частотой до 100 кГц в работах практикума при исследовании акустических явлений, электрических цепей переменного тока с активной и реактивной нагрузками.

¹ Описание генератора составлено А. Н. Штурманом.



Рис. 1.73

Генератор состоит из следующих основных узлов (рис. 1.73, б): стабилизатор питания; формирователь сигнала; блок времязадающей цепи; усилитель мощности.

В формирователе сигнала формируются одновременно три вида сигналов: прямоугольного, треугольного и синусоидального напряжений. Посредством переключателя $S1$ один из конденсаторов $C1$ — $C6$ подключается к входу блока времязадающей цепи генератора, что обеспечивает выбор диапазона одного из шести диапазонов частот: 0,1–1 Гц; 1–10 Гц; 10–100 Гц; 100–1000 Гц; 1000–10 000 Гц; 10 000–100 000 Гц. Специальный усилитель, управляемый потенциометром « $f/\text{Гц}$ », обеспечивает точную частоту генерации за счет создания соответствующего управляющего напряжения для генератора, находящегося в узле формирователя сигналов. Каждое из сформированных напряжений через усилитель тока поступает на переключатель $S2$. Этот переключатель подключает выход одного из каналов формирователя сигнала к входу усилителя через потенциометр уровня выходного

сигнала «Амплитуда». Выходной сигнал после двухтактного усилителя мощности поступает на выходные клеммы генератора.

Технические характеристики генератора

- 1) Напряжение питания 42 ± 4 (В).
- 2) Потребляемая мощность 25 Вт.
- 3) Диапазон плавной регулировки выходного напряжения от 0 до $10,00 \pm 0,25$ (В).
- 4) Сопротивление нагрузки не менее 8 Ом.
- 5) Масса прибора не более 1,5 кг.
- 6) Габаритные размеры $200 \times 210 \times 75$ мм.

1.52. (5.2.9) Дозиметр¹

Дозиметр предназначен для исследований радиоактивного фона и радиоактивности материалов; изучения статистических закономерностей радиоактивных процессов; изучения работы счетчика Гейгера—Мюллера; измерения поверхностной загрязненности предметов; оценки плотности потока β -излучения с поверхности почвы и воды.

Дозиметры используются для проведения работ практикума, учебно-исследовательских работ, проектов и др.²

Для самостоятельного эксперимента учащихся целесообразно использовать дозиметры, основу которых составляют счетчики Гейгера—Мюллера, поскольку их принцип действия изучается в курсе физики. Наиболее подходящими являются такие дозиметры, как РАТАН, СОСНА, БЕЛЛА.

Для примера приводим краткое описание дозиметра АНРИ-01-02 «Сосна».

На лицевой панели прибора (рис. 1.74, а) расположены цифровое жидкокристаллическое табло, элементы управления и режимов работы, крышка отсеков элементов питания. С левой стороны корпуса расположено гнездо разъема для подключения дополнительных блоков детектирования. Рядом с дозиметром сфотографированы крышка гнезда и кювета для исследуемых материалов. На рисунке 1.74, б приведена задняя сторона дозиметра с открытой крышкой. На фотографии видны два счетчика Гейгера—Мюллера, закрытые тонкой прозрачной пленкой.

¹ Описание прибора подготовлено совместно с А. Н. Поленовым.

² См. подробнее: Н. Л. Плешакова. Изучение элементов ядерной физики в общеобразовательной школе: Учебно-методическое пособие. — Тула: ИПК и ППРОТО, 2002 г.



Рис. 1.74

Возможность увидеть счетчики является одним из преимуществ дозиметра АНРИ-01-02 «Сосна».

В этом дозиметре используются два самогасящих счетчика СБМ-20 диаметром 10 мм и длиной порядка 150 мм. Эти счетчики являются галогенными, так как в состав газовой смеси, заполняющей счетчик, входят 0,1% галогенов: хлор, бром, йод.

Дозиметр снабжен встроенным таймером, а также схемой сигнализации, которая выдает звуковой сигнал по окончании времени измерения и короткий звуковой сигнал при прохождении каждого десятого импульса.

Прибор имеет четыре режима работы.

1. В режиме «Поиск» прибор служит для грубой оценки радиационной обстановки по частоте следования звуковых сигналов. В этом режиме прибор ведет счет импульсов от счетчиков прибора и подает короткий звуковой сигнал через каждые десять импульсов.

2. В режиме измерения мощности экспозиционной (полевой эквивалентной) дозы прибор ведет в течение 20 ± 5 (с) счет импульсов от счетчиков прибора. По окончании счета, время которого задается внутренним таймером прибора, на цифровом табло индицируется число, соответствующее мощности экспозиционной дозы гамма-излучения в мР/ч.

3. В режиме измерения плотности потока бета-излучения с загрязненных поверхностей необходимо проведение двух измерений исследуемой поверхности: с закрытой и открытой задней крышкой прибора. Время измерений в обоих замерах задается внутренним таймером прибора.

4. В режиме оценки объемной активности радионуклидов в пробах необходимо также проведение двух измерений. Оба измерения проводятся с открытой задней крышкой, а прибор устанавливается на кювету. Первое измерение проводится с кюветой, заполненной чистой питьевой водой, второе измерение — с кюветой, заполненной исследуемым веществом. Время измерения контролируется секундомером или часами.

1.53. (5.2.4) Источник питания для практикума

Источник питания для практикума (рис. 1.75) предназначен для получения регулируемого постоянного и переменного, а также стабилизированного напряжений.

Принципиальная электрическая схема источника представлена на рисунке 1.76.

Источник состоит из трансформатора; выпрямителя; стабилизатора и элементов, обеспечивающих токовую защиту.

При включении источника в сеть переменного напряжения 42 В напряжение поступает через трансформатор TR1 на переключатель, что обеспечивает формирование на клеммах «~» (0...12 В) необходимого значения переменного напряжения и через выпрямительный мост VD1 на клеммах «-» и «+» (0...12 В) выпрямленного напряжения.



Рис. 1.75

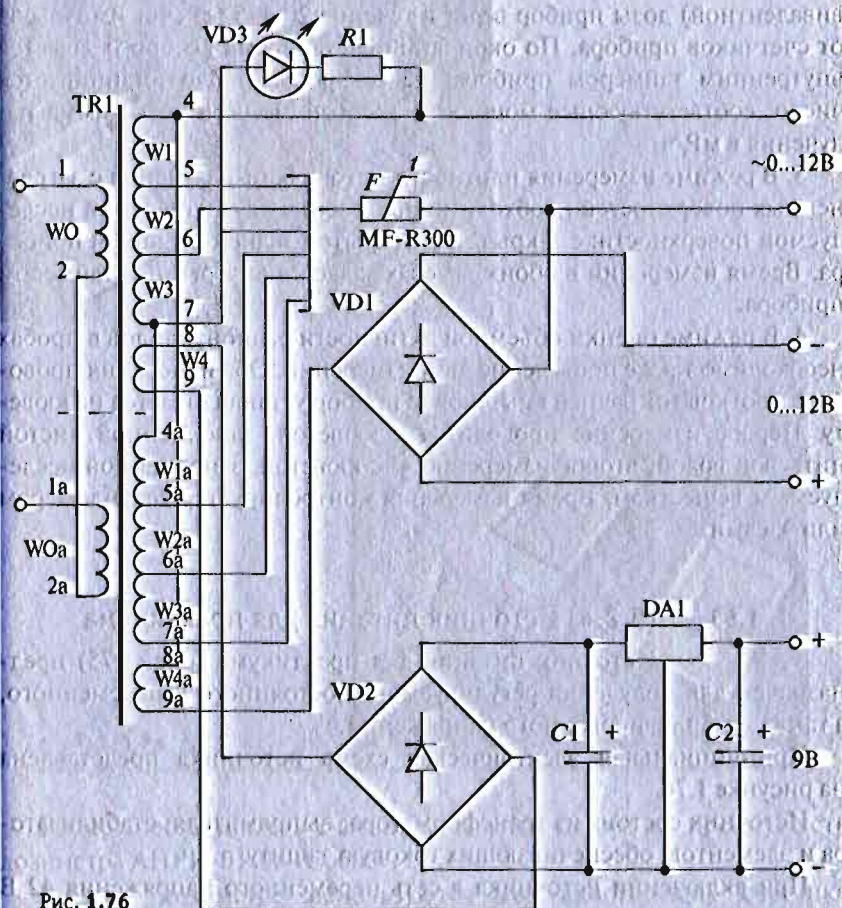


Рис. 1.76

Если переключатель установлен в положение «0», на клеммах напряжение отсутствует. Непосредственно с трансформатора напряжение также поступает через выпрямительный мост VD2 на стабилизатор DA1 и конденсаторы C1 и C2, что обеспечивает формирование стабилизированного значения напряжения 9 В.

Технические характеристики источника питания

- 1) Потребляемая мощность 40 Вт.
- 2) Напряжение на клеммах «~» и «-», «+»:
 - $2,0 \pm 0,4$ (В); $4,0 \pm 0,8$ (В); $6,0 \pm 1,2$ (В); $8,0 \pm 1,6$ (В); $10,0 \pm 2,0$ (В); $12,0 \pm 2,4$ (В).

- 3) Стабилизированное напряжение $9,0 \pm 0,5$ (В).
- 4) Максимальная сила тока нагрузки на выходах «~» и «-», «+» 3 А; на выходе 9 В — 1А.

1.54. (5.2.8) Набор для исследования фотоэффекта и измерения постоянной Планка¹ (Н)

Набор составляют: вакуумный фотоэлемент с сурьмяно-цезиевым фотокатодом; люминесцентная лампа с ртутным возбуждением (например, типа ESB6-18); два цифровых мультиметра с внутренним сопротивлением 1 МОм (например, типа М-830В); добавочные сопротивления 50 и 100 МОм; источник постоянного стабилизированного напряжения, регулируемого от 0 до 30—50 В; набор светофильтров 6.8; спектроскоп 1.46; рабочая панель из прозрачного диэлектрика (например, оргстекла) с установленными на ней потенциометром, тумблером переключения полярности напряжения и гнездами для источника питания, фотоэлемента, гальванометра, вольтметра; линейка длиной 40—50 см с миллиметровыми делениями.

Функциональная и принципиальная схемы экспериментальной установки изображены на рисунке 1.77: свет от люминесцентной ртутной лампы 1 проходит через светофильтр 2 и попадает на фотоэлемент 3. Напряжение на фотоэлементе регулируется потенциометром R1. Переключатель SA1 позволяет подавать на фотоэлемент прямое и обратное напряжения; в последнем случае потенциометр R1 и резистор R2 образуют делитель напряжения. Для измерения напряжения используется вольтметр V магнитоэлектрической системы с под-

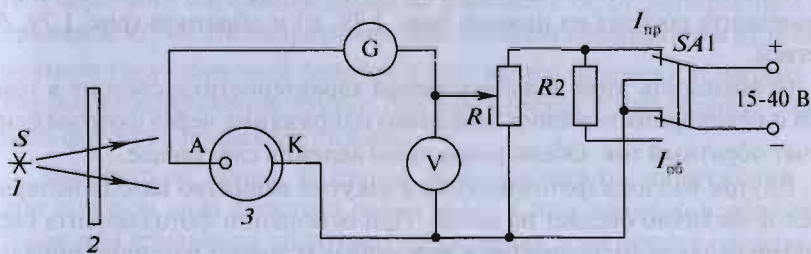


Рис. 1.77

¹ Набор и описание разработаны В. В. Майером.

Рис. 1.78



ходящими пределами измерения или мультиметр в режиме вольтметра. Функцию высокоомного гальванометра G выполняет мультиметр, переведенный в режим вольтметра.

Экспериментальная установка и фотоэлемент показаны на рисунке 1.78.

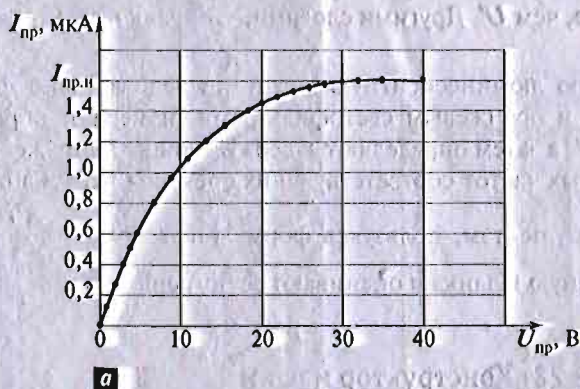
С помощью этого набора можно провести полное исследование явления внешнего фотоэффекта и получить экспериментальное обоснование справедливости уравнения Эйнштейна: $h\nu = A + \frac{m v_{\max}^2}{2}$.

Набор используют для проведения следующих экспериментов: наблюдение внешнего фотоэффекта; исследование прямой и обратной вольт-амперных характеристик фотоэлемента и зависимости силы тока насыщения от интенсивности света; обнаружение красной границы фотоэффекта; исследование зависимости кинетической энергии электронов от частоты света и ее независимости от интенсивности; измерение задерживающей разности потенциалов и постоянной Планка.

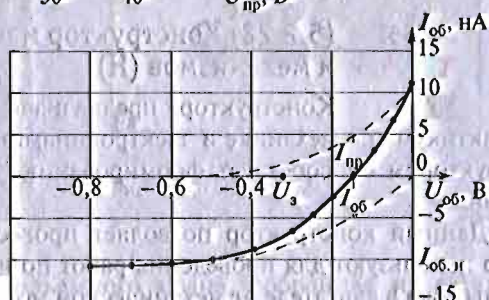
Типичная вольт-амперная характеристика сурьмяно-цезиевого фотоэлемента состоит из прямой (рис. 1.79, *а*) и обратной (рис. 1.79, *б*) ветвей.

Особенность этой вольт-амперной характеристики состоит в том, что с некоторого значения обратного напряжения через фотоэлемент течет обратный ток. Объяснение этого явления следующее.

Внутри баллона фотоэлемента в вакууме вещество катода испаряется и частично оседает на аноде. При освещении фотоэлемента свет внутри баллона рассеивается и при любых условиях частично попадает на анод, вызывая выбивание с него электронов. При прямых напряжениях эти электроны возвращаются обратно на анод и не влияют на прямой ток. При обратных напряжениях выбитые с анода электроны попадают на катод, образуя обратный ток. Так как этих электронов



а



б

Рис. 1.79

сравнительно мало, то уже при небольших обратных напряжениях обратный ток достигает насыщения.

В качестве примера эксперимента приводим способ измерения постоянной Планка.

Сила тока, который фиксируется при снятии обратной вольт-амперной характеристики фотоэлемента — это сумма сил токов: прямого и обратного (сплошная линия на рисунке 1.79, б). Запирающее напряжение U_z — это напряжение, при котором обращается в нуль сила прямого тока (обратный фототок достигает насыщения). Измерить запирающее напряжение трудно, так как переход к насыщению обратного фототока происходит плавно.

Значительно проще и точнее можно измерить напряжение U' , при котором сила фототока равна нулю. Силы прямого и обратного токов при изменении обратного напряжения изменяются одинаково, так как определяются главным образом площадью поверхности анода фотоэлемента. Поэтому, если при изменении обратного напряжения от 0 до U' сила обратного тока возрастает от 0 до $I_{об}$ и становится равной силе прямого тока $I_{пр}$, то чтобы силу прямого тока уменьшить

до нуля, обратное напряжение нужно увеличить еще на U' , т. е. сделать в 2 раза больше, чем U' . Другими словами, запирающее напряжение $U_3 = 2U'$.

Снабжая ртутную люминесцентную лампу последовательно фиолетовым, желтым и оранжевым светофильтрами, измеряют обратные напряжения U' , а затем определяют задерживающие напряжения U_3 для максимальных частот соответствующих спектров испускания.

По полученным результатам, пользуясь формулой $h = e \frac{U_{32} - U_{31}}{\nu_2 - \nu_1}$, вычисляют постоянную Планка и оценивают ее погрешность.

1.55. (5.2.22) Конструктор машин и механизмов (Н)

Конструктор предназначен для проведения работ практикума по механике и электродинамике. Работа учащихся с конструктором способствует формированию у них технического мышления.

Данный конструктор позволяет провести работы разных типов. Его используют для проведения работ по исследованию зависимости силы тока в двигателе от механической мощности, силы тяги электромотоцикла от силы трения между ведущими колесами и дорогой; для исследования вынужденных колебаний и резонанса с помощью синусного механизма.

К работам практикума, в которых учащиеся знакомятся с методами оценки энергетических характеристик, относятся работы по измерению мощности двигателя на валу и КПД двигателя при подъеме груза.

Основы конструкторских умений учащихся закладываются при выполнении работ по сборке и испытаниям одноступенчатого редуктора, электромотоцикла, подъемного крана.

В состав конструктора входят блоки и детали, представленные на рисунке 1.80, а. Базовыми из них являются:

- 1) *съемная платформа* с двигателем, разьемами и пультом управления двигателя;
- 2) *редуктор*, который собирают из корпуса и зубчатых колес, ведущих и ведомых шкивов; специальный шкив используется для измерения мощности на валу;
- 3) *тележка* со сменными колесами диаметром 50 мм и диаметром 25 мм.

Кроме базовых блоков, в состав конструктора входят детали, используемые при сборке установок для измерительных, конструкторских и исследовательских работ.

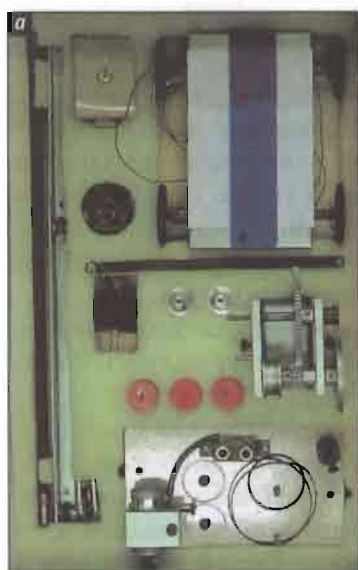


Рис. 1.80

Действующая модель подъемного крана, собранная из деталей конструктора, представлена на рисунке 1.80, б.

Технические характеристики конструктора приведены в таблице 1.14.

Масса конструктора с укладочной коробкой — 10 кг.

Для электропитания двигателя конструктора применяется источник питания для практикума 1.53.

Таблица 1.14

Характеристика	Размеры		
	основания тележки	съемной платформы	подъемного крана
Длина, мм	190	200	410*
Ширина, мм	110	110	270**
Высота, мм	16	10	450

Примечание: * — длина стрелы; ** — вылет стрелы.

1.56. (5.2.7) Набор для исследования принципов радиопередачи и радиоприема

Набор применяется для проведения работ практикума и позволяет выполнить следующие эксперименты: передача и прием телеграфных и однотоновых сигналов (также музыки и речи) на двух частотах; исследование принципа амплитудной модуляции; наблюдение амплитудно-модулированных сигналов на осциллографе; действие антенны как открытого колебательного контура.

Набор (рис. 1.81) состоит из маломощного передатчика радиосигналов частотой 3 МГц и двухдиапазонного радиоприемника. Радиоприемник собран по схеме радиоконструктора 1.35.

Схема радиопередатчика представлена на рисунке 1.82.

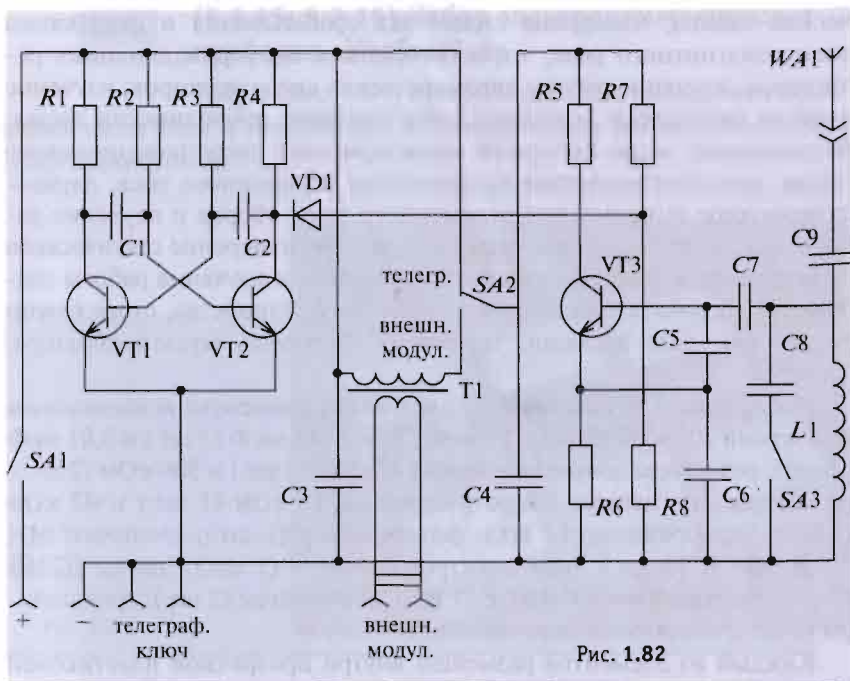
Генератор радиопередатчика собран по схеме с емкостной обратной связью на транзисторе VT3. Колебательный контур, определяющий частоту колебаний, образован катушкой индуктивности $L1$ и конденсаторами $C5$, $C6$, $C7$. Частота генератора может быть изменена примерно на 10% за счет включения в колебательный контур конденсатора $C8$. Катушка колебательного контура содержит 25 витков.

В передатчике имеется встроенный модулятор, генерирующий импульсы прямоугольной формы, которые следуют с частотой 500 Гц. При работе мультивибратора генератор вырабатывает модулированные радиоимпульсы с прямоугольной огибающей.

При переводе ключа $SA2$ в положение «внешн. модул.» (внешняя модуляция) мультивибратор выключается. Теперь напряжение генератора можно модулировать внешним сигналом, подаваемым на первичную обмотку трансформатора $T1$.



Рис. 1.81



Для питания передатчика используется источник питания для практикума 1.53. При проведении экспериментов по передаче и приему одностональных сигналов используется генератор функциональный 1.51.

1.57. Набор по электродинамике и полупроводниковым приборам

Набор предназначен для исследования свойств диодов, светодиодов, транзисторов и их применения в простейших электронных устройствах.

Этот набор используется для проведения следующих работ: расчет и измерение емкости батареи последовательно и параллельно соединенных конденсаторов; измерение энергии заряженного конденсатора; изучение нелинейной зависимости силы тока от напряжения; расчет и измерение общего сопротивления при последовательном, параллельном и смешанном соединении резисторов; изучение распределения токов и напряжений при последовательном и параллельном соединении потребителей; измерение работы и мощности электри-

ческой лампы; измерение силы тока срабатывания и отпускания электромагнитного реле; изучение свойств полупроводниковых резисторов; изучение работы автоматических сигнализаторов; изучение свойств светодиода; изучение односторонней проводимости диода; исследование вольт-амперной характеристики полупроводникового диода; однополупериодное выпрямление переменного тока; двухполупериодное выпрямление переменного тока; сборка и изучение работы выпрямителя с удвоением напряжения; измерение статического коэффициента усиления транзистора; сборка и изучение работы следующих устройств и приборов: сигнального устройства, сторожевого устройства, реле времени, термореле, фотореле, мультивибратора, триггера.

Набор (рис. 1.83) составляют следующие элементы: конденсаторы емкостями 200 мкФ (2 шт.), 10 мкФ (2 шт.), 0,1 мкФ (2 шт.) и 0,01 мкФ (2 шт.); резисторы сопротивлениями 47 кОм (2 шт.) и 300 кОм (2 шт.); резисторы переменные сопротивлениями 10 кОм (1 шт.) и 47 кОм (1 шт.); терморезистор (1 шт.); фоторезистор (1 шт.); лампочки МН 3,5 В 0,28 А (2 шт.); реле электромагнитное (1 шт.); диоды Д226Б (2 шт.); диодный мост КЦ405Е (1 шт.); светодиоды (2 шт.); транзисторы (2 шт.); соединительные провода (10 шт.).

Каждый из элементов размещен внутри прозрачной пластиковой коробки.

При проведении работ могут использоваться как источники постоянного и переменного тока 1.7, так и источник питания для практикума 1.53. В качестве измерительных приборов могут использоваться мультиметр или набор электроизмерительных приборов «Учебный-2» 1.58.



Рис. 1.83

1.58.

(5.2.15; 5.2.16) Набор электроизмерительных приборов «Учебный-2»

Набор (рис. 1.84) предназначен для проведения измерений силы тока и напряжения в электрических цепях переменного и постоянного тока.

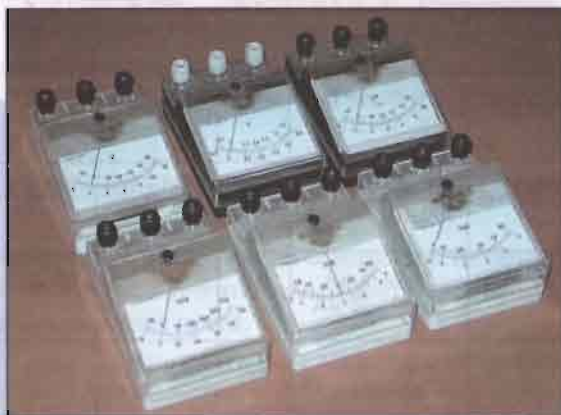


Рис. 1.84

Особенность приборов, входящих в набор, состоит в том, что в их корпусах имеется прозрачная часть, позволяющая учащимся рассмотреть устройство измерительного механизма магнитоэлектрической системы. Все приборы являются двухдиапазонными и в каждом диапазоне — двухпредельными. Поэтому при нахождении основной погрешности прибора необходимо пользоваться формулой $\Delta_{\text{пр}} = \gamma \frac{a_{\text{max}} + a_{\text{min}}}{100}$, где a_{max} и a_{min} — верхний и нижний пределы измерений.

Технические характеристики приборов набора представлены в таблице 1.15.

Таблица 1.15

Марка прибора	Пределы измерений	Класс точности, γ	Рамка измерит. механизма		Добавочное сопротивление	Тип тока
			Сопротивление, Ом	Число витков		
M42171	10—0—50 мВ 50—0—250 мВ	4,0	$3,30 \pm 0,68$	33,5	$1,650 \text{ кОм} \pm \pm 0,5\%$	постоянный

Марка прибора	Пределы измерений	Класс точности, γ	Рамка измерит. механизма		Добавочное сопротивление	Тип тока
			Сопротивление, Ом	Число витков		
M42172	0,1—0—0,5 В 0,3—0—1,5 В	4,0	79 ± 8	150,5	$2,219 \text{ кОм} \pm \pm 0,5\%$	постоянный
M42173	3—0—15 В 10—0—50, В	4,0	440 ± 90	320,5	$49,7 \text{ кОм} \pm \pm 0,5\%$	переменный
M42174	20—0—100 мА 100—0—500 мА	4,0	2000 ± 400	900,5	—	постоянный
M42170	1—0—5 мА 10—0—50 мА	4,0	19 ± 2	66,5	—	постоянный
Ц42170	0—5 мА 0—50 мА	4,0	$79,0 \pm 0,8$	150,5	—	переменный

1.59. (5.2.11) Комплект «Электродинамика»

Комплект предназначен для проведения работ практикума по темам: зарядка и разрядка конденсатора, индукция и самоиндукция, переменный ток, законы освещенности.

С помощью этого комплекта проводят следующие работы: наблюдение процесса зарядки и разрядки конденсатора; определение заряда и емкости конденсатора; изучение последовательного соединения конденсаторов; изучение параллельного соединения конденсаторов; изучение явления самоиндукции; изучение зависимости сопротивления металла от температуры (на примере лампы накаливания); изучение вольт-амперной характеристики германиевого диода; изучение зависимости сопротивления полупроводника от температуры; проверка исправности транзистора; изучение работы транзистора в режиме электронного ключа; изучение работы транзистора в усилительном режиме; определение индуктивности катушки; изучение последовательной цепи переменного тока; изучение резонанса в электрическом колебательном контуре; определение коэффициента мощности ($\cos \varphi$) в цепи переменного тока; измерение действующего и амплитудного значений переменного напряжения; изучение работы фотоэлектриче-



Рис. 1.85

ского преобразователя; изучение зависимости освещенности объекта от расстояния до источника света; изучение зависимости освещенности объекта от угла падения световых лучей.

Комплект (рис. 1.85) составляют следующие элементы: металлическое рабочее поле; ключ; мультиметр; конденсаторы емкостями: 4700 мкФ, 2200 мкФ, 4,7 мкФ и 1 мкФ; резисторы с характеристиками: 10 Ом 2 Вт, 68 Ом 1 Вт, 360 Ом 1 Вт, 1 кОм 0,5—1 Вт и 20 кОм 0,5—1 Вт; переменный резистор с характеристиками 100 Ом 2 Вт; светодиод с резистором; полупроводниковый диод; транзистор; фотоэлемент; термистор; лампа; плата для установки конденсаторов; катушка индуктивности с сердечником.

Для проведения опытов необходим источник тока ВУ-4М 1.7 либо источник питания для практикума 1.53.

Большинство элементов, составляющих электрические цепи, смонтированы на изготовленных из пластика платформах размером 70 × 35 мм. В основании платформ имеются магниты, фиксирующие платформы на металлическом рабочем поле. Цифровой мультиметр, входящий в состав набора, обеспечивает проведение всех измерений с необходимой точностью. В частности, при изучении распределения напряжений в цепи переменного тока измерения проводятся в диапазоне мультиметра «2 В», что позволяет учащимся не только сделать вывод о том, что сумма напряжений на элементах цепи больше, чем напряжение источника питания, но и проверить справедливость закона Ома для цепи переменного тока. При изучении работы полупроводниковых приборов мультиметр дает возможность работать с токами силой в несколько миллиампер и напряжениями до десятых долей милливольт, что принципиально важно для таких устройств.

1.60. Набор «Практикум по электродинамике»¹

Набор предназначен для проведения около 60 работ практикума и более 200 экспериментальных заданий.

В состав набора (рис. 1.86) входят:

- 1) специальная макетная плата для сборки изучаемых конструкций; соединение деталей электрической схемы производится посредством 12-ти пружинных контактов;
- 2) набор деталей, которые установлены на опорных площадках с условными графическими обозначениями и снабжены соединительными выводами: переменные резисторы сопротивлениями 1 кОм (1 шт.) и 470 кОм (1 шт.); резисторы сопротивлениями: 10 Ом (1 шт.), 20 Ом (1 шт.), 30 Ом (1 шт.), 51 Ом (1 шт.), 100 Ом (1 шт.), 200 Ом (1 шт.), 300 Ом (1 шт.), 1 кОм (2 шт.), 10 кОм (2 шт., один из них добавочный к вольтметру), 360 кОм (2 шт.), 0,03 Ом (шунт к амперметру 1 шт.); диод КД209 (2 шт.); диод Д9 (1 шт.); светодиод АЛ307 (2 шт.); транзисторы: КТ315 ($n-p-n$ -типа 3 шт.), КТ209 ($p-n-p$ -типа 2 шт.); конденсаторы емкостями: 1 мкФ (2 шт.), 10 мкФ (1 шт.), 22 мкФ (2 шт.), 1000 мкФ (2 шт.); лампы накаливания с характеристиками 6,3 В 0,3 А (3 шт.); телефонные капсулы ТОН-2М (2 шт.); соединительные провода (6 шт.);
- 3) книги: «Экспериментальные задания по электродинамике (Учимся радиоэлектронике)» с описаниями более 200 экспериментальных заданий и «Практикум по электродинамике» с описаниями 58 лабораторных работ.



Рис. 1.86

¹ Описание набора подготовлено народным учителем СССР, к. п. н. П. П. Головиным.

1.61. (5.2.25) Набор для изучения тока в вакууме¹

Набор предназначен для проведения наблюдения и количественных исследований движения электронов в статических и стационарных электромагнитных полях, моделирования таких технических устройств, как вакуумные диод, триод и автоколебательный генератор.

Набор используют для проведения следующих работ: наблюдение действия магнитного поля на электроны и магнитная фокусировка; наблюдение явления термоэлектронной эмиссии; исследование вольт-амперной характеристики вакуумного диода, его односторонней проводимости и влияния магнитного потока на величину анодного тока; исследование анодных сеточных характеристик триода; исследование работы автоколебательного генератора электромагнитных колебаний.

В состав набора входят (рис. 1.87, слева направо): прибор УДТ-1 (учебный диод — триод) в корпусе; блок питания; панель со специальным трансформатором и конденсаторами для сборки колебательного контура (панель поставляется по отдельному заказу).

При проведении с набором лабораторных работ в качестве измерительных приборов могут использоваться набор электроизмерительных приборов 1.58 или ампервольтметр цифровой универсальный 1.48. При наблюдении действия магнитного поля на электроны используется магнит 1.32.



Рис. 1.87

¹ Описание набора составлено совместно с В. В. Семеновым.

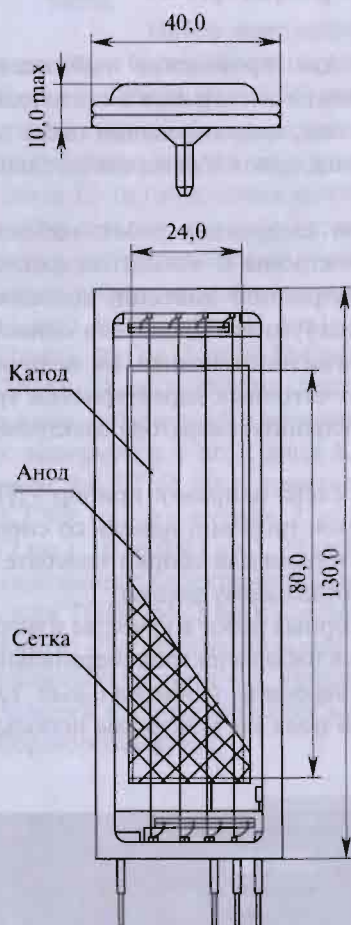


Рис. 1.88

Прибор УДТ-1 (рис. 1.88) представляет собой вакуумированный сосуд с системой электродов: катод, сетка, анод. Катод выполнен в виде нитей; анод — пластина, квадратные сегменты поверхности которой покрыты люминофором, светящимся под действием электронов.

Прибор УДТ-1 имеет две конструктивные особенности. Во-первых, анод покрыт люминофором, а во-вторых, электроды имеют плоскую структуру. Первая особенность приводит к визуализации всех процессов, происходящих в исследуемых явлениях. При действии силы Лоренца на электроны некоторые из них могут покинуть пространство между катодом и анодом, что приводит к изменению силы тока в цепи.

Технические характеристики прибора УДТ-1

- 1) Напряжение, подаваемое на катод, $\approx 6,3\text{—}7\text{ В}$.
- 2) Пределы изменения сеточного напряжения от -10 В до 20 В .
- 3) Максимальное анодное напряжение 50 В .
- 4) Максимальная сила анодного тока 60 мА (при $U_a = 50\text{ В}$, $U_c = 20\text{ В}$).
- 5) Входное напряжение блока питания $\approx 36\text{—}42\text{ В}$.

Специальный трансформатор имеет две обмотки с одинаковым числом витков. При сборке генератора одна из обмоток трансформатора является катушкой обратной связи; другая обмотка вместе с конденсаторами, установленными рядом с трансформаторами, входит в состав колебательного контура.

1.62. (5.2.20) Пистолет баллистический

Пистолет баллистический предназначен для выполнения работ практикума по механике: исследование зависимости силы упругости от удлинения пружины; определение жесткости пружины; исследование зависимости дальности полета снаряда от угла вылета; определение дальности полета снаряда при горизонтальной стрельбе; сравнение работы силы упругости с изменением кинетической энергии тела.

Основу конструкции прибора (рис. 1.89) составляет пружина, которая жестко связана с проволоочной рамкой. Продольные стороны проволоочной рамки перемещаются вдоль боковых поверхностей прибора. На боковых сторонах этой рамки подвижно закреплена рамка со стрелочным указателем посередине. На открытых концах проволоочной рамки с помощью винтов закреплена круглая пластмассовая площадка с двумя металлическими шпильками, на которые кладут шарик. На площадке имеется углубление, используемое при вертикальной стрельбе из пистолета.

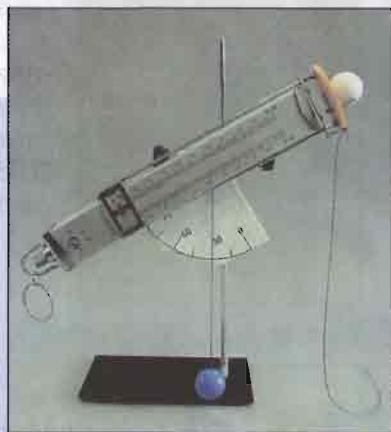


Рис. 1.89

В сжатом состоянии пружина пистолета удерживается проволочным крючком, один конец которого закреплен на корпусе прибора, а второй — заводится в специальное отверстие боковой поверхности площадки. С помощью нити механизм пистолета приводят в действие.

Для определения угла вылета снаряда при стрельбе прибор оснащен угломером с ценой деления 15° и отвесом. На корпусе прибора установлен металлический стержень.

При работе с прибором дополнительно используется штатив 1.11.

1.63. (5.2.24) Прибор для изучения деформации растяжения

Прибор предназначен для исследования деформации проволоки. С использованием этого прибора можно провести исследование зависимости удлинения проволоки от нагрузки и измерить модуль Юнга.



Рис. 1.90

Основной частью прибора (рис. 1.90) является механический усилитель, выполненный в виде двухступенчатого блока, насаженного на ось. Если R и r — радиусы ступеней, то коэффициент усиления равен $\frac{R}{r}$. На оси располагается специальная насадка с градусной шкалой.

При сборке экспериментальной установки один конец проволоки закрепляется в стержне. В качестве нагрузки используется набор грузов по механике 1.15. Отсчет углов проводится по тонкой прорези в кромке диска блока.

1.64. (5.2.18) Прибор для исследования электродвигателя и генератора постоянного тока

Прибор предназначен для исследования работы электрической машины постоянного тока в режиме двигателя и генератора.

Этот прибор используют для проведения следующих работ: исследование работы электрической машины постоянного тока в режиме двигателя; измерение КПД двигателя; исследование работы электрической машины постоянного тока в режиме генератора; измерение КПД генератора.

Прибор состоит из двух двигателей соосно укрепленных на панели. Валы двигателей соединены втулкой, которая одновременно является малым шкивом. Малый шкив соединен с большим с помощью резинового пассика. На оси с большим шкивом имеется блок для наматывания нити, с помощью которой поднимается груз. На панели также укреплен лампочка. Прибор снабжен концевым выключателем.

Электрическая схема соединений двигателя представлена на рисунке 1.91, а.

Движущиеся детали прибора закрыты пластиковой пластиной. На панели укреплены две клеммы от щеток машины и лампочка

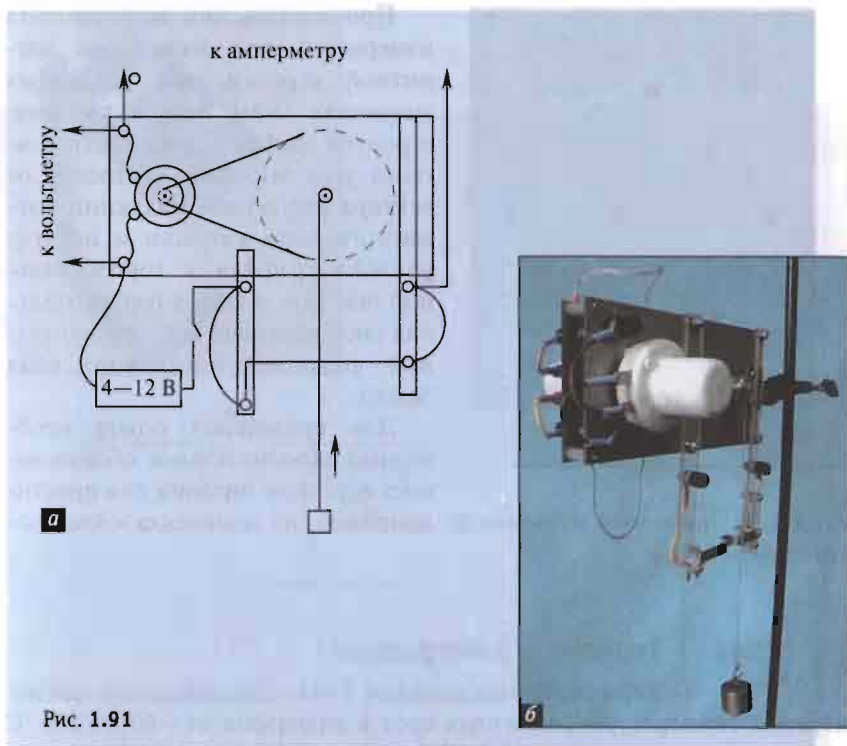


Рис. 1.91

с клеммами. При проведении опытов прибор (рис. 1.91, б) закрепляют в муфте штатива 1.1, установленного на краю стола.

Напряжение питания прибора 4—12 В. Оно подается от источника питания для практикума 1.53.

1.65. (5.2.21) Прибор «Магнитное поле Земли»

Прибор предназначен для определения горизонтальной составляющей вектора магнитной индукции магнитного поля Земли.

Прибор (рис. 1.92) представляет собой катушку диаметром 0,21 м, содержащую шесть витков изолированного провода. В центре катушки на горизонтальной площадке расположена магнитная стрелка. Стрелка находится в корпусе, на котором имеется шкала для отсчета угла поворота. Корпус стрелки закреплен так, что линия 0—180° шкалы совпадает с плоскостью катушки. Для того чтобы не исказить магнитное поле, штатив прибора изготовлен из немагнитных материалов.



Рис. 1.92

При выполнении эксперимента измеряется угол отклонения магнитной стрелки при различных значениях силы тока в катушке, строится график зависимости тангенса угла отклонения стрелки от вектора магнитной индукции магнитного поля катушки и по углу наклона графика к горизонтальной оси определяется горизонтальная составляющая вектора магнитной индукции магнитного поля Земли.

Для проведения опыта необходимо дополнительное оборудование: источник питания для практи-

кума 1.53, цифровой мультиметр, например, из комплекта «Электродинамика» 1.59.

1.66. Термометр электронный¹

Термометр электронный ТЭН-5 предназначен для измерения температуры различных сред в диапазоне от -60 до $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ с дискретностью показаний $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Прибор (рис. 1.93, а) включает в себя измерительный шуп длиной 150 мм , подключенный витым соединительным кабелем длиной 1 м к электронному блоку, выполненному в пластмассовом корпусе размерами $120 \times 70 \times 22\text{ мм}$. Измерительный шуп представляет собой стальную полую трубку наружным диаметром 3 мм с пластмассовой ручкой, на конце измерительного шупа установлен термочувствительный тонкопленочный элемент. На боковой поверхности корпуса прибора имеется кнопка включения-выключения прибора, а на задней поверхности корпуса — отсек питания с отделяющейся крышкой, в котором установлен элемент питания напряжением 9 В .

Измерение температуры среды осуществляется при контакте с ней терморезистора, сопротивление которого меняется в зависимости от температуры. Принцип действия прибора следующий.

Терморезистор R , вместе с резистором $R3$ и транзистором T включены в одно из «плеч» мостовой схемы, другое плечо которой образуют резисторы $R1$ и $R2$. В диагональ мостовой схемы включен опера-

¹ Описание составлено совместно с Ю. И. Штерном.

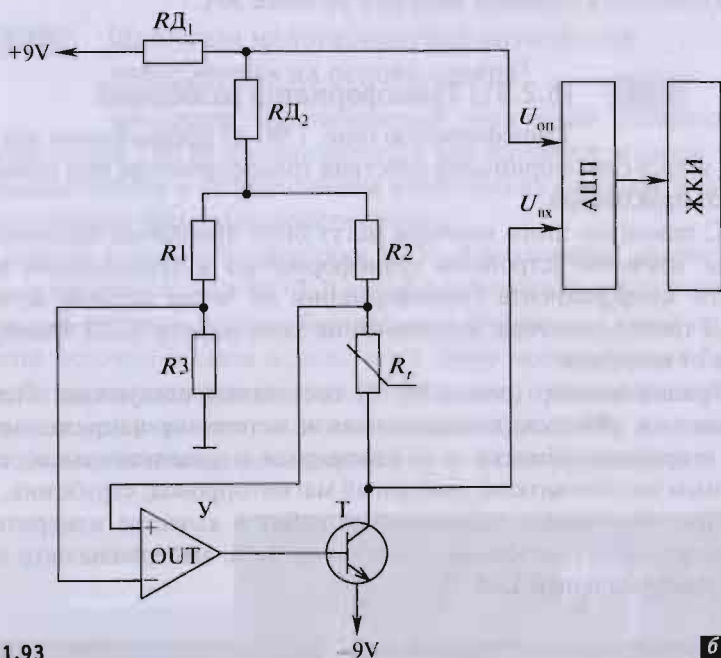


Рис. 1.93

ционный усилитель $У$, управляющий состоянием транзистора $Т$. Резисторы R_1 и R_2 образуют с резисторами RD_1 и RD_2 делитель напряжения, формирующий сигнал $U_{оп}$ на аналого-цифровой преобразователь (АЦП).

При изменении сопротивления R_r происходит разбалансировка мостовой схемы, операционный усилитель изменяет состояние транзистора $Т$, формируя на его коллекторе напряжение $U_{вх}$, про-

порциональное измеряемой температуре. АЦП выполняет преобразование аналогового сигнала в цифровую форму из условия $N = U_{\text{вх}}/U_{\text{оп}}$, где N — показания жидкокристаллического индикатора (ЖКИ). Цифровая информация о температуре в градусах и десятых долях градуса Цельсия индицируется на четырехразрядном ЖКИ. При измерении отрицательной температуры на индикаторе индицируется знак «-». При разряде источника питания ниже допустимого значения на ЖКИ появляется знак разряда батареи.

Технические характеристики термометра

- 1) Основная погрешность измерения температур $\pm 0,2^\circ\text{C}$.
- 2) Разрешающая способность (дискретность) $0,1^\circ\text{C}$.
- 3) Показатель тепловой инерции не более 30 с.

1.67. (5.2.31) Трансформатор разборный

Трансформатор (рис. 1.94, а) предназначен для изучения устройства и принципа действия трансформатора при проведении работ практикума.

С помощью этого прибора могут быть проведены следующие работы; изучение устройства трансформатора и исследование зависимости коэффициента трансформации от числа витков; измерение КПД трансформатора; исследование зависимости КПД трансформатора от нагрузки.

Трансформатор (рис. 1.94, б) составляют следующие элементы: первичная обмотка, подключаемая к источнику напряжения 42 В; две вторичные обмотки — стационарная и дополнительная, с изменяемым числом витков; разборный магнитопровод; струбцина.

При проведении лабораторных работ в качестве измерительных приборов могут использоваться: набор 1.58, ампервольтметр цифровой универсальный 1.48.

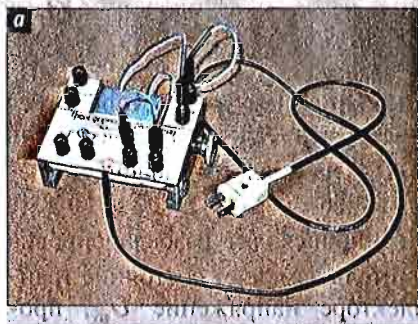


Рис. 1.94

Технические характеристики трансформатора

- 1) Напряжение питания трансформатора $42,0 \pm 4,2$ (В).
- 2) Напряжение, формируемое стационарной обмоткой, $5,0 \pm 0,5$ (В).
Максимальная сила тока стационарной обмотки 2 А.
- 3) Максимальное напряжение, формируемое дополнительной обмоткой, $3,0 \pm 0,3$ (В).
Максимальная сила тока дополнительной обмотки 2 А.
- 4) Коэффициент полезного действия: при замкнутом магнитопроводе 80%, при разомкнутом магнитопроводе 50%.
- 5) Габаритные размеры $100 \times 125 \times 65$ мм.

1.68. Школьная малогабаритная оптическая лаборатория на основе лазера¹

Школьная малогабаритная оптическая лаборатория на основе лазера (МОЛ-Л) используется для изучения законов геометрической оптики и их применения в оптических системах, а также для исследования волновых свойств света.

По составу и принципу действия МОЛ-Л аналогична демонстрационному набору 6.5, но в МОЛ-Л внесены изменения, обеспечивающие при работе с ней полную безопасность учащихся. С этой целью в качестве источника света используется лазер мощностью не более 0,5 мВт. Лазер стационарно установлен на скамье, с противоположной стороны которой укреплен специальный экран (рис. 1.95), исключающий возможность попадания лазерного луча в глаз наблюдателя. На-



Рис. 1.95

¹ Описание составлено совместно с Н. И. Ескиным.

блюдение проводится только в рассеянном свете. Блок питания лазера рассчитан на напряжение 42 В.

МОЛ-Л используют для проведения следующих работ: измерение показателя преломления оптических материалов; исследование хода лучей в призмах и плоскопараллельных пластинах; наблюдение полного отражения; определение фокусного расстояния тонкой собирающей линзы различными способами; определение фокусного расстояния тонкой рассеивающей линзы; сборка моделей оптических приборов: труба Кеплера, труба Галилея; моделирование оптических приборов; измерение длины волны с использованием бипризмы Френеля; измерение длины волны с использованием дифракционной решетки; определение параметров дифракционных решеток по дифракционной картине; исследование колец Ньютона.

1.69. (5.2.32) Электронный конструктор

Электронный конструктор (ЭКОН-01М) (рис. 1.96) предназначен для проведения фронтальных лабораторных работ и работ практикума при изучении принципов радиосвязи и радиоприема.

Всего из конструктора можно собрать около 30 устройств.

Конструктор используется для проведения следующих работ: сборка электронного устройства «Приемник с усилителем высокой частоты на одном транзисторе»; изучение усилителя на транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером либо с общей базой; сборка приемника с однокаскадным усилителем и более сложных приемников; изучение мультивибратора и генератора звуковой частоты.

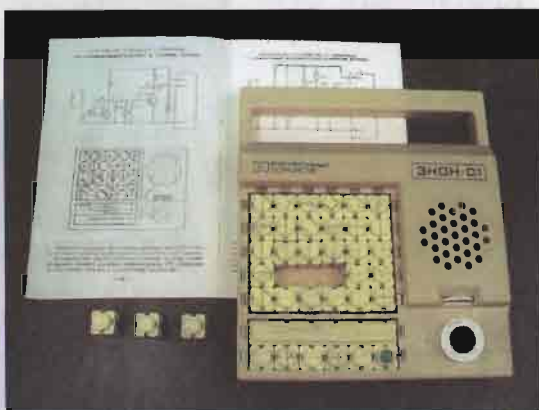


Рис. 1.96

Конструктор устроен так, что принципиальные и монтажные схемы электронных устройств визуально отличаются друг от друга. Эта особенность конструктора отражает технологию и особенности производства электронных устройств и приборов.

1.70. Комплект оборудования для подготовки к единому государственному экзамену «ЕГЭ-лаборатория»¹ (Н)

Комплект предназначен для подготовки учащихся к единому государственному экзамену (ЕГЭ) по физике в процессе постановки обобщающего физического практикума за курс средней (полной) школы.

Оборудование разработано в РНПО «Росучприбор» на базе универсального комплекта для основной, средней (полной) школы и учреждений начального профессионального образования **1.1**.

«ЕГЭ-лаборатория» прошла апробацию в специальном педагогическом эксперименте и получила одобрение предметной комиссии ЕГЭ по физике; позволяет конструировать экспериментальные задания в соответствии с «Требованиями к уровню подготовки выпускников».

Данный комплект состоит из четырех наборов: по механике, молекулярной физике и термодинамике, электродинамике и оптике.

Наборы, входящие в «ЕГЭ-лабораторию», позволяют учителю конструировать большое количество экспериментальных заданий разного типа.

1) Набор по механике (рис. 1.97) составляют: 1) окрашенное металлическое рабочее поле размером 310 × 210 мм; 2) штатив (стойка стальная никелированная высотой 480 мм, пластиковое основание с запрессованными дисковыми магнитами, крестовина); 3) перекладина штатива; 4) наклонная плоскость (профилиро-



Рис. 1.97

¹ В разработке и описании комплекта принимал участие М. Л. Ярошевский.

ванная направляющая рейка из пластика с миллиметровой линейкой и полосой магнитной резины для установки датчиков) с меткой для одного датчика и стержнем для крепления в крестовине штатива; 5) брусок-каретка из пластика с магнитом для управления датчиками, крючком и гнездами для установки одного или двух грузов; 6) секундомер электронный, обеспечивающий измерение интервалов времени с погрешностью 0,01 с, с двумя датчиками, выполненными на основе герметичных магнитоуправляемых контактов; 7) груз стальной массой 102 ± 1 (г) с двумя крючками; 8) комплект пружин (4 шт.); 9) транспортер; 10) линейка длиной 40 см с миллиметровыми делениями; 11) нить длиной 1 м; 12) коробка для комплекта; 13) динамометры с пределами измерения 1 Н и 4 Н; 14) резиновый образец; 15) стакан пластиковый вместимостью 200 мл; 16) измерительная лента; 17) груз алюминиевый массой 100 г с крючком; 18) монеты; 19) лента бумажная длиной порядка 100 см; 20) стакан пластиковый; 21) бутылка пластиковая с водой.

Ниже приведены примеры заданий, которые могут быть выполнены с помощью набора по механике.

1) Измерять: время движения, период колебания, мгновенную скорость, ускорение, равнодействующую силу на основе второго закона Ньютона, ускорение свободного падения; силы: трения, упругости, тяжести; коэффициент трения скольжения и жесткость пружины.

2) Проводить исследования эмпирических закономерностей: зависимости модуля силы упругости от деформации пружины или резинового образца; зависимости пути и скорости при равноускоренном движении от времени; зависимости модуля силы трения скольжения от силы давления; зависимости периода колебания груза, подвешенного к нити, от длины нити и амплитуды колебаний; зависимости периода колебания груза, подвешенного к пружине, от массы груза и жесткости пружины.

3) Определять статус предложенных гипотез: период колебания груза на нити увеличивается при увеличении амплитуды колебаний; конечная скорость тела при равноускоренном движении из состояния покоя прямо пропорциональна пройденному пути; при увеличении угла наклона плоскости к горизонту в n раз сила, необходимая для равномерного подъема по ней каретки, увеличивается в n раз.

4) Решать экспериментальные задачи: сравнение результатов предварительного расчета и измерения силы; расчет времени прохождения кареткой определенной точки направляющей и проверка результата этого расчета на опыте; расчет ускорения скольжения каретки по направляющей.



Рис. 1.98

2) Набор по молекулярной физике и термодинамике (рис. 1.98) составляют: 1) прибор для изучения изотермического процесса; 2) два термометра; 3) прибор для исследования деформации резины; 4) динамометр с пределом измерения 4 Н; 5) трубка для исследования сжатия газа; 6) мензурка; 7) бутылка с водой; 8) стаканчик; 9) металлический лист и штатив; 10) таблицы: психрометрическая, «Зависимость давления и плотности насыщенного водяного пара от температуры». В комплект «ЕГЭ-лаборатория» входит барометр-анероид 2.22.

С помощью прибора для изучения изотермического процесса можно проверить такое общеучебное умение высокого уровня, как учет собственных параметров измерительной установки в результатах измерений.

Примеры заданий, выполняемых с помощью набора по молекулярной физике и термодинамике.

1) Измерять: плотность, давление, температуру газа; абсолютную и относительную влажность воздуха; массу воздуха и водяного пара в помещении; жесткость и модуль Юнга резины и их зависимости от модуля удлинения; работу газа при изотермическом сжатии.

2) Проводить исследования эмпирических закономерностей: зависимости давления газа от его объема; зависимости механического напряжения от абсолютной и относительной деформаций; зависимости потенциальной энергии упругодеформированного тела от абсолютной и относительной деформаций.

3) Определять статус предложенных гипотез: изменение давления газа обратно пропорционально изменению его объема; длина столбика воды, вошедшей в трубку, прямо пропорциональна глубине погружения открытого конца трубки.



Рис. 1.99

4) Решать экспериментальные задачи: расчет длины столбика воды, вошедшей в трубку при опускании ее в воду, и проверка результата этого расчета на опыте; расчет показаний манометра при уменьшении объема газа в n раз и проверка результатов на опыте; оценка атмосферного давления и сравнение расчетов с показаниями барометра.

3) Набор по электродинамике (1.99) составляют: 1) окрашенное металлическое рабочее

поле размером 310×210 мм; 2) батарейный источник тока типа 3R12 с ограничивающим ток резистором, закрытый пластиковым корпусом, на пластиковом основании с магнитами; 3) выключатель (ключ) однополюсный на подставке с условным обозначением и магнитами, запрессованными в основании; 4) проволочный переменный резистор (реостат) с характеристиками 10 Ом 3 Вт на подставке с условным обозначением и магнитами, запрессованными в основании; 5) проволочный резистор сопротивлением 5 Ом на подставке с условным обозначением и магнитами, запрессованными в основании (2 шт.); 6) проволочный резистор сопротивлением 10 Ом на подставке с условным обозначением и магнитами, запрессованными в основании; 7) амперметр с пределом измерения 1 А, класс точности 2,5; 8) вольтметр с пределом измерения 6 В, класс точности 4; 9) провод соединительный длиной 200 мм с двумя однополюсными штекерами; 10) проволока сопротивлением 8—10 Ом на пластиковой подставке с обозначением диаметра, пятизвенная, с отводом от каждого звена; 11) батареи запасные типа 3R12; 12) лампочка с номинальным напряжением 3,5 В; 13) конденсатор емкостью $2,0 \pm 0,2$ мкФ; 14) линейка; 15) коробка для комплекта.

В состав набора по электродинамике входит батарейный источник тока. В нем последовательно с гальваническими элементами включен резистор, что гарантирует работоспособность источника после его короткого замыкания, а также обеспечивает протекание через амперметр силы тока, меньшего предела его измерения даже при подключении амперметра непосредственно к источнику тока.

Примеры заданий, выполняемых с помощью набора по электродинамике.

1) **Измерять:** напряжение, силу тока, ЭДС; сопротивление проводника, удельное сопротивление вещества, мощность тока; внутреннее сопротивление источника тока.

2) **Проводить исследования:** эмпирических закономерностей; зависимости напряжения на полюсах источника тока от силы тока во внешней цепи; зависимости силы тока, проходящего через лампочку, от напряжения на ней; зависимости КПД источника тока от силы тока.

3) **Определять статус предложенных гипотез:** сила тока, проходящего через лампочку, прямо пропорциональна напряжению на ней; напряжение на полюсах источника тока линейно убывает при увеличении силы тока в цепи.

4) **Решать экспериментальные задачи:** расчет эквивалентного сопротивления смешанного соединения резисторов и сравнение расчета с результатами измерения; сравнение результатов прямого и косвенного измерений ЭДС источника тока; расчет напряжения между заданными точками электрической цепи постоянного тока, состоящей из резисторов и конденсаторов, и проверка расчета на опыте.

4) **Набор по оптике** (рис. 1.100, а) составляют: 1) осветитель; 2) батарейный источник тока типа 3R12 на пластиковом основании с выключателем; 3) батареи запасные типа 3R12; 4) линзы собирающие ЛС-1 ($F \approx 10$ см), ЛС-2 ($F \approx 2$ см), ЛС-3 ($F \approx 5$ см); 5) буква Г — модель предмета; 6) плоскопараллельная пластина со скошенными



Рис. 1.100

гранями; 7) полуцилиндр; 8) дифракционная решетка 150 штрихов на миллиметр; 9) экран со щелью и линейкой для визуального наблюдения дифракции; 10) экран полупрозрачный с подвижной линейкой; 11) экран белый; 12) транспортер круговой; 13) транспортер обычный; 14) 5 булавок и коврик; 15) линейка; 16) магнитные держатели; 17) основное и дополнительное металлические поля; 18) защитный экран.

Принципиальное отличие набора от аналогов определяется наличием осветителя (1). Осветитель обеспечивает получение параллельного светового пучка, что позволяет учащимся воспроизвести экспериментальную установку по наблюдению дифракции в параллельных лучах (дифракция Фраунгофера) (рис. 100, б). Именно этот тип дифракции рассматривается во всех учебниках при выводе формулы дифракционной решетки $d \sin \varphi = k \lambda$.

Примеры заданий, выполняемых с помощью набора по оптике.

1) Измерять: фокусное расстояние и оптическую силу линзы; показатель преломления стекла; длину световой волны.

2) Проводить исследования эмпирических закономерностей: зависимости увеличения, даваемого линзой, от расстояния предмета до нее; зависимости угла преломления от угла падения; зависимости смещения светового пучка в плоскопараллельной пластине со скошенными гранями от угла падения.

3) Определять статус предложенных гипотез: расстояние от изображения до заднего фокуса линзы обратно пропорционально расстоянию от предмета до переднего фокуса; угол преломления прямо пропорционален углу падения; расстояние от линзы до изображения обратно пропорционально расстоянию от линзы до предмета.

4) Решать экспериментальные задачи: расчет фокусного расстояния двух плотно сложенных линз и сравнение с результатами опытов; опытная проверка результатов расчета расстояния от линзы до изображения при заданном расстоянии от линзы до предмета; опытная проверка результатов расчета угла преломления при заданном угле падения.

Введение

В этом разделе пособия представлено оборудование рабочей зоны учителя совместно с приборами общего назначения и измерительным комплексом кабинета физики.

Современное оборудование позволяет сформировать рабочую зону учителя так, что время на подготовку эксперимента оказывается минимальным. Это стало возможным главным образом вследствие изменения роли компьютера, классной доски и графопроектора в демонстрационном эксперименте.

Компьютер из средства работы только с обучающими программами, моделирования и анимации вошел в измерительный комплекс кабинета как средство измерения. Его применение в качестве основы компьютерной измерительной системы позволило изменить демонстрационный эксперимент по механике, молекулярной физике, электромагнитным колебаниям.

Классная доска из средства «меловой физики» становится элементом демонстрационного комплекса, так как на ней располагаются объекты демонстрирования в вертикальной плоскости. К такому оборудованию относятся набор по статике 3.6, комплекты по механике 3.1, электродинамике 5.1 и геометрической оптике 6.1.

Графопроектор позволяет не только проецировать изображения с фолий, но и с помощью набора 5.10 продемонстрировать спектры электрического поля. Графопроектор является источником света для комплекта демонстрационного «Волновая оптика» 6.2, используется при демонстрациях с набором по гидродинамике 3.8 и аэродинамике 3.7.

В оборудовании общего назначения представлены: комплекты электроснабжения кабинета физики 2.3 различной мощности, источник постоянного и переменного напряжений 2.4 и др.

С использованием набора вакуумно-компрессорных приборов 2.9 упрощается постановка опытов с трубкой Ньютона 3.31, трубкой вакуумной 2.12 и вакуумной тарелкой с вакуумметром и колпаком 2.8.

В подразделе «Измерительный комплекс кабинета физики» отражены принципиальные изменения, которые произошли в измерительном оборудовании кабинета физики. Суть этих изменений состоит в следующем. Ранее основу измерительного оборудования составляли

аналоговые приборы. В настоящее время в состав измерительного комплекса включены цифровые средства измерения и компьютерные измерительные системы. Однако только переход к цифровым средствам измерения без создания *систем* измерения не позволяет решить ряд острых проблем экспериментальной поддержки курса физики. Поэтому создаются комплексные системы измерения. Они основаны прежде всего на использовании компьютерных измерительных систем с датчиками **2.20**. На этом пути удалось решить, например, проблему количественной демонстрации закона сохранения импульса, создать демонстрационный осциллограф **2.20(3)**.

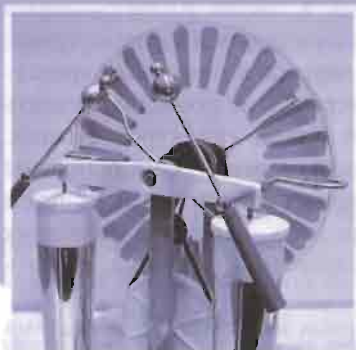
Представленная в пособии компьютерная измерительная система позволяет отображать на экране монитора в цифровой или графической форме измеряемые параметры. Например, при исследовании взаимодействия движущейся и неподвижной тележек фиксируется скорость движущейся тележки до взаимодействия и скорость двух тележек после взаимодействия.

Комбинированная цифровая система измерений **2.21** базируется на комплексном цифровом приборе, который обеспечивает одновременно измерение и индикацию взаимосвязанных параметров, таких, например, как сила и ускорение, давление и температура и др.

В подразделе «Измерительный комплекс кабинета физики» представлены и оправдавшие себя в методике учебного эксперимента классические средства измерения, такие, как динамометры (пара) с принадлежностями **2.23**, манометр металлический **2.30** и др. Такое сочетание классических и современных средств измерения позволяет учителю ознакомить учащихся с современной измерительной техникой.

Формирование в кабинете рабочей зоны на базе представленного в этом разделе оборудования обеспечивает учителю оптимальные условия для организации учебной деятельности учащихся в демонстрационном эксперименте при наблюдении физических явлений и проведении измерений.

1.1	Динамометр с принадлежностями	1.1	1.1	1.1
1.2	Манометр металлический	1.2	1.2	1.2
1.3	Термометр лабораторный	1.3	1.3	1.3
1.4	Термометр медицинский	1.4	1.4	1.4
1.5	Термометр комнатный	1.5	1.5	1.5



ОБОРУДОВАНИЕ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ И РАБОЧЕЙ ЗОНЫ УЧИТЕЛЯ

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
2.1		Демонстрационный комплекс кабинета физики	140
	1.9	1) Демонстрационные столы а) Составной демонстрационный стол; б) Демонстрационный стол со сплошной столешницей	
	1.2	2) Доска комбинированная на металлической основе 3) Компьютер 4) Кодоскоп (оверхед-проектор)	
2.2		Автоматизированный комплекс преподавателя физики	144
2.3	3.5	Комплекты электроснабжения кабинета физики	145
2.4	3.4	Источники постоянного и переменного напряжения 1) Источник с электронным управлением выходного напряжения 2) Выпрямитель ВС-24М	149
2.5	3.2	Генератор звуковой частоты с метрономом	152
2.6	3.9	Машина электрофорная	154
2.7	3.11	Насос вакуумный	155

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
2.8	3.11	Тарелка вакуумная с вакуумметром и колпаком	157
2.9	3.11	Набор вакуумно-компрессорных приборов (Н)	157
2.10	3.12	Насос воздушный ручной	159
2.11	3.1	Воздуходувка (Н)	160
2.12	3.20	Трубка вакуумная	161
2.13	3.18	Столики подъемные	162
2.14		Набор гирь	163
2.15	3.3	Груз наборный на 1 кг	164
2.16	3.21	Штативы физические 1) Штатив со струбцинами для крепления под- ставок к крышке стола 2) Универсальный набор штативов а) штатив демонстрационный б) рамный комплект в) штатив изолирующий	165
2.17	3.7	Комплект посуды и принадлежностей к ней	168
2.18		Зажимы 1) Пружинный зажим 2) Винтовой зажим	169
2.19		Набор классных инструментов	170

2.1. (1.9; 1.2) Демонстрационный комплекс кабинета физики

Демонстрационный комплекс кабинета физики — система, обеспечивающая учителю оптимальные условия для организации учебной деятельности учащихся в демонстрационном эксперименте.

В рамках системы демонстрационного оборудования, представленной в данном пособии, в состав демонстрационного комплекса включены: мебельные компоненты — демонстрационный стол с системой электроснабжения и вакуумирования; стол учителя, на который можно установить компьютер, или стойки и кронштейны для его установки; компьютер, графопроектор и согласованный с ним экран; доска комбинированная на металлической основе.

На форзацах показан демонстрационный комплекс кабинета физики гимназии пос. Удельная Раменского р-на Московской области — базовой школы РНПО «Росучприбор».

1) Демонстрационные столы

а) Составной демонстрационный стол состоит из двух сблокированных секций с тумбами. В тумбе и открытой нише одной из секций установлены полки, тумба закрывается накладной дверцей. В тумбе другой секции размещены четыре выдвижных ящика, на полке установлен набор вакуумно-компрессорных приборов 2.9.

На передней панели одной из секций устанавливают двойную электрическую розетку на напряжение 220 В и одну — на напряжение 42 В.



Рис. 2.1

Разработана специальная модификация демонстрационного стола (рис. 2.1) с выдвижной полкой для графопроектора и специальной приставной тумбой для раковины и крана с водой.

Габаритные размеры стола $2400 \times 900 \times 750$ мм. Размеры полки для графопроектора $600 \times 650 \times 700$ мм. Крышка приставной тумбы водоснабжения откидывается на угол 270° .

б) Демонстрационный стол со сплошной столешницей (рис. 2.2) имеет сборно-разборную конструкцию и состоит из двух заблокированных металлических секций с общей столешницей. Габаритные размеры стола $2400 \times 900 \times 750$ мм. Конструкция каркаса обеспечивает ему высокую прочность и устойчивость. Металлическая основа стола окрашена порошковой эпоксидной краской. Сплошная столешница демонстрационного стола обеспечивает удобство при постановке опытов, например по взаимодействию тележек 3.10 или 3.14. Со стороны классной доски в столешнице закреплены четыре резьбовых гнезда для установки стержней демонстрационного штатива. Это в значительной мере облегчает сборку установок.

В верхней части стола, под столешницей, размещены два выдвижных ящика с ручками, один из которых закрывается на встроенный замок. Выдвижные ящики предназначены для хранения деталей демонстрационного штатива и другого оборудования.

Базовый вариант комплекта стола имеет две подкатные тумбы, одна из которых оборудована выдвижными ящиками и закрывается на ключ, а другая снабжена полками. Обе тумбы предназначены для хранения части демонстрационного оборудования, входящего в состав кабинета физики. На внутренней стенке дверцы одной из тумб находится хранилище для комплекта демонстрационных соединительных проводов. Для работы с кодоскопом или компьютером



Рис. 2.2

стол оснащен подкатным столиком-тележкой, который также используется для доставки приборов и оборудования к демонстрационному столу.

Стол оснащен блоком электроснабжения, расположенным под столешницей в верхней части стола. Блок позволяет учителю пользоваться сетевым напряжением 220 В и переменным напряжением 42 В. Цепи напряжением 220 В защищены от перегрузки и короткого замыкания и содержат устройство защитного отключения, исключающего опасность поражения электрическим током. Напряжение 220 В подводится как к обычным розеткам, так и к розеткам с заземленными контактами. Для подключения оборудования, рассчитанного на напряжение 42 В, установлены специальные низковольтные розетки. Управление электроснабжением проводится с пульта, встроенного в верхнюю часть стола (см. рис. 2.2). Пульт снабжен крышкой, закрывающейся на ключ, что исключает доступ учащихся к системе электроснабжения стола. Подсоединение системы электроснабжения стола к электрической сети кабинета физики осуществляется гибким кабелем, имеющим заземляющую жилу, с помощью розетки и штепсельной вилки, снабженных заземленными контактами.

Демонстрационный стол полной комплектности включает в себя вакуумный насос и воздуходувку, которые монтируются в полости одной из подкатных тумб. Выводы для всасывания и нагнетания воздуха на корпусе насоса соединяются вакуумными шлангами со штуцерами, закрепленными на боковой стенке тумбы. Насос обеспечивает разрежение до давления 0,1 мм рт. ст. и избыточное давление 4 ат. Электропитание насоса осуществляется от блока электроснабжения стола.

2) Доска комбинированная на металлической основе (1.9) предназначена для расположения элементов следующих комплектов: «Механика» 3.1, «Геометрическая оптика» 6.1, демонстрационных комплектов по электродинамике 5.1; сборки установок при изучении равновесия с помощью набора по статике 3.6.

Рядом с доской в кабинете физики крепится полка для источника постоянного и переменного напряжений 2.4, который используется для подачи напряжения к потребителям, расположенным на доске.

Разработаны дополнительные принадлежности к доске, которые позволяют собирать измерительные установки по механике в вертикальной плоскости с использованием динамометров демонстрационных 2.23, рычагов 3.27, трибометров 3.29.

Рядом с доской или на боковой стене в передней части кабинета физики стационарно крепится *метеостенд*, на котором размещаются следующие измерительные приборы: психрометр, барометр-анероид, термометр. В нижней части метеостенда расположены «Психро-

метрическая таблица» и таблица «Зависимость давления насыщенного водяного пара от температуры».

3) Компьютер. Требования к компьютеру определяются свойствами компьютерной измерительной системы 2.20.

Компьютер используется с комплектами: по механике 3.1, по молекулярной физике и термодинамике 4.1, «Электричество» 5.1.

4) Кодоскоп (оверхед-проектор) (1.2) (рис. 2.3) используется в качестве источника света при работе с комплектом «Волновая оптика» 6.2; предназначен для проецирования на экран: согласованной с ним ванны при использовании комплекта «Гидродинамика» 3.8, манометра при работе с комплектом «Аэродинамика» 3.7, спектров электрических полей 5.10, электрического звонка 5.26 и набора капилляров 4.4. Кроме того, кодоскоп может использоваться при изучении принципа действия оптических схем проекционных приборов, применения в них линз и зеркал.

При изучении практического применения явления интерференции можно продемонстрировать линзу Френеля, которая используется в кодоскопе для обеспечения равномерного освещения кадрового окна.

Кодоскоп предназначен также для проецирования на экран текстовой и графической информации на плоских прозрачных носителях.

Для примера приводим характеристики кодоскопа модели «Орион-2000S».

Технические характеристики кодоскопа

- 1) Лампа галогенная: напряжение питания 24 В; мощность 250 Вт; световой поток 1800 лм.
- 2) Размеры рабочего поля прибора 250×250 мм; габаритные размеры кодоскопа $38 \times 42 \times 26,5$ см; высота стойки для объектива 60 см.
- 3) Масса кодоскопа 12, 4 кг.
- 4) Напряжение питания 220—240 В.
- 5) Температура верхней части рабочего поля 40—46 °С.

Световой поток других моделей «Орион» находится в пределах от 2200 до 3400 лм.



Рис. 2.3

2.2. Автоматизированный комплекс преподавателя физики

Автоматизированный комплекс преподавателя физики (АКП «Физика») предназначен для повышения эффективности процесса обучения на основе применения современных информационных технологий и комплексного применения ТСО.

В основу построения комплекса положен *модульный принцип*. Структурная схема АКП «Физика» приведена на рисунке 2.4.

Основной модуль комплекса состоит из компьютера 1, мультимедиапроектора 2, проекционного экрана 3 и коммутатора управления сетевыми нагрузками 4. Информация с компьютера комплекса поступает на мультимедийный проектор и проецируется на экран.

Модуль специального оборудования комплекса составляют: цифровая видеокамера 9, компьютерная измерительная система 10 с датчиками 2.20(2) (*а* — компьютерный измерительный блок, *б* — датчики для измерений физических величин), система автоматизированного контроля знаний 11, система затемнения окон 12 с электрическим приводом дистанционного управления, устройство 13 для печати и тиражирования методических и контрольных материалов, устройство 14 для выхода в телекоммуникационные сети школы.

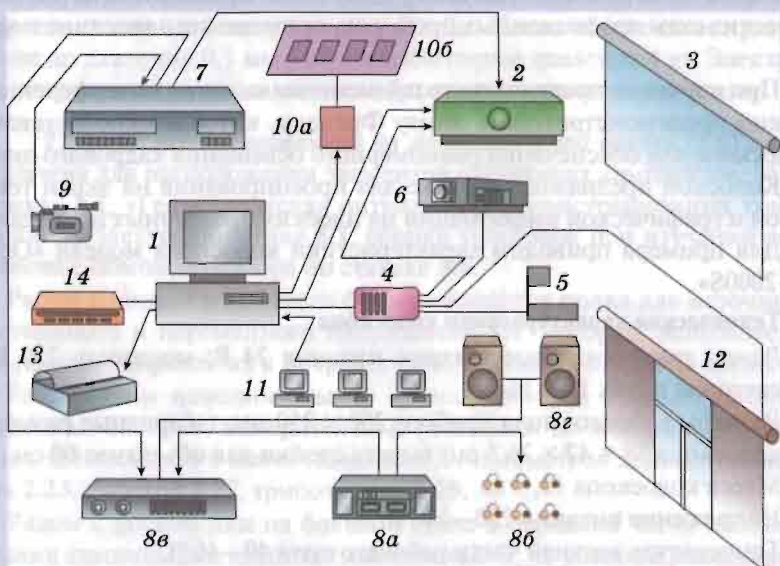


Рис. 2.4

Рис. 2.5



Электроснабжение оборудования, входящего в состав АКП «Физика», осуществляется через коммутатор управления сетевыми нагрузками. Коммутатор обеспечивает включение-выключение и контроль за работой всего оборудования, входящего в комплекс. Управление может осуществляться как с рабочего места преподавателя, так и дистанционно с любого места кабинета физики с помощью пульта дистанционного управления.

Модуль традиционного оборудования комплекса включает в себя: графопроектор 5; диапроектор 6; видеомагнитофон 7. Возможно дополнение АКП системой лингафонного оборудования 8 (*а* — аудиомангитофон, *б* — головные телефоны, *в* — акустический усилитель, *г* — громкоговоритель).

Разработанный АКП «Физика» — это определенная модель. Его конкретная реализация может в той или иной мере отличаться от представленной модели.

Например, на рисунке 2.5 представлен один из возможных вариантов АКП «Физика», созданный в кабинете физики базовой школы РНПО «Росучприбор» № 1936 г. Москвы заслуженным учителем России Шулежко А.Т.

2.3. (3.5) Комплекты электроснабжения кабинета физики

Комплекты предназначены для осуществления системы электроснабжения демонстрационного и лабораторных столов кабинета физики.

Базовыми блоками всех комплектов являются распределительные щиты, имеющие в составе трансформаторы, снижающие входное на-

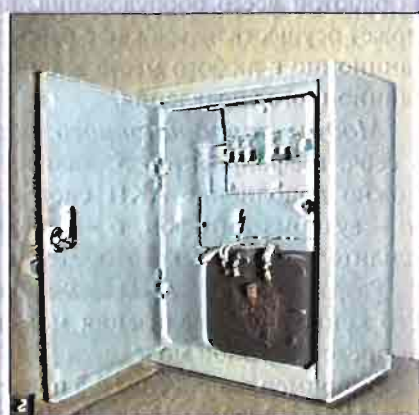


Рис. 2.6

напряжение с 220 В до 42 В. Щиты различаются мощностью, системами коммутации и электробезопасности. На рисунке 2.6 показаны распределительные щиты: источник питания 42 В (рис. 2.6, а), ЩЭШ-1200 (рис. 2.6, б), ЩЭШ-400 (рис. 2.6, в), и КЭСФМ (рис. 2.6, г).

Щиты обеспечивают электроснабжение демонстрационного комплекса кабинета физики напряжением 220 В и 42 В, лабораторных столов кабинета физики напряжением 42 В. Это напряжение используется для электропитания лабораторных источников постоянного и пе-

ременного тока 1.7; на него также рассчитаны такие приборы для практикума, как источник питания 1.53, прибор для зажигания спектральных трубок 1.44, набор для изучения тока в вакууме 1.61, комплект для изучения принципов радиопередачи и радиоприема 1.56 и др.

Комплекты электроснабжения различаются дополнительными элементами, включаемыми в их состав по заказу потребителя.

В таблице 2.1 приведены технические характеристики распределительных щитов.

Таблица 2.1

Характеристики	Наименование			
	Источник питания 42 В	ЩЭШ-1200	ЩЭШ-400	КЭСФ1М
Напряжение питания, В	220	220	220	220
Выходное напряжение, В	42 ± 2	42 ± 2	42 ± 2	42 ± 2
Потребляемая мощность, кВт	1,1	1,2	0,4	1,0
Количество понижающих трансформаторов	6	3	1	1
Устройство защитного отключения	—	+	+	+
Защита от короткого замыкания и перегрузки по току	+	+	+	+
Блокирующий ключ	+	—	—	—
Количество подключаемых линий	3	3	1	3
Масса, кг	25	23	10	25
Размеры, мм	$150 \times 270 \times 55$ 8	$300 \times 160 \times$ $\times 400$	$300 \times 160 \times$ $\times 250$	$390 \times 310 \times 1$ 80

Характеристики	Наименование			
	Источник питания 42 В	ЩЭШ-1200	ЩЭШ-400	КЭСФ1М
Дополнительные элементы комплекта				
Специальные розетки, шт. (по заказу)	20	23	15	20
Монтажный провод, м	по заказу	100	по заказу	по заказу
Лабораторные источники питания (число источников по заказу)	ИПФ-6В/3А	ВУ-4, ВУ-4М		ИПФ.ФЭП028

Щит ЩЭШ-1200¹ смонтирован в прямоугольном металлическом корпусе с дверцей, внутри которого расположены три понижающих трансформатора, устройство защитного отключения (УЗО), четыре автоматических выключателя (предохранители) и одна общая соединительная колодка с зажимами для подключения входных и выходных монтажных проводов. Дверца щита является одновременно его передней (лицевой) панелью. На ней установлены: общий выключатель сети, три выключателя первичных обмоток трансформаторов и замок. Каждый выключатель снабжен своим световым индикатором (подсветкой ручки выключателя).

Встроенное в щит устройство защитного отключения (УЗО) предназначено для автоматического отключения электрической цепи от сети в течение 0,1 с при возникновении в ней тока утечки силой более 0,01 А. Такие утечки могут возникнуть при соприкосновении человека, с одной стороны, с оголенным проводом и частями приборов, находящихся под напряжением, и, с другой стороны, — к земле или металлоконструкциям, связанным с ней.

Каждый понижающий трансформатор рассчитан на обеспечение электрическим током одного из трех рядов учебных столов кабинета.

Принцип работы щита заключается в следующем. Напряжение 220 В от сети через общий выключатель щита подается на вход УЗО. С выхода УЗО напряжение 220 В через общий автоматический выключатель подается к розеткам демонстрационного стола и к первичным обмоткам трансформаторов.

¹ Описание щитов ЩЭШ-1200 и ЩЭШ-400 составлено совместно с К. Д. Фединым.

кам понижающих трансформаторов через их отдельные выключатели. Напряжения 42 В из вторичных обмоток трансформаторов через автоматические выключатели подаются ко всем розеткам ученических столов и к одной розетке демонстрационного стола. В случае короткого замыкания проводов во внешней цепи или перегрузки ее, а также возникновения тока утечки в линии 220 В, срабатывают соответствующие автоматические выключатели или УЗО.

Максимальная сила тока нагрузки на линии напряжением 220 В равна 10 А, а на каждой из четырех линий напряжением 42 В — 9,5 А.

Время непрерывной работы щита не более 45 мин. Перерыв для повторного включения после непрерывной работы в течение 45 мин не менее 5 мин.

Конструкция **щита ЩЭШ-400** отличается от щита ЩЭШ-1200 применением одного понижающего трансформатора и соответственно меньшим числом выключателей и предохранителей. Он также, как и ЩЭШ-1200, смонтирован в прямоугольном металлическом корпусе с дверкой. Внутри корпуса расположены: понижающий трансформатор, устройство защитного отключения, два автоматических выключателя (предохранители) и соединительная колодка с 8 зажимами. На лицевой панели щита установлены: общий выключатель сети, выключатель первичной обмотки трансформатора и замок. Выключатели снабжены световыми индикаторами.

Принцип и режим работы щита ЩЭШ-400 не отличается от щита ЩЭШ-1200.

Щит питается от сети переменного тока напряжением 220 В. Выходное напряжение 42 В и 220 В. Максимальная сила тока нагрузки на линии напряжением 220 В равна 10 А, а на линии напряжением 42 В — 9,5 А.

2.4. (3.4) Источники постоянного и переменного напряжений

1) **Источник с электронным управлением выходного напряжения**¹ (рис. 2.7, а) предназначен для получения переменного и постоянного (пульсирующего с частотой 100 Гц) напряжений, регулируемых в пределах от 0 до 32 В в демонстрационных установках с максимальной силой тока нагрузки 6 А. Этот источник состоит из сетевого трансформатора, электронного коммутатора, микроконтроллера и устройства индикации. Схема источника показана на рисунке 2.7, б.

¹ Описание составлено А. Н. Штурманом.



Рис. 2.7

Источник работает следующим образом. При включении источника переменное напряжение 220 В поступает на первичную обмотку трансформатора. Микроконтроллер посредством электронного коммутатора обеспечивает такое соединение вторичных обмоток трансформатора, что на выходных клеммах прибора формируется переменное напряжение в пределах от 0 до 32 В. Величина выходного напряжения задается инкодером с дискретностью 0,2 В. Одновременно микроконтроллер осуществляет индикацию значений силы тока и напряжения на цифровом индикаторе.

Источник является электронной версией линейного трансформатора напряжения. Источник имеет защиту от перегрузки по току и короткого замыкания, а также кнопку экстренного сброса напряжения.

Технические характеристики источника

- 1) Напряжение питания 220 ± 22 (В); потребляемая мощность 220 Вт.
- 2) Максимальная сила тока нагрузки 6 А, 10 А в течение 10 с. При силе тока 6 А источник вырабатывает напряжение: переменное (частотой 50 Гц) 32 ± 2 (В); пульсирующее (частотой 100 Гц) 31 ± 2 (В).
- 3) Дискретность изменения выходного переменного и пульсирующего напряжений при отсутствии нагрузки 0,4 В.
- 4) Масса не более 13 кг; габаритные размеры $220 \times 250 \times 90$ мм.

2) **Выпрямитель ВС-24М** (рис. 2.8, а) предназначен для плавного регулирования переменного (с частотой 50 Гц) напряжения от 0 до 30 В и постоянного (пульсирующего с частотой 100 Гц) напряжения от 0 до 24 В. Схема выпрямителя представлена на рисунке 2.8, б.

В выпрямителе используется тороидальный трансформатор с двумя разделенными обмотками. По виткам вторичной обмотки перемещается токосъемник. При его перемещении на один виток выпрямленное напряжение меняется на 0,2 В.

Технические характеристики выпрямителя

- 1) Напряжение питания 220 В.
- 2) Пределы изменения выходного напряжения: переменное 0—30 В; постоянное (пульсирующее с частотой 100 Гц) 0—24 В.
- 3) Максимальная сила тока нагрузки 10 А.
- 4) Масса прибора 8,9 кг; габаритные размеры $345 \times 205 \times 185$ мм.
- 5) Индикация выходных параметров осуществляется вольтметром и амперметром магнитоэлектрической системы.

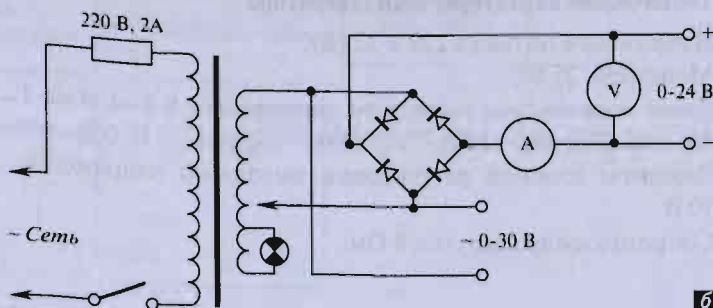


Рис. 2.8

2.5. (3.2) Генератор звуковой частоты с метрономом¹

Генератор (рис. 2.9, а) предназначен для получения выходного гармонического напряжения, а также негармонических напряжений треугольной, прямоугольной форм и прямоугольной формы положительной полярности. Генератор может также работать в режиме метронома.

Прибор используется при изучении механических колебаний, акустики и переменного тока.

Принцип действия генератора поясняет блок-схема, представленная на рисунке 2.9, б.

По положению переключателя *S1* микроконтроллер определяет частоту генерации и подключает посредством коммутатора блока времязадающей цепи соответствующий конденсатор *C1—C6* к формирователю сигналов. Генератор формирователя сигнала формирует одновременно четыре вида сигналов по каналам прямоугольного, треугольного и гармонического напряжения.

Точная частота генератора формирователя сигнала обеспечивается заданием на нем соответствующего управляющего напряжения, которое создается специальным усилителем, управляемым потенциометром «*F/Гц*». Каждое из сформированных напряжений поступает на переключатель *S2* «Форма». С переключателя выбранный сигнал поступает через усилитель мощности на выходные клеммы. Амплитуда выходного сигнала регулируется потенциометром «Амплитуда».

Измерение частоты выходного сигнала генератора и вывод на индикаторе ее значения выполняет микроконтроллер.

В режиме «Метроном» генератор обеспечивает формирование звуковых сигналов в диапазоне от 26 сигнал/мин до 290 сигнал/мин.

Технические характеристики генератора

- 1) Напряжение питания 220 ± 22 (В).
- 2) Мощность 25 Вт.
- 3) Диапазоны частоты выходного напряжения: 0,1—1 (Гц); 1—10 (Гц); 10—100 (Гц); 100—1000 (Гц); 1000—10 000 (Гц); 10 000—100 000 (Гц).
- 4) Диапазон плавной регулировки выходного напряжения от 0 до 10 В.
- 5) Сопротивление нагрузки 8 Ом.

¹ Описание составлено А. Н. Штурманом.

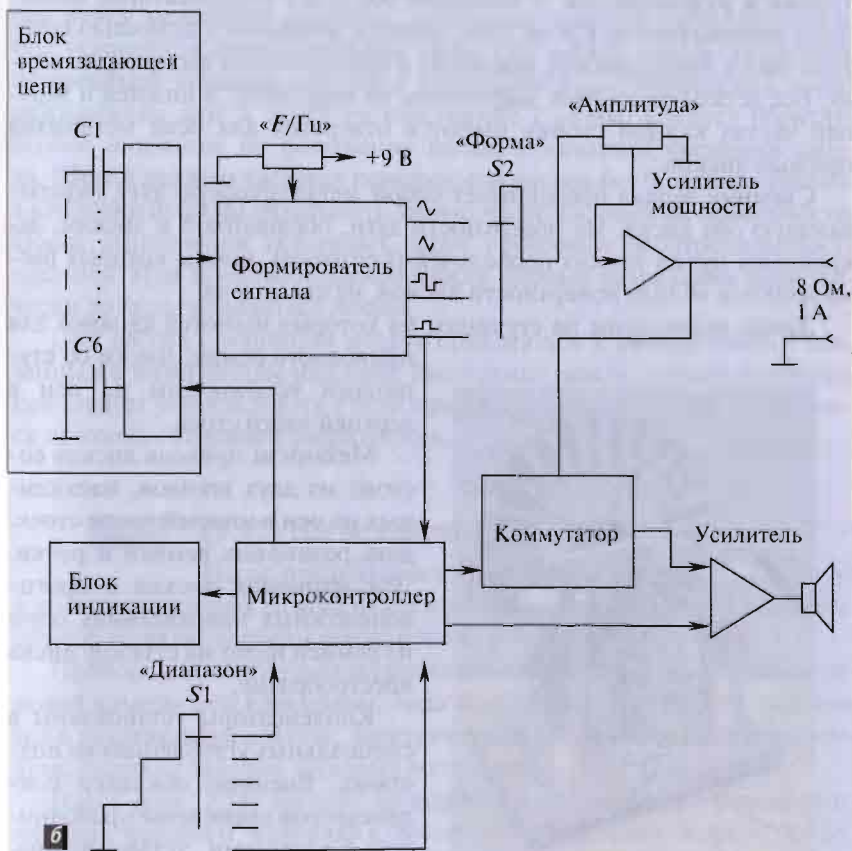


Рис. 2.9

2.6. (3.9) Машина электрофорная

Машина электрофорная (рис. 2.10) предназначена для проведения демонстрационных опытов по электростатике. Она может использоваться в качестве источника разноименных электростатических зарядов, а также источника напряжения при демонстрации явления электростатической индукции и в качестве преобразователя механической энергии в электрическую.

Основными частями машины являются два диэлектрических диска *1* с нанесенными на их поверхность станиоловыми наклейками; два конденсатора *4* в виде лейденских банок; две пары щеток *2*, соединенных между собой попарно проводящими стержнями, и два съемника заряда *3*, которые имеют электрический контакт с конденсаторами и разрядниками *5*. Внешние обкладки конденсаторов соединены перемычкой *6*. Кроме того, имеется механизм, с помощью которого диски приводятся во вращение в противоположных направлениях. Все детали на стойках закреплены на подставке. В нижней и верхней частях каждой стойки имеются отверстия для осей механизма привода дисков.

Съемник заряда представляет собой металлическую дугу, охватывающую оба диска. На поверхности дуги, обращенной к дискам, закреплены пучки тонких проволочек (кисточки), концы которых располагаются вблизи поверхности дисков, не касаясь их.

Диски закреплены на ступицах, на которых имеются канавки для приводного ремня. Диски со ступицами установлены на оси в верхней части стоек.

Механизм привода дисков состоит из двух шкивов, насаженных на оси в нижней части стоек, двух резиновых ремней и ручки. Для вращения дисков в противоположных направлениях один из ремней надет на ступицу диска крестообразно.

Конденсаторы установлены в специальных углублениях на подставке. Внешние обкладки конденсаторов соединены проводником с клеммами, установленными на подставке. Клеммы могут быть соединены между собой с

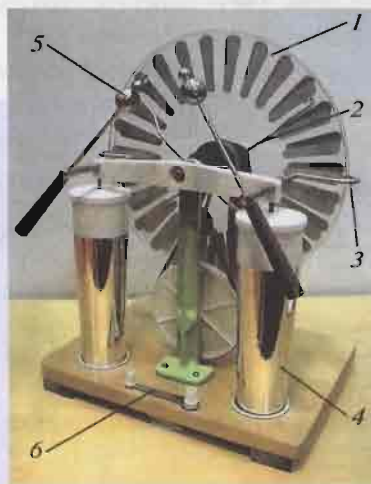


Рис. 2.10

помощью пластинки (перемычки). Внутренняя обкладка каждого конденсатора соединена со своим разрядником и своим съемником заряда.

Технические характеристики прибора

- 1) Максимальная длина искры между разрядниками порядка 50 мм.
- 2) Электрическая емкость каждого конденсатора 500 пФ.
- 3) Диаметр дисков 275 мм. Примерная толщина диска 3—4 мм.
- 4) Габаритные размеры машины не более $365 \times 360 \times 400$ мм; масса не более 3,6 кг.

Принцип действия машины основан на явлении электростатической индукции.

Для подготовки машины к работе необходимо ввинтить в нижнюю ось ручку механизма привода, установить каждый щеткодержатель под углом 45° к горизонтальной балке (90° между собой), соединить перемычкой внешние обкладки конденсаторов и приблизить шары разрядников друг к другу на расстояние 2—5 мм. Следует обратить особое внимание на положение щеток и кисточек съемника заряда. Щетки должны касаться поверхности дисков без большого усилия, а кисточки должны охватывать диски, но не касаться их поверхности. После выполнения указанных работ проверяют работоспособность машины. При вращении дисков между шарами разрядника периодически должны появляться искры.

При работе с машиной нельзя прикасаться к разрядникам и связанным с ними частям машины. Расстояние между шарами разрядников следует устанавливать с помощью изолирующих ручек, имеющихся на концах стержней разрядников.

2.7. (3.11) Насос вакуумный

Насос предназначен для разрежения и сжатия воздуха в замкнутых сосудах разных форм при проведении демонстрационных опытов по разным темам школьного курса физики.

Прибор используют в следующих демонстрациях: раздувание резиновой камеры под колоколом; сила атмосферного давления; падение тел в разреженном воздухе; электрический разряд в разреженном воздухе; распространение звуковых волн и др.

Насос (рис. 2.11) состоит из корпуса прямоугольной формы, цилиндра с поршнем, маховика с рукояткой и подставки. Корпус прибора установлен на подставке и привернут к ней винтами. Внутри корпуса 1 (рис. 2.12, а) жестко закреплен цилиндр 4, к нижней части которого с помощью пружины прижимается подвижное дно 5.



Рис. 2.11

Дно цилиндра одновременно служит клапаном. Поршень 3 насоса приводит в движение кривошипно-шатунным механизмом, соединенным с маховиком 2. На крышке корпуса насоса расположены два ниппеля: всасывающий и нагнетательный. Внутренний объем корпуса насоса заполнен маслом.

При движении поршня вверх открывается боковое отверстие, прорезанное в цилиндре и сообщающееся трубкой с всасывающим ниппелем. При движении поршня вниз (рис. 2.12, б) он закрывает боковое отверстие цилиндра, а сжатый воздух открывает дно цилиндра и через него выталкивается в пространство с маслом, поднимается вверх и поступает в нагнетательный ниппель.

Технические характеристики насоса

- 1) К насосу прилагается гибкий вакуумный шланг длиной 0,5 м.
- 2) С помощью насоса можно создать минимальное разрежение воздуха в замкнутых сосудах до давления 400 Па (3 мм рт. ст.) и максимальное сжатие его до давления 0,4 МПа (4 ат.).
- 3) Габаритные размеры не более $362 \times 290 \times 375$ мм.
- 4) Масса прибора не более 15 кг.

Насос используется для проведения демонстрационных опытов с такими приборами, как трубка Ньютона 3.31, трубка вакуумная 2.12, тарелка вакуумная с вакуумметром и колпаком 2.8 и др.

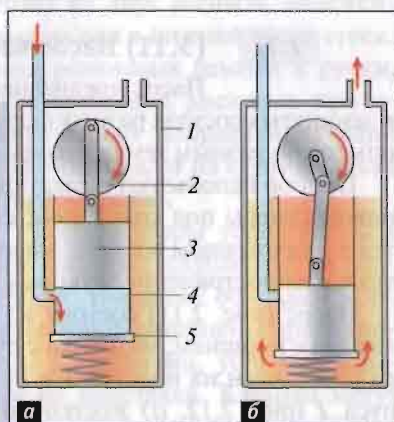


Рис. 2.12

2.8. (3.11) Тарелка вакуумная с вакуумметром и колпаком

Тарелка предназначена для демонстрации опытов в замкнутом объеме с разреженным воздухом.

Прибор используется для проведения следующих демонстраций: раздувание резиновой камеры под колоколом; распространение звуковых волн; устройство и действие барометра-анероида и др.

Прибор (рис. 2.13) состоит из пластмассового диска; колокола из толстостенного прозрачного стекла; резиновой прокладки; вакуумметра и крана с ниппелем. Резиновая прокладка помещается на поверхность диска для обеспечения герметичности колокола.

В центре диска установлен ниппель, который трубкой соединен с вакуумметром и краном. На боковой поверхности диска установлены две приборные клеммы для подводки электрического тока к приборам, находящимся внутри колокола. Для этого на рабочей поверхности диска установлены две клеммы, соединенные проводниками с внешними приборными клеммами.



Рис. 2.13

Технические характеристики прибора

- 1) Диаметр колокола 200 мм; высота 250 мм.
- 2) Габаритные размеры тарелки с колоколом в сборе не более $325 \times 265 \times 290$ мм; масса не более 4 кг.

Перед сборкой экспериментальной установки необходимо проверить работоспособность прибора. Для этого с помощью вакуумного шланга соединяют ниппель крана тарелки с всасывающим ниппелем насоса вакуумного 2.7. При вращении маховика насоса в течение 2—3 мин стрелка вакуумметра должна отклониться от нулевой отметки.

Для проведения демонстрации необходим насос вакуумный 2.7.

2.9. (3.11) Набор вакуумно-компрессорных приборов (Н)

Набор предназначен для разрежения и сжатия воздуха в замкнутых сосудах при проведении демонстрационных опытов по разным темам школьного курса физики.



Рис. 2.14



Этот набор используют в следующих демонстрациях: раздувание резиновой камеры под колоколом; сила атмосферного давления; падение тел в разреженном воздухе; электрический разряд в разреженном воздухе; распространение звуковых волн и др.

Набор выпускается в двух модификациях.

Неполную модификацию набора (рис. 2.14, а) составляют: насос электрический; мановакуумметр; трубка-тройник; два вентиля; четыре штуцера и четыре гибких шланга разного диаметра.

Полную модификацию набора (рис. 2.14, б) составляют: подставка с электрическим насосом, мановакуумметром, трубками, вентилями и штуцерами; колокол вакуумной тарелки с прокладкой; трубка Ньютона со своей специальной подставкой; четыре гибких шланга разного диаметра.

Насос электрический выполнен в металлическом корпусе, снабжен эластичными ножками и двумя ниппелями — всасывающим и нагнетательным.

Технические характеристики электродвигателя насоса

- 1) Напряжение питания 220 В; мощность 180 Вт.
- 2) С помощью насоса можно создать минимальное разрежение воздуха в замкнутых сосудах до давления 6,6 кПа (50 мм рт. ст.) и максимальное сжатие его до давления 0,3 МПа (3 ат.).
- 3) Габаритные размеры насоса не более $270 \times 146 \times 190$ мм; масса не более 9 кг.

Подставка для насоса и тарелки изготовлена из дерева. На ней стационарно закреплены насос и металлические трубки с мановакуумметром, вентилями и штуцерами. На крышке подставки размещены

нипель тарелки и эластичная прокладка для ее колокола. Габаритные размеры подставки без колокола тарелки не более $300 \times 250 \times 250$ мм, масса подставки с насосом, мановакуумметром и металлическими трубками, вентилями, штуцерами не более 11 кг.

Мановакуумметр, входящий в состав комплекта, выполнен в круглой оправе и снабжен стрелочным указателем. Интервал измерения давления мановакуумметром от -1 ат. до 3 ат., цена деления шкалы 0,05 ат.

Трубка Ньютона изготовлена из прозрачного органического стекла и закрыта с двух концов резиновыми пробками. На одной пробке жестко закреплен металлический кран с ниппелем. К трубке прилагается специальная деревянная подставка. Длина стеклянной трубки 1 м, внутренний диаметр 54 мм, толщина стекла 3 мм.

2.10. (3.12) Насос воздушный ручной

Насос предназначен для разрежения и сжатия воздуха в замкнутых сосудах разных форм при проведении демонстрационных опытов по разным темам школьного курса физики, например таких, как устройство и действие ручного насоса, сила атмосферного давления, устройство и действие барометра-анероида и манометров.

Насос (рис. 2.15) состоит из металлического цилиндра; двух патрубков с ниппелями; поршня со штоком и ручкой. К насосу прилагается гибкий шланг для соединения его с одним или другим ниппелем патрубка.

Внутри каждого патрубка помещен резиновый клапан в виде трубочки с закрытым концом. На одной стороне трубочки прорезана сквозная тонкая щель. Такой клапан может пропускать воздух только в одном направлении, когда трубочка расширяется и стенки щели отодвигаются. Поэтому клапан, установленный открытым концом к внутренней полости насоса, может пропускать воздух только из цилиндра наружу, а клапан, установленный отверстием наружу, может пропускать воздух только снаружи в цилиндр насоса. В зависимости



Рис. 2.15

от проводимого опыта гибкий шланг соединяют с соответствующим ниппелем патрубка.

Поршень насоса состоит из двух кожаных манжет, обращенных изогнутыми краями в противоположные стороны. Манжеты уложены вместе и через металлические шайбы привернуты гайкой к одному концу штока насоса. К другому концу штока гайкой привернута деревянная ручка. При движении поршня вниз происходит нагнетание воздуха, при движении вверх — всасывание.

Технические характеристики прибора

- 1) С помощью насоса можно создать минимальное разрежение воздуха до давления 0,01 МПа (75 мм рт. ст.) и максимальное давление до 0,4 МПа (4 ат.).
- 2) Габаритные размеры насоса не более $330 \times 120 \times 30$ мм; масса не более 0,4 кг.

2.11. (3.1) Воздуходувка (Н)

Прибор предназначен для создания воздушных потоков при проведении демонстрационных опытов по механике.

В комплект прибора входят воздуходувка, пульт управления и воздуховод.

Воздуходувка имеет круглый пластмассовый корпус цилиндрической формы, снабженный подставкой и ручкой. Внутри корпуса размещен электродвигатель.

Пульт управления предназначен для включения электродвигателя и регулирования частоты вращения его вала. Он выполнен в пластмассовой коробке, внутри которой размещена монтажная плата с элементами электрической схемы. На крышке коробки расположены: предохранитель; индикатор включения сети (верхняя часть светодиода).



Рис. 2.16

ода); гнезда для подключения вилки электродвигателя и ручка регулятора частоты вращения вала электродвигателя, закрепленная на оси переменного резистора и совмещенная с выключателем сети.

На рисунке 2.16 показана воздуходувка с воздуховодом. Пульт управления представлен на рисунке 3.9, б, помещенном в описании комплекта «Вращение» 3.5.

Технические характеристики воздуходувки

- 1) Напряжение питания 220 В; потребляемая мощность не более 0,16 кВт.
- 2) Максимальное давление, создаваемое прибором, не менее 3 кПа.
- 3) Время непрерывной работы прибора в режиме максимальной частоты вращения вала электродвигателя не более 30 мин.
- 4) Общая масса прибора не более 4 кг.

Воздуходувка используется с прибором для демонстрации законов механики на воздушной подушке 3.4 и с комплектами оборудования по аэродинамике 3.7 и гидродинамике 3.8.

2.12. (3.20) Трубка вакуумная

Прибор предназначен для демонстрации физических явлений, протекающих в разреженной воздушной среде.

Используется в демонстрациях: влияние воздушной среды на движение тел под действием силы тяжести; действие атмосферного давления; фонтан в разреженном воздухе; охлаждение газа при его адиабатном расширении; кипение воды при пониженном давлении; влияние плотности воздуха на распространение в нем звука; действие вязкого трения; влияние плотности среды на распространение звука; измерение длины звуковой волны методом акустического резонанса и др.

Основной частью прибора (рис. 2.17) является прозрачная толстостенная пластмассовая трубка, на концах которой закреплены металлические хомуты. Оба отверстия трубы закрыты резиновыми пробками. Одна из пробок имеет сквозное отверстие, в которое вставлен ниппель, связывающий внутреннюю полость трубки с внешней сре-



Рис. 2.17

дой. На ниппель надет резиновый патрубок с краном на конце. Внутри трубки находятся: птичье перо, кусочек тонкой ткани и гайка.

Технические характеристики прибора

- 1) Длина трубки $80,0 \pm 0,5$ (см).
- 2) Внешний диаметр трубки $60,0 \pm 0,1$ (мм); внутренний диаметр трубки $50,0 \pm 0,1$ (мм).
- 3) Предельно допустимое внутреннее давление не более 500 ± 10 (кПа).
- 4) Предельно допустимая температура нагрева не более 80 ± 1 ($^{\circ}\text{C}$).
- 5) Масса прибора в сборе $2,0 \pm 0,1$ (кг).

Для получения внутри трубки разреженной воздушной среды используется либо набор вакуумно-компрессорных приборов 2.9, либо насос вакуумный 2.7.

2.13. (3.18) Столики подъемные

Столики (рис. 2.18) предназначены для размещения на них отдельных приборов или частей демонстрационных установок с целью улучшения условий их наблюдения.

Столики различаются по способу изменения высоты, грузоподъемностью, а также формой и размерами.



Рис. 2.18



У столика, представленного на рисунке 2.18, *а*, изменение высоты обеспечивается за счет двух металлических стоек — подвижной и неподвижной.

Подвижная стойка представляет собой стержень круглого сечения с продольным пазом почти по всей длине и с резьбой на одном конце. Такая же резьба нарезана в центре платформы.

Неподвижная стойка изготовлена из трубы круглого сечения, внутренний диаметр которой согласован с наружным диаметром подвижной стойки так, чтобы одна свободно входила в другую. В верхней части неподвижного стержня имеется винт для крепления подвижной стойки на необходимой высоте.

Горизонтальное положение поверхности столика можно отрегулировать с помощью винта, расположенного на одной ножке подставки.

К столику прилагается накладная дополнительная платформа из пластика с кольцевыми ребрами. Она позволяет легко поворачивать предметы, расположенные на столике, и защищает рабочую поверхность основной платформы от механических повреждений.

Технические характеристики столика (см. рис. 2.18, *а*)

- 1) Диаметр столика 190 мм; высота подъема может регулироваться от 284 до 434 мм.
- 2) Грузоподъемность столика 10 кг.
- 3) Габаритные размеры столика в упаковке не более $225 \times 230 \times 70$ мм; масса не более 1,4 кг.

Столики, представленные на рисунке 2.18, *б*, имеют механизм — пантограф, обеспечивающий непрерывное изменение высоты подъема при вращении специального винта.

Технические характеристики столиков (см. рис. 2.18, *б*)

- 1) Рабочие поверхности выполнены из химически стойкого материала и имеют размеры 100×140 мм, 200×200 мм, 250×250 мм.
- 2) Максимальная высота подъема рабочей поверхности 240 мм.
- 3) Грузоподъемность столиков не более 15 кг.

2.14. Набор гирь

Набор предназначен для использования в качестве мер массы и силы в ряде демонстрационных опытов по механике, таких, как: наблюдение деформации; сила тяжести; сила упругости; давление твердого тела на опору; проявление инерции; сила трения и др.

Набор состоит из четырех чугунных гирь цилиндрической формы массой 1 кг, 2 кг, 2 кг и 5 кг. В верхней части каждой гири закреплен

Рис. 2.19



крючок, а в дне имеется выемка с перемычкой (рис. 2.19). Крючки изогнуты так, чтобы гири можно было вешать одну на другую.

Общая масса набора гири $10,00 \pm 0,04$ (кг).

По высоте и диаметру гири разной массы отличаются друг от друга. Размеры гирь приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Масса гирь, кг	1	2	5
Высота с крючком не более, мм	116	136	168
Диаметр не более, мм	52	65	86

2.15. (3.3) Груз наборный на 1 кг

Груз наборный предназначен для использования его в качестве меры массы при проведении демонстрационных опытов, таких, как: сила тяжести; сила упругости; зависимость деформации от силы; сложение сил, действующих на тело по одной прямой; сила трения; проявление инерции; применение правила моментов; пружинный маятник и др.



Рис. 2.20

Этот груз состоит из шести дисков одинакового диаметра и одного общего стержня (рис. 2.20).

В центре нижнего (опорного) диска укреплен круглый стержень с крючком. Крючок плоский, его толщина меньше диаметра стержня. На стержень легко надеваются остальные пять дисков, имеющие в центре круглое отверстие диаметром, превышающим диаметр стержня, и радиальные вырезы, размером превышающие толщину крючка.

Технические характеристики прибора

- 1) Массы дисков, составляющих груз наборный: один диск с крючком массой 50 г и пять съемных дисков массами: 50 г (1 шт.), 100 г (2 шт.), 200 г (1 шт.), 500 г (1 шт.).
- 2) Габаритные размеры груза наборного в сборе: диаметр 67 мм, высота 165 мм.

2.16. (3.21) Штативы физические

Штативы предназначены для установки и крепления приборов и приспособлений на различной высоте и под разными углами при проведении демонстрационных опытов по разным темам курса физики.

1) Штатив со струбцинами для крепления подставок к крышке стола. В комплект штатива (рис. 2.21) входят следующие детали: подставка (2 шт.); две стальные длинные стойки (с наружной резьбой на одном конце у одной и внутренней — у другой); стойка короткая (1 шт.); стальной стержень с изолирующим наконечником (2 шт.); муфта крестообразная для крепления лапки, стоек и стержней (2 шт.); муфта с шаровой опорой для крепления различных деталей (1 шт.); муфта с шаровой опорой и лапкой для крепления различных стеклянных сосудов (1 шт.); лапка с винтовым зажимом (1 шт.); кольцо на стержне (1 шт.); малая муфта с зажимным винтом и крючком для подвешивания различных деталей (4 шт.); струбцина для крепления подставок к крышке стола (1 шт.).

Каждая подставка штатива в виде треноги изготовлена из чугуна. В центре подставки имеется выступ с отверстием и зажимным винтом для вертикальной установки стойки и ее крепления.



Рис. 2.21

Резьбовые части стоек позволяют соединить их между собой и составить как длинную вертикальную стойку, так и горизонтальную штангу.

Муфта с шаровой опорой позволяет закрепить различные приборы и детали под разными углами к стойке штатива. Муфты крестообразные предназначены для крепления стержней на стойке штатива во взаимно перпендикулярных положениях.

Стальные стержни с изолирующими наконечниками используются при проведении опытов по электростатике и электродинамике.

Технические характеристики прибора

- 1) Длина стоек с резьбой 750 мм; длина короткой стойки 300 мм.
- 2) Диаметр стержней штатива 12 мм; диаметр отверстий подставок 14 мм.
- 3) Габаритные размеры штатива не более $315 \times 220 \times 1150$ мм.
- 4) Общая масса штатива с принадлежностями не более 8 кг.

2) Универсальный набор штативов

а) Штатив демонстрационный предназначен для сборки учебных экспериментальных установок на демонстрационном столе кабинета физики. Он обеспечивает закрепление на различной высоте и под разными углами предметов, приспособлений и устройств, необходимых для проведения того или иного опыта. Штатив является базовым для всего универсального набора.

В состав комплекта штатива (рис. 2.22) входят следующие элементы: опора с регулируемыми ножками (1 шт.); стержень большой с



Рис. 2.22

резьбовым наконечником (1 шт.); стержень малый с резьбовым отверстием (1 шт.); стержень изолирующий (2 шт.); муфта крепежная (4 шт.); лапка зажимающая: с тремя захватами (1 шт.), с четырьмя захватами (1 шт.), с цепным захватом (1 шт.); муфта с крючком (2 шт.); кольцо со стержнем (1 шт.).

Конструкция штатива предусматривает возможность жесткого соединения двух оснований с помощью горизонтального стержня. Регулировка вертикального расположения стойки штатива осуществляется вращением головок

винтов на опорах основания. Увеличение высоты экспериментальной установки достигается путем соединения стержней, выполняющих функцию стойки, с помощью соединительных муфт. Для подвеса грузов большой массы собирают П-образную конструкцию с использованием двух штативов.

Для крепления предметов неправильной формы или сосудов диаметром до 200 мм используют лапку с цепным зажимом. Используя резиновые упоры в качестве ограничителя, устанавливают предмет в лапку и, охватив его цепью по периметру, закрепляют соответствующее звено цепи на крюке лапки. Вращением гайки регулируют силу закрепления предмета цепью.

Муфту с крючком используют для сборки установок, требующих применения нитяных подвесов.

Габаритные размеры штатива: длина большого стержня 600 мм; длина малого стержня 400 мм; размеры опоры $60 \times 260 \times 90$ мм.

б) Рамный комплект предназначен для сборки рамных конструкций на основе штатива демонстрационного **2.16 (2а)**. Он обеспечивает монтаж и закрепление на различной высоте и под разными углами громоздких и тяжелых предметов; приспособлений и устройств, необходимых для проведения опытов, в которых требуется повышенная устойчивость экспериментальной установки.

В состав комплекта входят: опора с регулируемыми ножками (1 шт.); стержень большой с резьбовым наконечником (1 шт.); стержень малый с резьбовым отверстием (1 шт.); муфта крепежная усиленная (2 шт.); муфта крепежная универсальная (2 шт.); лапка зажимающая: с тремя захватами (1 шт.), с четырьмя захватами (1 шт.); держатель бюреток (1 шт.).

Габаритные размеры комплекта: длина большого стержня 600 мм; длина малого стержня 400 мм; размеры опоры $260 \times 260 \times 90$ мм.

При сборке комплекта основание устанавливают на ровную горизонтальную поверхность. Дополнительную регулировку горизонтали осуществляют вращением головок опор. Используя винты, закрепляют в основании вертикальный и горизонтальный стержни. Свободный конец горизонтального стержня соединяют с основанием штатива демонстрационного. Затем устанавливают на вер-

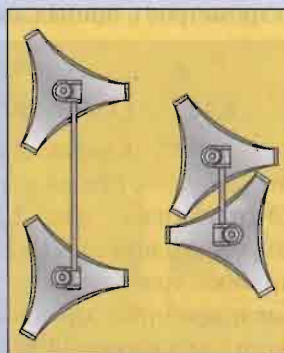


Рис. 2.23

тикальные стержни усиленные крепежные муфты и соединяют их дополнительным горизонтальным стержнем (рис. 2.23).

Получившаяся рамная конструкция обладает повышенной устойчивостью к опрокидыванию. При необходимости горизонтально могут устанавливаться пары больших или малых стержней. Таким образом можно регулировать расстояние между опорами рамы.

Для установки верхней перекладины П-образной рамы в плоскости, образованной вертикальными стержнями, используют муфты крепежные универсальные. Они же служат для установки лапок параллельно или перпендикулярно стержням.

Входящие в рамный комплект лапки и держатель бюреток могут использоваться вместе с аналогичными элементами и крепежными муфтами штатива демонстрационного.

в) Штатив изолирующий предназначен для сборки экспериментальных установок при изучении электростатики и электродинамики и состоит из двух стержней длиной 230 мм с изолирующими наконечниками (см. рис. 2.21). Он обеспечивает изолированное закрепление токопроводящих деталей демонстрационных установок.

При сборке экспериментальных установок стержни устанавливают в муфту штатива демонстрационного **2.16 (2а)**. Для установки стержней в вертикальной плоскости они могут быть закреплены непосредственно в крепежном узле основания штатива.

Каждый изолирующий наконечник имеет две группы попарно соединенных клемм. Одну из клемм обычно используют для подключения к источнику питания, другую — для крепления элемента экспериментальной установки.

К одной из групп клемм подсоединена втулка, обеспечивающая установку электродов, имеющих форму конуса, и шара из комплекта электрометров с принадлежностями **5.3**.

2.17. (3.7) Комплект посуды и принадлежностей к ней

Комплект используется для проведения демонстрационных опытов с газами и жидкостями на уроках физики.

Этот комплект (рис. 2.24) составляют: колба коническая КК-250; колба плоскодонная КП-250; стакан с носиком ВН-100; воронка В-75; спиртовка; ерш для мытья посуды (2 шт.); пробка резиновая для колб (2 шт.); пробирка химическая ПХ-14 (10 шт.); зажим пробирочный; штатив пластмассовый для 10 пробирок.

Габаритные размеры комплекта в упаковке не более $330 \times 250 \times 130$ мм; масса не более 4 кг.

Рис. 2.24



Некоторые предметы комплекта могут использоваться при проведении фронтальных лабораторных работ и практикума (например, стакан ВН-100). В таком случае приобретается несколько комплектов посуды или заказывается комплект с увеличенным числом отдельных предметов.

2.18. Зажимы

Зажимы предназначены для частичного или полного перекрытия каналов гибких трубок при проведении демонстрационных опытов по разным темам курса физики.

1) **Пружинный зажим** (рис. 2.25, а) изготовлен из целого куска полоски специальной стали. При нажатии на параллельно расположенные ручки зажима поверхности его средних (рабочих) частей раздвигаются. Если поместить трубку между этими поверхностями и от-



Рис. 2.25

пустить ручки, то под действием пружины канал трубки закроется и зажим удержится на ней.

Технические характеристики

- 1) Длина средней части пружинного зажима 22 мм.
- 2) Зажим обеспечивает перекрытие каналов резиновых трубок малой или средней твердости с внутренним диаметром не более 8 мм и толщиной стенки не более 1,3 мм.
- 3) Габаритные размеры пружинного зажима $70 \times 40 \times 10$ мм; масса не более 0,02 кг.

2) Винтовой зажим (рис. 2.25, б) состоит из стального корпуса с неподвижной пластиной; винта с диском (гайкой) и подвижной пластиной. Один конец винта шарнирно связан с подвижной пластиной, а другой конец продет через диск и вместе с ними установлен на корпусе зажима.

Преимуществом винтового зажима перед пружинным является возможность работы с трубками с большим наружным диаметром и большей толщиной стенки, регулирование и фиксирование площади поперечного сечения канала трубки.

Технические характеристики

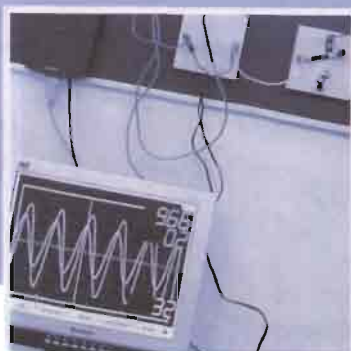
- 1) Максимальное расстояние между пластинами не менее 12 мм.
- 2) Зажим обеспечивает перекрытие каналов резиновых трубок с внутренним диаметром не более 8 мм и толщиной стенки не более 2,3 мм.
- 3) Габаритные размеры винтового зажима не более $50 \times 17 \times 37$ мм; масса не более 0,04 кг.

2.19. Набор классных инструментов

Набор предназначен для вычерчивания схем, графиков и рисунков на классной доске, а также для измерения различных расстояний и углов при проведении демонстрационных опытов.

В состав набора (рис. 2.26) входят пять деревянных инструментов: линейка измерительная со шкалой от 0 до 100 см и ценой деления 0,5 см; транспортир с масштабной линейкой со шкалами: от 0 до 180° с ценой деления 1° и от 0 до 40 см с ценой деления 1 см; прямоугольный равнобедренный треугольник с углами 45° ; прямоугольный треугольник с углами 30° и 60° , одной шкалой от 0 до 40 см с ценой деления 0,5 см; циркуль длиной 50 см.

Инструменты удерживаются на поверхности панели с помощью закрепленных на ней крючков.



ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС КАБИНЕТА ФИЗИКИ

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКТЫ

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
2.20	4.1.11	Компьютерная измерительная система с датчиками 1) Компьютерный измерительный блок 2) Датчики для измерения физических величин: датчик момента времени датчик угловой скорости датчик угла поворота датчик температуры 0—100 °С датчик температуры 0—1000 °С датчик давления датчик влажности воздуха датчик проводимости датчик индукции постоянного магнитного поля датчик освещенности 3) Приставка-осциллограф к компьютерному измерительному блоку	174
2.21		Комбинированная цифровая система измерений и ее компьютеризированная модификация 1) Комбинированная цифровая система измерений (КЦИ-3) 2) Компьютеризированная модификация комбинированной цифровой системы измерений (КЦИ-3К)	179

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
Механика			
2.22	4.1.2	Барометр-анероид (БР-52)	183
2.23	4.1.6	Динамометры (пара) с принадлежностями	184
2.24	4.1.10	Комплект учебных ареометров	185
2.25	4.1.12	Манометры жидкостные демонстрационные	186
2.26	4.1.15	Метроном многофункциональный электронный	188
2.27	4.1.20	Стробоскоп	188
2.28	4.1.21	Секундомер цифровой	189
2.29	4.1.14	Метр демонстрационный	190
Молекулярная физика и термодинамика			
2.30	4.1.13	Манометр металлический	191
2.31	4.1.19	Психрометр	191
2.32	4.1.23	Термометр демонстрационный жидкостный	192
Электродинамика			
2.33	4.1.1; 4.1.4	Амперметр и вольтметр с гальванометрами (Н)	193
2.34		Амперметр (А4301), вольтметр (В4301) и мультиметр (М4301) цифровые	194
2.35	4.4.4	Комплект цифровых измерителей силы тока и напряжения	198
2.36	3.14	Приставка к телевизору осциллографическая	200

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКТЫ

2.20. (4.1.11) Компьютерная измерительная система с датчиками

Компьютерная измерительная система с датчиками предназначена для сбора и отображения информации, получаемой с помощью датчиков о том или ином физическом процессе, а также для осуществления элементов управления экспериментальной установкой. Она включает в себя измерительный блок, набор датчиков для измерения физических величин и программное обеспечение.



Рис. 2.27

1) *Компьютерный измерительный блок* (рис. 2.27) преобразует сигнал, поступающий от датчиков, в цифровой код, который далее обрабатывается в компьютере. Измерительный блок имеет два независимых канала регистрации данных и один канал управления внешним устройством (например, электромагнитом).

Технические характеристики измерительного блока

- 1) Диапазон измеряемых напряжений: от -10 В до 10 В с точностью 5 мВ (измерение сигналов, выходящих за указанные рамки или требующих больших чувствительностей, осуществляется с помощью делителей напряжения и усилителей).
- 2) Диапазон частот регистрируемых сигналов: от 0 (постоянное напряжение) до 2 кГц .
- 3) Измерение интервалов времени с точностью до $0,0002\text{ с}$ ($2 \cdot 10^{-4}\text{ с}$).
- 4) Измерение частоты следования импульсов в диапазоне $5\text{ Гц} - 5\text{ кГц}$.

Описание режимов регистрации данных и представления результатов компьютерной измерительной системы дается при рассмотрении демонстрационных экспериментов.

2) *Датчики для измерения физических величин.* Применение компьютерной измерительной системы при проведении демонстрационных экспериментов потребовало разработки комплекта датчиков физических величин, краткое описание которых представлено ниже.

Датчик момента времени (рис. 2.28) предназначен для регистрации параметров движения различных объектов. Датчик использует оптоэлектрический принцип, т.е. состояние датчика (амплитуда выходного сигнала) меняется при перекрытии его оптической оси непрозрачным телом. Светодиод и фотодиод, составляющие основу датчика, устанавливаются в П-образном корпусном элементе с магнитами, что позволяет легко закреплять датчик как на горизонтальной, так и на вертикальной металлических поверхностях, например на классной доске.



Рис. 2.28

Датчик угловой скорости (рис. 2.29) предназначен для измерения частоты вращения в диапазоне 20 — 1000 об/мин ($0,05 — 2,5 \text{ с}^{-1}$) с погрешностью, не превышающей 5%. Датчик имеет ось со шкивом, укрепленную на подшипниках в металлическом корпусе. В большинстве экспериментов эта ось является осью вращения установки. Принцип действия датчика угловой скорости такой же, как и у датчика момента времени: в зазоре оптопары (оптические ворота) вращается диск, разбитый на прозрачные и непрозрачные сектора. Корпус датчика имеет отверстия для установки его на штативе как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости.



Рис. 2.29



Рис. 2.30

Датчик угла поворота (рис. 2.30) служит для измерения углов в диапазоне от 0 до 2900° (8 полных оборотов) с погрешностью 1° . Датчик выполнен на базе многооборотного резистивного преобразователя (потенциометра), установленного в металлическом корпусе. На валу резистивного преобразователя закреплена втулка для соединения датчика с элементом установки, совершающим вращательное или колеба-



Рис. 2.31



тельное движение. Корпус датчика имеет отверстия для установки его на штативе как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости.

Датчик температуры $0\text{--}100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 2.31, а) представляет собой тонкую трубку из нержавеющей стали (щуп) с чувствительным элементом (терморезистором) на конце. Измерения проводятся в диапазоне от 0 до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Погрешность составляет не более 1% . Особенностью датчика является его малая инерционность (время отклика не более $0,1\text{ с}$), что позволяет регистрировать быстрые процессы, например пульсации температуры при перемешивании жидкости.

Датчик температуры $0\text{--}1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 2.31, б) предназначен для измерения температуры расплавов и пламени. Он состоит из отрезка термопарной проволоки с чувствительным спаем. В качестве материалов для термопары используются хромель и конпель. Диапазон измерений от 0 до $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, погрешность — не более 1% , время отклика — не более $0,1\text{ с}$.

Датчик давления (рис. 2.32) используется для измерения давления неагрессивных газообразных сред. Датчик выполнен на основе тензометрического чувствительного элемента. Рабочий диапазон $0\text{--}200\text{ кПа}$ (абсолютное давление). Погрешность измерений составляет 1% при температуре от -40 до $85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Постоянная времени датчика — не более $0,1\text{ с}$, что позволяет регистрировать давление в переходных

процессах, например в случае адиабатного расширения газа. Конструктивно датчик представляет собой отдельный блок, подключаемый к измерительному блоку с помощью кабеля.

Датчик влажности воздуха (рис. 2.33) рассчитан на измерение относительной влажности в пределах от 10 до 98% с погрешностью, не превышающей 5%. Датчик имеет чувствительный элемент, представляющий собой плоский конденсатор, у которого в качестве диэлектрика используется тонкий слой полимера. Изменение относительной влажности воздуха приводит к изменению диэлектрической проницаемости полимера и, как следствие, к изменению емкости конденсатора. Датчик работает в диапазоне температур от -10°C до 60°C и имеет время отклика 10 с.

Датчик проводимости (рис. 2.34) предназначен для измерения удельной электрической проводимости различных водных растворов. Датчик проводимости (кондуктометр) состоит из измерительного щупа, погружаемого в анализируемый раствор, и согласующего устройства, выполненного в виде малогабаритного выносного блока. Действие датчика основано на измерении сопротивления среды между электродами при пропускании переменного тока частотой 1 кГц. Диапазон измерений от 5 мкСм/см до 10 мСм/см, погрешность — 5%. Допустимая температура исследуемого раствора $10-50^{\circ}\text{C}$.

Датчик индукции постоянного магнитного поля (рис. 2.35) предназначен для измерения индукции магнитного поля в диапазоне от -200 мТл



Рис. 2.32



Рис. 2.33



Рис. 2.34

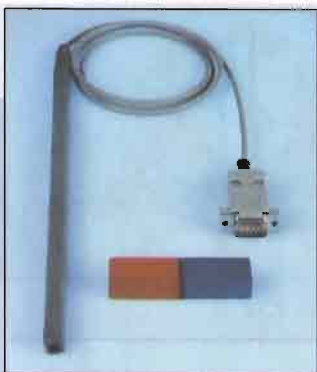


Рис. 2.35



Рис. 2.36

до 200 мТл с погрешностью, не превышающей 2%. Действие датчика основано на эффекте Холла. Датчик работает при температуре от 10°C до 40°C .

Датчик освещенности (рис. 2.36) предназначен для измерения освещенности. Он выполнен на основе полупроводникового фотоэлемента, ЭДС которого зависит от величины падающего на него светового потока. Датчик работает в диапазоне температур от -10°C до 60°C .

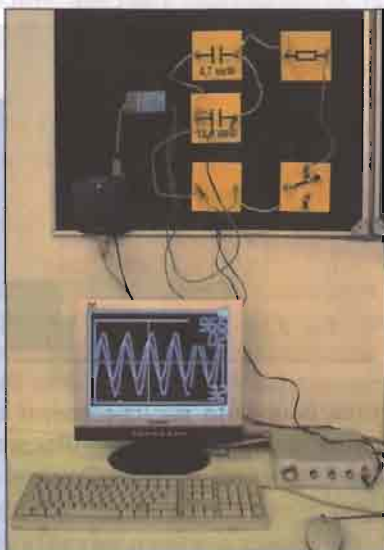


Рис. 2.37

3) Приставка-осциллограф к компьютерному измерительному блоку предназначена для обеспечения одновременной регистрации двух сигналов-напряжений на произвольных элементах электрической цепи с помощью компьютерного измерительного блока. Работа приставки-осциллографа поддерживается специальным программным блоком, превращающим экран компьютера в экран двухканального цифрового запоминающего осциллографа. Приставка-осциллограф имеет два входных кабеля

и два переключателя коэффициента деления «1:1» / «1:10» (по одному на каждый канал).

Персональный компьютер, работающий на базе приставки-осциллографа и соответствующего программного обеспечения, становится компьютерным осциллографом и позволяет одновременно представлять на экране два электрических сигнала. Это дает возможность показать не только опыты, относящиеся к переменному току и другим периодическим процессам неограниченной продолжительности, но и продемонстрировать однократные и импульсные процессы (зарядка конденсатора, возникновение ЭДС индукции и самоиндукции), осциллографическое наблюдение которых на уроке ранее было невозможно. На рисунке 2.37 представлены приставка-осциллограф и осциллограмма, полученная при демонстрации с комплектом «Электричество-3» (описание комплекта приведено в разделе 5).

2.21. Комбинированная цифровая система измерений и ее компьютеризированная модификация

1) *Комбинированная цифровая система измерений КЦСИ-3* (рис. 2.38) состоит из универсального цифрового прибора (ПКЦ); набора датчиков физических величин; аналоговых и цифровых преобразователей; дополнительных компонент и изделий, обеспечивающих ее функционирование. Система обеспечивает измерение физических величин по механике, молекулярной физике и термодинамике, электродинамике и квантовой физике. На базе КЦСИ-3



Рис. 2.38

построены комплекты по механике 3.2, молекулярной физике и термодинамике 4.2, электродинамике 5.2 и квантовой физике 6.3.

КЦСИ-3 имеет программное обеспечение для согласования с компьютером. Принципиальная особенность этой системы — возможность одновременного и независимого измерения и индикации взаимосвязанной системы параметров: например, силы тока и напряжения; массы и силы; силы и ускорения; давления и температуры и др.

КЦСИ-3 без применения набора измерительных преобразователей измеряет постоянное напряжение и силу постоянного тока. С использованием набора измерительных преобразователей КЦСИ-3 измеряют: температуру и давление, электрическую емкость, сопротивление, время, скорость и ускорение, силу, переменные напряжение и силу тока.

Технические характеристики ПКЦ

- 1) Напряжение питания 220 ± 22 (В).
- 2) Потребляемая мощность не более 10 Вт.
- 3) Габаритные размеры не более $297 \times 150 \times 60$ мм.
- 4) Масса прибора не более 1,6 кг.
- 5) Погрешность измерения не более 2 единиц младшего разряда.
- 6) Индикация измеряемого параметра 3 десятичных разряда.

Параметры, измеряемые с использованием КЦСИ-3, представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3

Наименование	Измерительный преобразователь	Пределы измерения	Разрешение
Постоянное напряжение, В	—	—120—120	
Сила постоянного тока, А	—	—5—5	
Температура, °С	ТД-1	—40—125	0,1
Давление, кПа		—100—100	0,1
Влажность, %		60—100	
Электрическая емкость, пФ	ИЕ-1 (С — метр)	0—2000	1

Наименование	Измерительный преобразователь	Пределы измерения	Разрешение
Электрическое сопротивление	ИС-1 (R-метр)	Диапазоны с автоматическим выбором: 120 Ом 1,2 кОм 12 кОм 120 кОм	Погрешность 1% от измеряемого параметра
Время, с	Оптические ворота	до 99,9	
Скорость, м/с		0,05—3,00	
Ускорение, м/с ²		0,05—10,0	
Сила, Н	ДМ-1	до 1,20	0,01
Масса, г		до 120	0,05
Переменное напряжение, В	ПТ-1	до 25	
Сила переменного тока, А		до 1	
Милливольтметр (гальванометр)	ИПГ		2 мВ/дел

ПКЦ является самостоятельным блоком и может устанавливаться на лабораторный штатив. Блок питания прибора подключается к нему через специальный разъем, расположенный на задней стенке прибора. Все устройства (преобразователи физических величин — датчики, оптические ворота и т. д.) также подключаются через разъемы на задней стенке прибора.

Прибор имеет встроенный термодатчик (электронный термометр), предназначенный, главным образом, для измерения температуры окружающего воздуха и вынесенный на кабеле за пределы корпуса прибора во избежание их нагревания. Этот термодатчик возможно использовать также для измерения температуры неагрессивных жидкостей при отсутствии внешних дополнительных измерителей температуры.

На лицевой панели ПКЦ имеются три светодиодных индикатора: левый и правый — цифровые, трехзначные, для вывода цифровой и символьной информации, и верхний шкальный для вывода инфор-

мации в аналоговой форме. Между цифровыми индикаторами находятся восемь светодиодов индикатора текущих единиц измерений. Ниже расположены: окно фотоприемника (для управления прибором с помощью пульта дистанционного управления — ПДУ), дополнительные индикаторы режимов работы и кнопки управления. Еще ниже расположены входные гнезда вольтметра (слева) и амперметра (справа).

Символы единиц измерений можно менять в зависимости от демонстрации и типов измеряемых величин. Для этого служат специальные таблички на магнитной основе, крепящиеся между индикаторами единиц измерений в середине лицевой панели.

Прибором можно управлять как с помощью ПДУ, так и кнопками на лицевой панели. С их помощью доступны только самые основные функции прибора. Максимальное расстояние между ПДУ и ПКЦ не более 3 м. Конструкция прибора предусматривает десять режимов работы, задаваемых с ПДУ. В режиме «Механика» предусмотрены отдельные команды, подаваемые с ПДУ, так как в этом режиме КЦСИ-3 самостоятельно управляет ходом демонстрации (это касается в основном работы прибора совместно с прибором на воздушной подушке).

2) *Компьютеризированная модификация комбинированной цифровой системы измерений (КЦСИ-3К)* отличается от КЦСИ-3 наличием встроенного порта и кабеля для подключения персонального компьютера и соответствующего программного обеспечения, что позволяет в реальном масштабе времени представить результаты демонстраций в виде графиков и таблиц, автоматизировать процесс измерений, записать результаты в память компьютера.

На рисунке 2.39 показан процесс зарядки и разрядки конденсатора с использованием КЦСИ-3К.

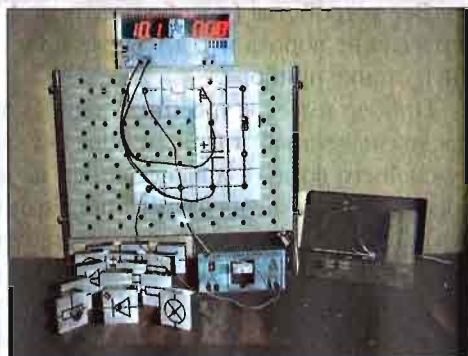


Рис. 2.39

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

МЕХАНИКА

2.22. (4.1.2) Барометр-анероид (БР-52)

Барометр-анероид (рис. 2.40, а) предназначен для измерения атмосферного давления, наблюдения за изменениями атмосферного давления.

Основными элементами измерительного механизма барометра (рис. 2.40, б) являются две анероидные коробки и плоская пружина; имеет фиксирующую и указывающую стрелки.

Конструкция барометра предусматривает его эксплуатацию в вертикальном положении.

Из-за несоблюдения условий хранения, эксплуатации или транспортирования возможно принудительное смещение указывающей стрелки, приводящее к увеличению погрешности барометра. В этом случае для восстановления нормальной работы барометра допускается осторожным поворотом винта, видимого через круглое отверстие в верхней части корпуса, установить стрелку на отметку шкалы, соответствующую атмосферному давлению.

Технические характеристики барометра-анероида

- 1) Диапазон измеряемого давления от 96 000 до 104 000 Па или от 720 до 780 мм рт. ст.
- 2) Цена деления шкалы 100 Па или 1 мм рт. ст.
- 3) Погрешность измерения: в пределах 730—770 мм рт. ст. — 3 мм рт. ст., при других показаниях — 5 мм. рт. ст.

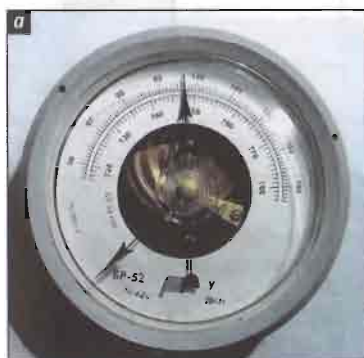


Рис. 2.40



2.23. (4.1.6) Динамометры (пара) с принадлежностями

Динамометры предназначены для измерения силы при проведении демонстрационных опытов по механике.

Динамометры используются в следующих демонстрациях: устройство и действие пружинного динамометра; сложение сил, действующих на тело по одной прямой; изменение веса тела при равноускоренном движении; трение покоя и скольжения; наблюдение малых деформаций; гармонические колебания и др.

В состав набора входят два динамометра в круглых металлических корпусах и следующие принадлежности к ним: модель двутавровой балки с делениями и двумя передвижными крючками; два съемных круглых столика; два съемных блока и две трехгранные опорные призмы.

На рисунке 2.41, *а* показаны динамометры, установленные в штативах 2.16(1). Для закрепления прибора в муфте штатива он снабжен стержнем. Механизм каждого динамометра состоит из двух спаренных пружин, зубчатой рейки и шестерни (рис. 2.41, *б*). К оси шестерни прикреплена стрелка прибора.

Циферблат и стрелка каждого динамометра защищены стеклом. Шкала двусторонняя с нулем посередине. Ее можно поворачивать для установки стрелки прибора на нуль для исключения из показаний динамометра веса принадлежностей, которые не участвуют в опыте.



Рис. 2.41



Технические характеристики прибора

- 1) Предел измерения силы каждым динамометром 12 Н; цена деления шкалы 1 Н. Шкала оцифрована через каждые 2 Н.
- 2) Диаметр каждого динамометра 225 мм; длина балки 605 мм; диаметр столиков 70 мм.
- 3) Габаритные размеры динамометров в упаковке (без балки) не более $290 \times 290 \times 110$ мм; габаритные размеры балки не более $625 \times 55 \times 44$ мм.
- 4) Общая масса двух динамометров с принадлежностями не более 2,4 кг.

Для проведения демонстраций дополнительно необходимы следующие приборы: штатив универсальный 2.16, груз наборный на 1 кг 2.15, набор гирь 2.14, трибометр демонстрационный 3.29.

2.24. (4.1.10) Комплект учебных ареометров

Комплект учебных ареометров предназначен для проведения лабораторных работ в школе на уроках физики и химии при определении плотности и концентрации растворов.

Комплект (рис. 2.42) составляют 19 лабораторных учебных ареометров из четырех групп (табл. 2.4).

Таблица 2.4

№ группы	1	2	3	4
Пределы измерения, кг/м^3	820—880	1000—1060	1300—1360	1660—1720
	880—940	1060—1120	1360—1420	1720—1780
	940—1000	1120—1180	1420—1480	1780—1840
		1180—1240	1480—1540	
Кол-во, шт.	2	11	3	3



Рис. 2.42

Технические характеристики комплекта

- 1) Диапазон измерения от 820 до 1840 кг/м³.
- 2) Цена деления шкалы 1 кг/м³.
- 3) Предел допускаемой погрешности ± 5 кг/м³.
- 4) Габаритные размеры комплекта в сборе: капроновый футляр $217 \times 140 \times 130$ мм; деревянный футляр $310 \times 215 \times 70$ мм.
- 5) Масса не более 1,1 кг.

2.25. (4.1.12) Манометры жидкостные демонстрационные

Манометр предназначен для измерения давлений до 0,004 МПа (400 мм водяного столба) выше и ниже атмосферного давления.

Манометр используют в следующих демонстрациях: устройство и принцип действия открытого жидкостного манометра; измерение давления внутри жидкости; излучение и лучепоглощение черной и белой поверхностями.

Прибор состоит из изогнутой стеклянной трубки U-образной формы с открытыми концами, стойки со шкалой и подставки. Трубка прикреплена к стойке и вместе с ней установлена на подставке.

На шкале стойки нанесены сантиметровые деления с оцифровкой через каждые 10 см и с нулем посередине. Цена деления шкалы прибора 10 мм водяного столба.

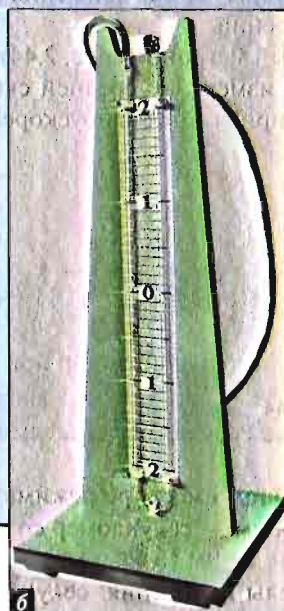
К манометру жидкостному прилагаются резиновая трубка и тройник с пробкой.

Для подготовки прибора к работе наполняют трубку манометра до половины высоты (отметки «0» шкалы) подкрашенной водой. Небольшим резиновым патрубком соединяют один конец манометрической трубки с тройником. На другой конец тройника надевают резиновую трубку для соединения с другими приборами экспериментальной установки. Средний отросток тройника закрывают резиновой пробкой. Перед началом опытов следует вынуть пробку и снова закрыть. Это позволяет приводить жидкость в обоих коленах манометра к одному уровню, не отключая от установки другие приборы.

На рисунке 2.43 представлены два манометра с одинаковым принципом действия, отличающиеся формой, материалом подставки и некоторыми техническими характеристиками (табл. 2.5).



Рис. 2.43



Манометр, представленный на рисунке 2.43, б, обладает большей устойчивостью, его шкала размещена на фоне широкой панели, что значительно улучшает условия для наблюдения.

Таблица 2.5

Характеристика	Манометр	
	Рис. 2.43, а	Рис. 2.43, б
Высота стеклянной трубки, мм	480	490 ± 10
Диаметр канала, мм	4	4 ± 1
Длина резиновой трубки, мм	800	600
Габаритные размеры, мм	$155 \times 155 \times 525$	$220 \times 220 \times 550$
Масса, кг	0,4	2

Метроном предназначен для проведения экспериментов, в которых время движения может быть измерено на основе метода совпадений.

Данный метроном (рис. 2.44) используется при проведении демонстраций: измерение средней скорости; измерение ускорения; исследование признаков равноускоренного движения и др.



Рис. 2.44

Метроном имеет три режима работы.

1 режим — секундомер со звуковой индикацией интервалов времени.

Пределы измерения: секундомер от 0 до 99 мин 59 с; интервалы времени от 0 до 99 с.

2 режим — метроном с подачей звуковых сигналов.

Пределы измерения: частота от 40 до 240 сигнал/мин; дискретность 2 сигнал/мин.

3 режим — таймер с обратным счетом промежутков времени от 10 мин.

2.27. (4.1.20) Стробоскоп

Стробоскоп предназначен для демонстрации стробоскопического эффекта и использования его в качестве генератора периодически повторяющихся световых вспышек при проведении опытов.

Этот прибор используют в следующих демонстрациях: наблюдение стробоскопического эффекта; стробоскопический метод измерения числа оборотов вращающихся тел; образование и распространение волн на поверхности воды, их отражение, преломление, дифракция и интерференция.

Стробоскоп (рис. 2.45) состоит из пластмассового корпуса; металлической стойки и деревянной подставки. Внутри корпуса разме-

стробоскопическая лампа с отражателем, монтажные платы и детали электрической схемы.

В передней части корпуса прибора установлен ободок осветителя с защитным стеклом. На задней панели корпуса расположены плавкий предохранитель, кнопочный выключатель сети и переключатель поддиапазонов.

В верхней части корпуса расположена ручка для регулирования частоты следования вспышек. Ручка связана с лимбом, на котором нанесена двухрядная круговая оцифрованная шкала частот следования вспышек.



Рис. 2.45

Стробоскоп не требует предварительной подготовки к работе.

Технические характеристики стробоскопа

- 1) Напряжение питания 220 В; максимальная потребляемая мощность 30 Вт.
- 2) Диапазон частот следования вспышек разделен на 2 поддиапазона: от 10 до 40 Гц и от 40 до 150 Гц.
- 3) Время непрерывной работы прибора — не более 25 мин с интервалами между включениями не менее 15 мин.
- 4) Габаритные размеры прибора без стойки и подставки не превышают $228 \times 126 \times 102$ мм; длина стойки 100 мм; размеры подставки $120 \times 180 \times 16$ мм.
- 5) Масса прибора не более 1,5 кг.

2.28. (4.1.21) Секундомер цифровой

Секундомер цифровой (рис. 2.46) предназначен, в первую очередь, для проведения демонстрационного эксперимента по механике, однако с успехом может быть использован во всех экспериментах, связанных с измерением времени.

Секундомер имеет трехразрядный цифровой индикатор с размером знака по вертикали 45 мм. Корпус прибора имеет втулку для закрепления его в штативе.

В экспериментах по механике секундомер работает с датчиком момента времени 2.20(2) и способен управлять работой электромагнитного пускового устройства. Секундомер имеет следующие режимы работы.

- 1) Регистрация интервала времени между двумя последовательными перекрытиями створа одного или двух датчиков.



Рис. 2.46

- 2) Измерение промежутка времени, в течение которого оптическая ось одного из датчиков была перекрыта флажком тележки или каким-либо предметом.
- 3) Определение интервала времени между командой на срабатывание пускового устройства и перекрыванием оптической оси одного из датчиков.
- 4) Измерение времени в ручном режиме.
- 5) Измерение частоты сигнала.
- 6) Подсчет количества импульсов, поданных на вход секундомера.

Секундомер измеряет только один интервал времени, и это ограничивает его возможности по сравнению с компьютерным измерительным блоком **2.20(1)** в обеспечении экспериментов по механике.

2.29. (4.1.14) Метр демонстрационный

Метр предназначен для использования его в качестве измерительной линейки при проведении демонстрационных опытов по разным темам школьного курса физики.

Метр изготовлен из дерева в виде рейки прямоугольного сечения и окрашен в белый цвет (рис. 2.47). На обеих широких поверхностях рейки нанесены шкалы с делениями через каждые 10 мм. Каждое пятое деление выделено без оцифровки, а десятое — с оцифровкой. Для проведения измерений в горизонтальных и вертикальных плоскостях на одной стороне метра цифры проставлены параллельно делениям шкалы, на другой — перпендикулярно.

Габаритные размеры метра не более $1002 \times 33 \times 10$ мм; масса не более 0,2 кг.

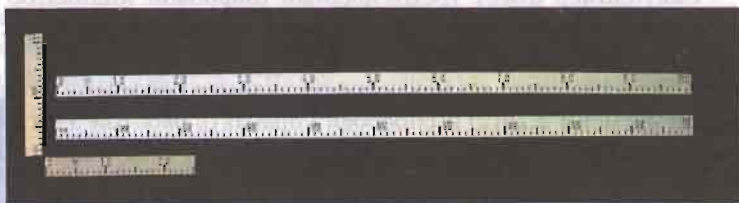


Рис. 2.47

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

2.30. (4.1.13) Манометр металлический

Манометр предназначен для измерения давлений, превышающих атмосферное, и может быть использован для демонстрации устройства и принципа действия трубчатого металлического деформационного манометра.

Манометр (рис. 2.48) состоит из круглого металлического корпуса; подставки со стойкой; двух кранов с ниппелями; манометрической трубки; указательной стрелки; кольцевой шкалы и механизма привода стрелки.

Корпус прибора и краны с ниппелями установлены и закреплены на стойке. Остальные детали прибора размещены внутри корпуса и защищены от механических повреждений с двух сторон прозрачными круглыми стеклами. На одном стекле, над стрелкой прибора, нанесена шкала с делениями.

Чувствительным элементом прибора является манометрическая трубка.

Демонстрацию устройства и принципа действия прибора можно проводить путем проецирования на экран корпуса прибора через его прозрачные стекла, например с использованием кодоскопа.



Рис. 2.48

Технические характеристики прибора

- 1) Диапазон измерения давлений, больших атмосферного, — от 0 до 0,6 МПа; цена деления шкалы 0,05 МПа.
- 2) Габаритные размеры прибора не более $205 \times 160 \times 330$ мм; масса не более 2,0 кг.

2.31. (4.1.19) Психрометр

Психрометр предназначен для измерения относительной влажности воздуха в помещении.

Психрометр используют для демонстрации способов определения влажности воздуха и при выполнении лабораторной работы «Определение относительной влажности воздуха».



Рис. 2.49

Психрометр (рис. 2.49) состоит из двух одинаковых спиртовых термометров со шкалами в пределах от -17°C до 50°C . Цена деления шкалы 1°C . Каждое десятое деление шкалы прибора имеет оцифровку.

Термометры прибора расположены рядом на пластмассовой панели, их резервуары закрыты решеткой, на передней части которой размещен лимб. Лимб состоит из двух соосных круговых шкал с оцифровкой: шкала с красными цифрами — показания сухого термометра, шкала с черными цифрами — показания увлажненного термометра.

При измерении относительной влажности воздуха фиксируют показания сухого и увлажненного термометров, поворачивают лимб с красной оцифровкой так, чтобы показания сухого (красные цифры) и увлажненного (черные цифры) термометров были совмещены. Далее по красной стрелке на шкале определяют относительную влажность воздуха. Преимущество психрометра указанной конструкции заключается в том, что отпадает необходимость использования психрометрической таблицы.

На задней панели прибора закреплена кювета-питатель, в которую наливают кипяченую воду. Вода пропитывает марлю, которой покрыт резервуар увлажненного термометра.

При измерении относительной влажности воздуха необходимо следить за наличием и уровнем воды в кювете-питателе.

2.32. (4.1.23) Термометр демонстрационный жидкостный

Термометр предназначен для измерения температуры воздуха в классе и жидкостей в некоторых опытах при изучении тепловых явлений.

Термометр можно использовать в следующих демонстрациях: устройство и принцип работы жидкостного термометра; расширение жидкостей при нагревании; виды термометров; понижение температуры жидкости при испарении и др.

Термометр (рис. 2.50) состоит из деревянного бруска; стеклянного баллона с длинной капиллярной трубкой; металлического стержня с резьбой на одном конце и съемного защитного чехла баллона.

На обратной поверхности бруска закреплен фланец с резьбой для крепления стержня, с использованием которого термометр можно устанавливать в штатив 2.16 (2а) или 2.16 (2б). На этой же поверхности в верхнем конце бруска закреплена петля для подвешивания термометра. Чехол выполнен в форме цилиндра с прорезями для циркуляции воздуха.

При необходимости можно работать с термометром со снятым чехлом баллона.

Технические характеристики термометра

- 1) Диапазон измерения температуры от -10°C до 104°C ; цена деления шкалы 2°C .
- 2) Габаритные размеры прибора $70 \times 45 \times 1005$ мм.
- 3) Масса не более 1 кг.



Рис. 2.50

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

2.33. (4.1.1; 4.1.4) Амперметр и вольтметр с гальванометрами (Н)

Приборы предназначены для измерения силы тока и напряжения в цепях постоянного и переменного тока, а также могут быть использованы в качестве гальванометров, чувствительных к малым токам и напряжениям. По своим метрологическим характеристикам и пределам измерения могут использоваться во всех базовых демонстрациях при изучении электрических явлений и электродинамики постоянного и переменного тока, тока в различных средах.

Амперметр и вольтметр демонстрационные (учебные) по своему устройству одинаковы и отличаются только элементами электрической схемы, шкалами и набором шунтов и добавочных сопротивлений.

Приборы (рис. 2.51) состоят из следующих основных частей: измерительного механизма магнитоэлектрической системы; сменных шкал; полупроводникового выпрямителя; сменных добавочных резисторов в вольтметре или сменных шунтов в амперметре.

Магнитная система состоит из магнита, планок, полюсных наконечников и сердечника. Магнит изготовлен из сплава ЮНД4. Этот сплав обладает высокими магнитными свойствами. Подвижная часть измерительного механизма прибора состоит из рамки с двумя полу-

Рис. 2.51



осями и жестко соединенной с ней стрелкой. Каркас рамки изготовлен из немагнитного материала — алюминия. На каркасе намотана обмотка из медного изолированного провода.

Свободные концы спиральных противодействующих пружин припаяны: передняя пружина — к лепестку, закрепленному в изоляционной втулке в одном из полюсных наконечников; задняя пружина — к поводку корректора.

Амперметр и вольтметр с гальванометрами имеются в большинстве кабинетов физики. В настоящее время их производство прекращено, но ведется работа по модернизации приборов и восстановлению их серийного выпуска. По характеристикам этим приборам аналогичны цифровые приборы 2.34 и 2.35.

2.34. Амперметр (А4301), вольтметр (В4301) и мультиметр (М4301) цифровые ¹

Приборы (рис. 2.52) предназначены для проведения измерения основных электрических величин в цепях переменного и постоянного тока.

Технические характеристики приборов

- 1) Масса всех приборов не более 1 кг.
- 2) Размеры всех приборов одинаковы и равны $410 \times 205 \times 45$ мм.
- 3) Вольтметром В4301 (см. рис. 2.52, а, слева) измеряют напряжение в следующих пределах: напряжение постоянного тока 200 мВ, 2 В, 20 В, 200 В, 1000 В; напряжение переменного тока 200 мВ, 2 В, 20 В, 200 В, 750 В.

¹ Описание составлено совместно с А. Г. Вареником.



Рис. 2.52



- 4) Пределы измерения силы постоянного тока и силы переменного тока амперметром А4301 (см. рис. 2.52, а, справа) одинаковы и равны: 2 мА; 20 мА; 200 мА; 1000 мА; 10 А.
- 5) Диапазоны величин, измеряемых мультиметром М4301 (рис. 2.52, б), приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6

Измеряемая величина	Пределы измерений				
	200 мВ	2 В	20 В	200 В	1000 В
Напряжение постоянного тока	200 мВ	2 В	20 В	200 В	1000 В
Сила постоянного тока	2 мА	20 мА	200 мА	1000 мА	1 А
Сопротивление	200 Ом	2 кОм	20 кОм	200 кОм	2000 кОм
Напряжение переменного тока	200 мВ	2 В	20 В	200 В	750 В
Сила переменного тока	2 мА	20 мА	200 мА	1000 мА	1 А

В состав приборов входят следующие основные функциональные узлы: аналого-цифровой преобразователь; индикатор; источник питания с гальванической развязкой; детектор; блок эталонных резисторов; блок коммутации пределов и режимов измерения. Структурная схема приборов приведена на рисунке 2.53.

Аналого-цифровой преобразователь осуществляет преобразование поступающего на его вход напряжения в цифровой код семисегментного индикатора.

Индикатор отображает значение измеряемой прибором физической величины. В данных приборах используется светодиодный тип индикации.

Источник питания преобразует переменное напряжение 220 В питающей сети в напряжение значением 9 В, гальванически не связанное с сетью, что обеспечивает необходимый уровень безопасности

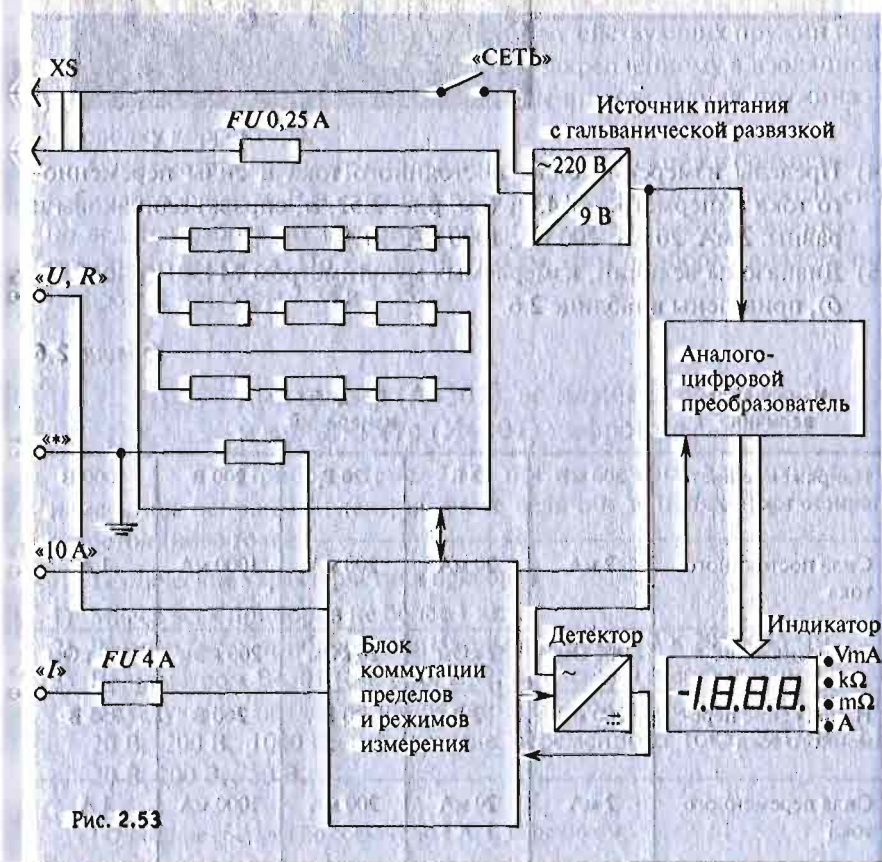


Рис. 2.53

при работе с прибором. Это напряжение используется для питания всех узлов прибора и не зависит от колебаний сетевого напряжения.

Детектор предназначен для высокоточного преобразования измеряемых сигналов переменного тока в среднее значение выпрямленного напряжения.

Блок эталонных резисторов состоит из двух наборов высокоточных резисторов и одного проволочного резистора-шунта. Резисторы, входящие в блок, используются для деления напряжения, предназначенного для нормирования измеряемого напряжения в соответствии с выбранным пределом измерения, так как аналого-цифровой преобразователь способен работать с входными напряжениями, не превышающими значения 200 мВ. При измерении силы тока в качестве шунтов используются эталонные резисторы низкоомных номиналов от 0,1 до 900 Ом. Для измерения силы тока значением до 10 А используется проволочный шунт сопротивлением 0,01 Ом. Резисторы блока при измерении сопротивления являются эталонами, с которыми сравниваются измеряемые сопротивления.

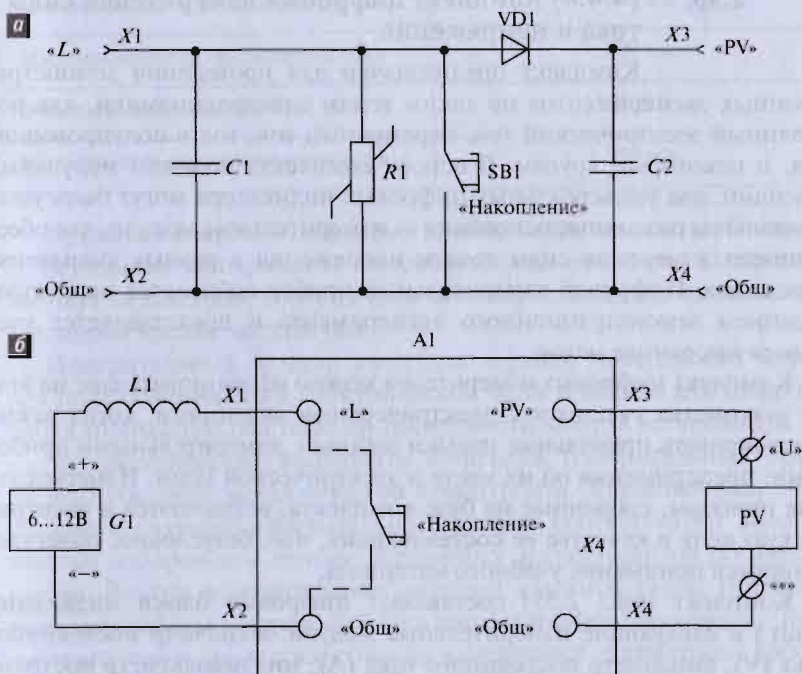


Рис. 2.54

Блок коммутации необходим для переключения эталонных резисторов в соответствии с выбранными пределом и режимом измерения и для управления работой остальных функциональных узлов прибора в зависимости от режима работы.

Амперметр А4301 и вольтметр В4301 выполнены на базе схемы мультиметра М4301.

Мультиметр М4301 и вольтметр В4301 снабжены специальной приставкой П4301 для исследования явления самоиндукции. Схема приставки приведена на рисунке 2.54, а.

Конструктивно приставка выполнена в пластиковом корпусе с четырьмя гнездами для подключения внешних приборов и кнопкой «Накопление».

Для проведения эксперимента к приставке подключаются внешние приборы в соответствии со схемой (рис. 2.54, б): А1 — приставка П4301; G1 — источник постоянного напряжения от 6 до 12 В (сила тока 3 А); PV — вольтметр демонстрационный В4301 или М4301; L1 — катушка индуктивностью от 1 до 10 Гн.

2.35. (4.4.4) Комплект цифровых измерителей силы тока и напряжения

Комплект предназначен для проведения демонстрационных экспериментов по таким темам электродинамики, как постоянный электрический ток, переменный ток, ток в полупроводниках, и некоторым другим. В основу комплекта положен модульный принцип: два универсальных цифровых индикатора могут быть установлены на различные основания — измерительные модули, что обеспечивает измерения силы тока и напряжения в разных диапазонах и режимах. Цифровой измерительный прибор собирается перед проведением демонстрационного эксперимента и представляется учащимся как единое целое.

Комплект цифровых измерителей можно использовать еще на этапе знакомства учащихся с электрическими явлениями, когда важно сформировать правильные навыки работы с измерительными приборами; представления об их месте в электрической цепи. Измерительные приборы, собранные на базе комплекта, вставляются в электрическую цепь в качестве ее составляющих, что, безусловно, облегчает учащимся понимание учебного материала.

Комплект (рис. 2.55) составляют цифровые блоки индикации (2 шт.) и следующие измерительные модули: вольтметр постоянного тока (V); амперметр постоянного тока (A); милливольтметр постоянного тока (mV); миллиамперметр постоянного тока (mA); вольтметр переменного тока ($\sim V$); миллиамперметр переменного тока ($\sim mA$).

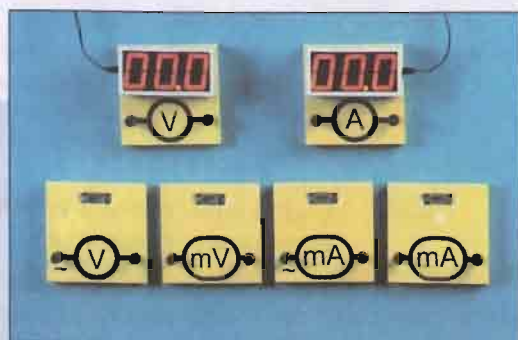


Рис. 2.55

Таблица 2.7

Название измерительного прибора	Пределы измерений
Вольтметр постоянного тока	99,9 В
Амперметр постоянного тока	10,0 А
Милливольтметр постоянного тока	999 мВ
Миллиамперметр постоянного тока	999 мА
Вольтметр переменного тока	99,9 В
Миллиамперметр переменного тока	999 мА

Пределы измерения цифровых приборов приведены в таблице 2.7.

В учебном эксперименте не требуется одновременно измерять более двух параметров, поэтому наличие в комплекте двух цифровых индикаторов вполне достаточно.

Измерительный модуль имеет на верхней поверхности клеммы для подключения его к электрической цепи и разъем для цифрового блока индикации. На нижней поверхности модуля установлены магниты, позволяющие закреплять цифровой измерительный прибор на вертикальной металлической поверхности. Внешний вид, конструкция и размеры измерительного модуля соответствуют всем элементам наборов для демонстрационных экспериментов по электричеству. Внутри измерительных модулей имеются схема управления режимом работы цифрового блока индикации (*постоянный / переменный ток*) и схема согласования измеряемых параметров с рабочим диапазоном цифрового блока индикации, т. е. делители напряжения или шунты.

Цифровой блок индикации имеет трехразрядный светодиодный индикатор. Питание его осуществляется от сети напряжением 220 В через сетевой адаптер. На корпусе блока индикации смонтирован разъем для установки и подключения его к измерительному модулю.

2.36. (3.14) Приставка к телевизору осциллографическая¹

Приставка позволяет использовать телевизор в качестве демонстрационного двухканального осциллографа, который предназначен для наблюдения формы и частоты периодических сигналов при постановке демонстрационных опытов по разным разделам курса физики.

Прибор представляет собой аналого-цифровой преобразователь исследуемых сигналов и запрограммированный процессор, сигнал с которого подается на видеовход телевизора (рис. 2.56). В результате на экране телевизора формируется изображение осциллограммы исследуемого сигнала, масштабной сетки и меню режимов управления осциллографом.

Основные технические характеристики

- 1) Размер масштабной сетки на экране телевизора — 8×8 делений; два входных канала.
- 2) Диапазон частот входных сигналов на каждом канале 0—500 кГц; диапазон уровней входных сигналов от 20 мВ/дел до 1 В/дел; диапазон горизонтальной развертки от 10 мкс/дел до 50 мс/дел.
- 3) Режим работы — одноканальные, двухканальные.

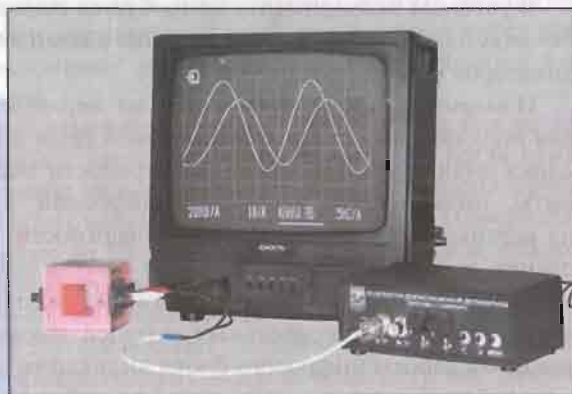


Рис. 2.56

¹ Описание составлено В. А. Дорофеевым.

Демонстрационное оборудование по механике

- Универсальные комплекты
- Тематические наборы
- Отдельные приборы

Законноцвѣтнѡмѣ

В период до реализации государственной программы «Учебная техника» из всех тем механики только статика имела относительно полную систему демонстрационного эксперимента, постановку которого обеспечивают или набор по статике 3.6, или динамометры демонстрационные 2.23. Комплект 3.4 позволяет провести совместные измерения координаты и времени.

Однако при отсутствии способов совместных измерений скорости и времени, ускорения и времени, ускорения и силы изучение механического движения вырождается в исследование геометрического перемещения.

В таких условиях кинематические закономерности воспринимаются учащимися как математические соотношения. Только использование современных средств позволило разрешить указанную проблему.

Наборы «Механика» 3.1(1) и «Вращательное движение» 3.1(2) позволяют провести совместные измерения с использованием компьютерной системы 2.20. Кинематические закономерности $s(t)$, $v(t)$ могут быть получены в графической и табличной формах. Идея предельного перехода, которая составляет сущность понятий скорости и ускорения, иллюстрируется количественным экспериментом.

Набор «Механика» 3.1(1) согласован с секундомером цифровым 2.28, что позволяет проводить демонстрационные опыты по аналогии с работой учащихся с набором лабораторным «Механика» 1.1 (1).

Комплект демонстрационный по механике 3.2 используют для исследования кинематических закономерностей возможности комбинированной цифровой системы измерений 2.21, которая одновременно измеряет и выводит на табло прибора (ПКЦ) мгновенные значения x , v , a и соответствующие значения времени.

Комплекты 3.1 и 3.2 полностью обеспечивают экспериментальную базу для двух возможных способов построения механики как физической теории: на основе законов Ньютона и на основе законов сохранения. При этом комплект 3.2 прямо выводит на табло числовые значения модулей ускорения и силы. Комплекты 3.1 позволяют измерить импульсы двух тележек (одна из которых покоится до взаимодействия) до и после взаимодействия.

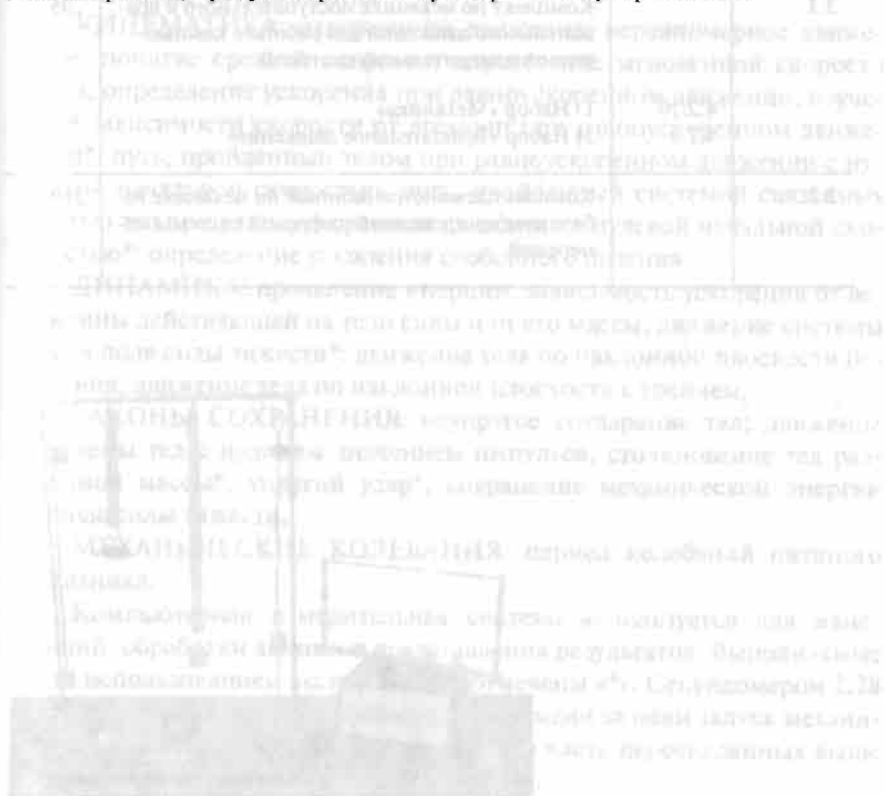
В значительной степени расширена номенклатура тематических наборов, основанных на классических подходах к демонстрационному эксперименту.

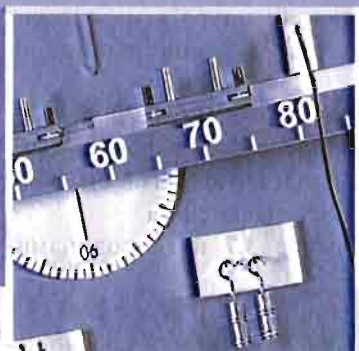
Модель системы отсчета 3.3 позволяет провести около 20-ти опытов по относительности движения и в том числе пронаблюдать взаимодействие тел в движущейся системе отсчета и инвариантность закона сохранения импульса в инерциальных системах отсчета.

Разработаны комплекты по аэродинамике 3.7 и гидродинамике 3.8.

Комплект по преобразованию движений, сил и моментов 3.9 позволяет демонстрировать принципиальное для техники соотношение между моментом и числом оборотов, позволяет пронаблюдать свободные и вынужденные колебания, исследовать резонанс.

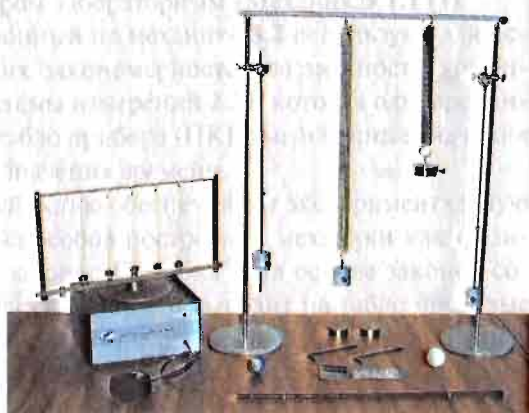
Представленные в разделе комплекты, наборы и отдельные приборы предоставляют возможность сформировать в кабинете физики оптимальную систему оборудования, обеспечивающую постановку всех демонстраций, предусмотренных примерными программами.





УНИВЕРСАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКТЫ

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
3.1		Комплект по механике поступательного и вращательного движений для работы с компьютерной измерительной системой	205
	4.2.10	1) Набор «Механика»	
	4.2.9	2) Набор «Вращательное движение»	
3.2		Комплект демонстрационный по механике на базе комбинированной цифровой системы измерений	210



3.1. (4.2.10; 4.2.9) Комплект по механике поступательного и вращательного движений для работы с компьютерной измерительной системой

1) Набор «Механика» (4.2.10) предназначен для проведения демонстрационных экспериментов при изучении кинематики и динамики поступательного движения, силы трения, законов сохранения, механических колебаний.

Этот набор работает с компьютерной измерительной системой **2.20** или с демонстрационным секундомером **2.28**.

При использовании набора можно выполнить следующие демонстрационные эксперименты.

КИНЕМАТИКА: равномерное движение; неравномерное движение; понятие средней скорости; определение мгновенной скорости тела; определение ускорения при равноускоренном движении; изучение зависимости скорости от времени при равноускоренном движении*; путь, пройденный телом при равноускоренном движении с нулевой начальной скоростью; путь, пройденный системой связанных нитью тел при равноускоренном движении с нулевой начальной скоростью*; определение ускорения свободного падения.

ДИНАМИКА: проявление инерции; зависимость ускорения от величины действующей на тело силы и от его массы; движение системы тел в поле силы тяжести*; движение тела по наклонной плоскости без трения; движение тела по наклонной плоскости с трением.

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ: неупругое соударение тел; движение системы тел с нулевым значением импульса; столкновение тел различной массы*; упругий удар*; сохранение механической энергии в поле силы тяжести.

МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ: период колебаний нитяного маятника.

Компьютерная измерительная система используется для измерений, обработки данных и представления результатов. Выполняемые с ее использованием эксперименты отмечены «*». Секундомером **2.28** регистрируется только один интервал времени за один запуск механической системы, поэтому с его помощью часть перечисленных выше экспериментов не может быть выполнена.



Рис. 3.1

Набор «Механика» (рис. 3.1) составляют следующие элементы: скамья длиной 1,2 м; тележка на магнитной подвеске (2 шт.); электромагнитное пружинное стартовое устройство; ограничитель хода тележек; транспортер с отвесом; оптоэлектрические датчики момента времени (2 шт.); неподвижный блок; подставка для подвешивания шаров; шары стальные (3 шт.); два шара диаметром 18 мм и один — диаметром 9 мм; грузы наборные массой 100 г (2 шт.); стальная пластина для увеличения массы тележки; пластины прямоугольной формы размером 50×40 мм (2 шт.).

Для проведения опытов дополнительно необходимы: компьютер и компьютерный измерительный блок (или электронный секундомер), металлическая классная доска и источник питания.

Основная часть предлагаемых экспериментов выполняется на базе скамьи, по которой движутся тележки на магнитной подвеске. Особенностью конструкции скамьи является возможность ее закрепления на вертикальной классной доске с помощью магнитов.

Применяемые в комплекте со скамьей тележки имеют запрессованные в их основания магниты и ролики, которые опираются на боковые стенки скамьи и препятствуют боковому смещению тележек. Такая конструкция позволяет уменьшить трение при проведении экспериментов по кинематике и динамике поступательного движения, а также обеспечивает удобство в работе, не предъявляя чрезмерно высоких требований к точности горизонтальной установки скамьи. На верхней поверхности тележки имеется два отверстия для установки «флажков» — алюминиевых цилиндров диаметром 10 мм, выступающих над тележкой и перекрывающих створ оптоэлектрических датчиков. Специальные винты используются для закрепления пружины и металлических уголков (при работе с электромагнитным пружинным стартовым устройством) и стальной пластины (дополнительного груза). Входящая в комплект стальная пластина имеет массу, равную массе тележки (0,12 кг), и используется в демонстрациях зависимости характеристик движения от массы тела.

Электромагнитное пружинное стартовое устройство составляют: электромагнит, питающийся от источника постоянного тока напря-

жением 9—12 В, и пластина с двумя пружинами. Данное устройство монтируется на специальном основании, которое с помощью запрессованных в нем магнитов закрепляется на классной доске. Пластина с пружинами используется для сообщения тележке начальной скорости и в ряде опытов может быть снята со стартового устройства. Управление этим устройством осуществляется от компьютерного измерительного блока **2.20** или от демонстрационного секундомера **2.28**. Стартовое устройство обеспечивает повторяемость движения механической системы при неизменных условиях, что позволяет накапливать данные в нескольких последовательных экспериментах.

Подставка для подвешивания шаров используется в опыте по упругому столкновению шаров и для эксперимента с маятником. Она имеет магнитное основание и три стержня для подвешивания стальных шаров, расположенные на определенном расстоянии друг от друга. Расстояние между стержнями равно диаметру большого шара и половине суммы диаметров большого и малого шаров, входящих в набор.

Имеющийся в комплекте оборудования неподвижный блок закреплен на подставке с магнитами и может быть установлен в любом месте классной доски. С блоком жестко связан диск, разбитый на чередующиеся прозрачные и непрозрачные сектора. Рядом с блоком на доске размещается оптоэлектрический датчик, который перекрывается черными секторами диска и таким образом регистрирует вращение блока.

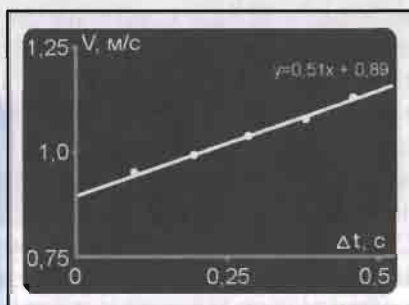
Для проведения экспериментов по свободному падению и закону сохранения энергии в поле силы тяжести в набор включены две пластины прямоугольной формы, отличающиеся толщиной и, соответственно, массой. Такая форма тел позволяет точно измерять параметры их движения с помощью оптоэлектрического датчика.

Для представления технологии работы с демонстрационным набором «Механика» рассмотрим эксперимент: изучение зависимости скорости от времени при равноускоренном движении.

Целью данного эксперимента является построение графика изменения скорости с течением времени.

Серия данных для построения требуемого графика должна быть собрана в 5—6 последовательных запусках тележки. Первый оптоэлектрический датчик ставят на расстоянии 20—25 см от места старта тележки. Этот датчик используют для определения скорости тележки (v_0) в начальный момент времени (t_0), и его положение в процессе эксперимента не изменяется. Второй датчик сначала располагают на расстоянии 20 см от первого и отодвигают от него в каждом последующем пуске тележки.

Рис. 3.2



Последовательность проведения данного эксперимента следующая: 1) измерение промежутков времени, в течение которых тележка находилась в створах оптоэлектрических датчиков (t_0, t_1), и вывод их на экран; 2) измерение времени движения тележки от одного датчика до другого (t) и вывод его на экран; 3) определение скорости тележки в момент прохождения датчиков (v_0, v_1); 4) запись данных (v_0, v_1, t) для построения графика; 5) построение на экране графика зависимости $v = v(t)$ по экспериментальным точкам, полученным в результате многократного повторения пунктов 1—4.

График зависимости скорости от времени представлен на рисунке 3.2.

2) Набор «Вращательное движение» (4.2.9) предназначен для проведения демонстрационных экспериментов по вращательному и колебательному движениям. Он позволяет поставить ряд экспериментов, на основе которых вводятся такие ключевые понятия физики, как инерциальные системы отсчета, сила, центростремительное ускорение и т. п. Набор позволяет продемонстрировать модели некоторых важных физических опытов, например, опыт Штерна.

Набор «Вращательное движение» работает с компьютерной измерительной системой 2.20 или с демонстрационным секундомером 2.28.

Данный набор используют для проведения следующих демонстраций: возникновение центростремительной силы; зависимость центростремительной силы от массы, скорости и радиуса вращения тела; равновесие системы вращающихся тел; моделирование опыта Штерна; модель маятника Фуко; вращение жидкости; вынужденные механические колебания и резонанс; эффект Доплера для звуковой волны.

Набор (рис. 3.3) составляют: основание штатива; узел привода с рамой и датчиком частоты вращения; груз массой 0,2 кг с подвесом

(2 шт.); груз массой 0,4 кг с подвесом; сигнальное устройство; шар с нитью и держателем; шарик стальной (3 шт.); ловушка для шарика; плоская кювета для жидкости; трубка изогнутая с воронкой и клипсой; пружина с фиксатором; скоба из проволоки (3 шт.); кабель измерительный; динамометр с пределом измерения 5 Н; блок управления.

Основным элементом набора является узел привода с рамой и датчиком частоты вращения. Узел привода снизу имеет короткий стержень, который зажимается в основание штатива. Рама служит для монтажа учебных экспериментальных установок и закрепляется на диске. Рама имеет внутренние размеры 400×240 мм. При подготовке экспериментов закрепление элементов внутри рамы осуществляется с помощью специальных болтов, головки которых входят в каналы профиля, поворачиваются на некоторый угол и фиксируются при закручивании гайки. В целях безопасности элементы собираемых установок должны располагаться внутри рамы.

Привод представляет собой электродвигатель постоянного тока с понижающей ременной передачей. Два пасика связывают диск со шкивом, надетым на ось электродвигателя. Ось диска вращается в подшипнике, установленном в корпусе привода. Питание электродвигателя осуществляется от блока управления, который подключается к сети переменного тока напряжением 220 В 50 Гц и обеспечивает плавную регулировку частоты вращения в диапазоне 0,25—3 об/с.

Угловая скорость вращения установки измеряется с помощью оптоэлектрического датчика, в зазоре которого вращается тонкий непрозрачный диск с вырезанными секторами. Всего секторов 20, поэтому при использовании цифрового секундомера, регистрирующего частоту открывания и закрытия датчика, его показания следует делить на 20. Если датчик подключается к компьютерному измерительному блоку, то использование сценария «Датчик частоты вращения: Вращение с постоянной или медленно изменяющейся скоростью» позволяет получить угловую скорость (выраженную в об/с) непосредственно. Подключение датчика к демонстрационному секундомеру или компьютерному измерительному блоку осуществляется с помощью кабеля, который входит в набор. Разъем для его подключения находится на передней поверхности корпуса привода.

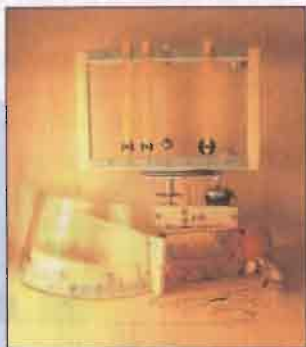


Рис. 3.3

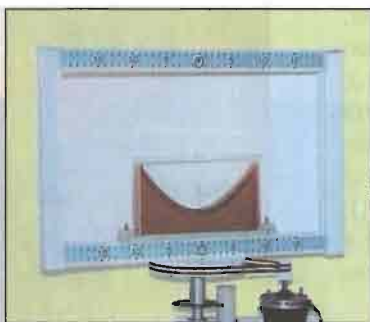


Рис. 3.4

При проведении опытов на раме могут быть установлены следующие элементы: подвесы с грузами массой 0,2 и 0,4 кг; трубка изогнутая с воронкой и клипсой; ловушка; сигнальное устройство; пружина с фиксатором; плоская кювета для жидкости.

Подвесы, используемые для закрепления грузов, выполнены из пластика и обеспечивают отклонение грузов от вертикали в плоскости рамы. Для соедине-

ния грузов между собой и присоединения их к динамометру или пружине служат специальные скобы, изготовленные из проволоки. Сигнальное устройство, выполненное на основе светодиода и пьезокерамического излучателя звука, используется для того, чтобы показать, что груз занял определенное (заранее заданное) положение. Трубка изогнутая с воронкой служит для запуска шарика в радиальном направлении при вращении установки. Шарик захватывается ловушкой с прозрачной внешней стенкой, обеспечивающей его фиксацию в точке встречи с ловушкой. Пружина с фиксатором используется для создания центростремительной силы при движении тела по окружности.

Кювета, выполненная из прозрачного пластика, заполняется окрашенной жидкостью, поверхность которой при вращении принимает параболическую форму (рис. 3.4).

3.2. Комплект демонстрационный по механике на базе комбинированной цифровой системы измерений

Комплект обеспечивает изучение на экспериментальной основе курса механики в основной и средней (полной) школе.

По составу и функциям данный комплект демонстрационный по механике (КДМ) разделяется на два больших набора. Первый набор комплекта (КДМ-1) функционирует на базе комбинированной цифровой системы измерений КЦСИ-3 2.21. Второй набор комплекта (КДМ-2) используется для проведения демонстраций без применения КЦСИ-3.

С помощью набора КДМ-1 проводятся следующие демонстрации.

КИНЕМАТИКА: скатывание шарика с наклонной плоскости; равномерное движение; модель спидометра; прямолинейное и криволинейное движение; направление скорости при движении по окружности; средняя и мгновенная скорости; ускорение и перемещение тела при прямолинейном равноускоренном движении; ускорение при движении тела по окружности.

ДИНАМИКА, СИЛЫ В МЕХАНИКЕ: первый закон Ньютона; проявление инерции; сравнение масс тел; измерение сил; сложение сил, действующих на тело вдоль одной прямой; сложение сил, действующих на тело под углом друг к другу; второй закон Ньютона; третий закон Ньютона; силы трения качения и скольжения.

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ: закон сохранения импульса; изменение энергии тела при совершении работы; переход потенциальной энергии в кинетическую и обратно; потенциальная энергия тела, поднятого над землей, и деформированной пружины.

КОЛЕБАНИЯ: свободные колебания груза на нити и груза на пружине; сравнение колебательного и вращательного движений; зависимость периода колебаний груза на пружине от жесткости пружины и массы груза; зависимость периода колебаний груза на нити от ее длины; вынужденные колебания; резонанс колебаний маятника; связанные системы.

С помощью набора КДМ-2 проводятся следующие демонстрации: сложение перемещений; различие пути и перемещения; относительность движения; взаимодействие тел; зависимость силы упругости от деформации пружины; равновесие невращающегося тела при действии на него нескольких сил; виды равновесия тел; момент силы; правило моментов; центр тяжести тела.

Состав набора КДМ-1 представлен на рисунке 3.5, а.

Комплектующие, общие для всех разделов, где применяется КЦСИ-3: универсальный цифровой прибор ПКЦ; пульт дистанционного управления (ПДУ); блок питания к КЦСИ-3; оптоэлектронные датчики (с кабелем и кронштейном для крепления) (2 шт.); флажок пластиковый с креплением (2 шт.); штатив для прибора КЦСИ-3.

При постановке демонстраций по разделам **КИНЕМАТИКА**, **ДИНАМИКА**, **ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ** используются следующие компоненты КДМ-1: рельс с принадлежностями: подставка (2 шт., одна из них регулируемая по высоте), блок для перекидывания нити, электромагнит (2 шт.), маркер-стрелка (4 шт.); тележка (2 шт.); соединительный кабель (к электромагнитам рельса); измерительный преобразователь «Динамометр»; принадлежности для демонстраций (10 шт.).

В состав набора КДМ-2 (рис. 3.5, б) входят: блок двигателя; стержень с 5 грузами на нитях; стойки для крепления стержня с 5 грузами

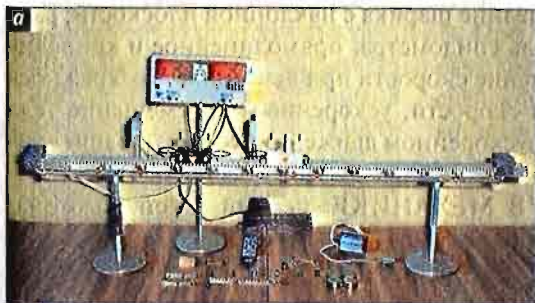
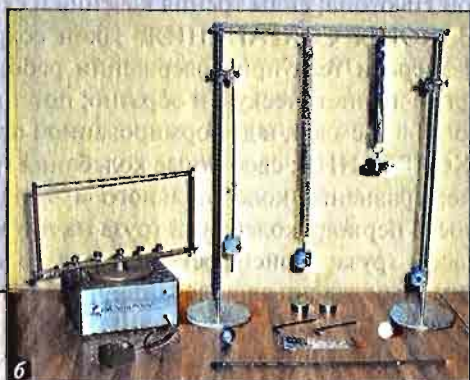


Рис. 3.5



(2 шт.); штатив с муфтами; груз для маятника (4 шт.); пружина для маятника (3 шт.); стержень для маятника (3 шт.); кронштейн с подвесом (с подшипником) (2 шт.); динамометр (2 шт.); принадлежности для опытов (6 шт.).

Базовой частью комплекта демонстрационного по механике является направляющая П-образного сечения с двумя легкоподвижными тележками. Направляющая устанавливается на столе в нужном положении с помощью двух стоек, одна из которых снабжена регулировочным винтом с контргайкой. На концах направляющей установлены пусковые электромагниты, питание на которые подается от прибора КЦСИ-3. На передней панели прибора укреплен шкала с четырьмя подвижными указателями. На задней панели прикреплен металлический уголок для крепления оптоэлектронных датчиков (оптических ворот). Датчики устанавливаются на уголке посредством двух стоек, на одной из которых вместо датчика может быть установлен измерительный преобразователь «Динамометр». На правом конце направляющей расположен блок. Через блок в случае необходимости перебрасывается нить, один конец которой прикрепляется к легкоподвиж-

ной тележке, а к другому подвешивается груз. Груз представляет собой полый цилиндр с завинчивающейся крышкой, в который насыпается дробь. На грузе могут быть размещены перегрузки.

Тележки, входящие в комплект, снабжены фторопластовыми подшипниками, обеспечивающими их движение с минимальным трением. На верхней плоскости тележек находятся стержень с прорезью для установки прозрачных флажков и два коротких штифта — для установки грузов. Стопорные винты в торцах тележек предназначены для закрепления плоских пружин. Степень сжатия пружин можно регулировать путем изменения положения упоров, винты крепления которых расположены в нижней части тележек. Вместо пружин могут быть установлены постоянные магниты (упругое взаимодействие) или липучки (для обеспечения неупругого взаимодействия тележек).

Особенности комплекта — возможность измерения времени движения, скорости и ускорения движущихся объектов, а также измерение сил, возникающих при их взаимодействии.

Использование многофункционального цифрового прибора КЦСИ-3 в сочетании с оптоэлектронными датчиками обеспечивает измерение и индикацию кинематических и динамических величин в следующих пределах:

время до 16,5 мин, в том числе с точностью до 0,1 с в пределах 99,9 с; скорость от 0,05 до 3 м/с; ускорение от 0,05 до 10 м/с²; сила от 0 до 1,2 Н.

Рассмотрим упрощенный вариант определения с использованием КЦСИ-3 скорости и ускорения движущегося тела.

Для определения скорости и ускорения движущийся объект должен быть снабжен прозрачным флажком с нанесенными на нем, как минимум, двумя непрозрачными штрихами, а прибор КЦСИ-3 — оптоэлектронными датчиками. Во время движения непрозрачные штрихи должны последовательно перекрывать инфракрасный пучок оптопары.

Особенностью комплекта КДМ-2 является возможность измерения с помощью КЦСИ-3 таких кинематических характеристик, как период колебания и период обращения, мгновенной скорости и ускорения на любом участке криволинейной траектории. Эта возможность реализуется путем установки прозрачного флажка со штрихами на колеблющееся или вращающееся тело и оптических ворот, створ которых пересекает этот флажок.



ТЕМАТИЧЕСКИЕ НАБОРЫ

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
3.3	4.2.18	Модель системы отсчета (набор для демонстрации относительности движения)	215
3.4	4.2.25	Прибор для демонстрации законов механики на воздушной подушке	218
3.5	4.2.8	Комплект «Вращение»	219
3.6	4.2.17	Набор по статике с магнитными держателями	221
3.7	4.2.11	Комплект оборудования по аэродинамике (Н)	222
3.8	4.2.11	Комплект оборудования по гидродинамике (Н)	224
3.9	4.2.12	Комплект по преобразованию движения, сил и моментов (Н)	225
3.10	4.2.35	Тележки легкоподвижные с принадлежностями (пара)	227
3.11	4.2.15	Пресс гидравлический	228

3.3. (4.2.18) Модель системы отсчета (набор для демонстрации относительности движения)¹

Модель системы отсчета предназначена для проведения демонстраций по механике при изучении следующих тем: относительность движения; сложение скоростей и перемещений; принцип Галилея; принцип независимости действия сил; закон сохранения импульса и его инвариантность.

Демонстрации, которые проводятся с помощью данного прибора, могут быть разделены на две группы: кинематические и динамические.

К кинематическим демонстрациям относятся: основные понятия кинематики — система отсчета, траектория, путь, перемещение, проекции вектора перемещения; иллюстрация относительности координат точки, проекций вектора перемещения, инвариантности модуля перемещения в двух разных, но неподвижных относительно друг друга системах отсчета; относительность перемещения, траектории и пути; теорема сложения перемещений; моделирование движения лодки под прямым углом к вектору скорости реки; моделирование переплыwania реки по кратчайшему пути.

К динамическим демонстрациям относятся: наблюдение свободного падения тела в подвижной системе отсчета; наблюдение свободного падения тела в неподвижной системе отсчета относительно подвижной; наблюдение движения тела, брошенного горизонтально, в неподвижной системе отсчета; наблюдение движения тела, брошенного горизонтально, в равномерно движущейся системе отсчета; взаимодействие тел в неподвижной системе отсчета; закон сохранения импульса; независимость действия сил; взаимодействие тел в подвижной системе отсчета; инвариантность закона сохранения импульса в инерциальной системе отсчета; взаимодействие тел в неинерциальной системе отсчета; принцип действия инерциального акселерометра.

Модель (рис. 3.6) составляют: подвижная система отсчета, выполненная в виде рамы с поддоном и гребенкой; монорельс; набор комплектующих. Гребенка — бумажная лента (внизу на рис. 3.6, а), попе-

¹ Описание составлено при участии В. С. Исаева.

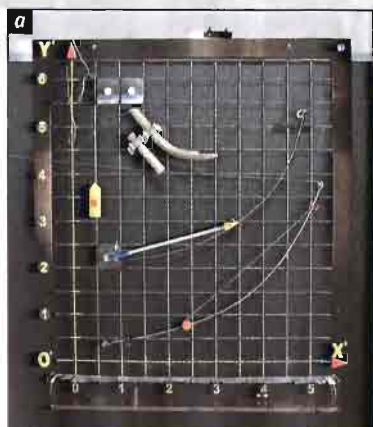


Рис. 3.6



рек которой нарезаны полоски. Она фиксирует точку падения в поддон шарика (его координату).

Монорельс (рис. 3.6, б) служит для перемещения рамы, на которой имеются специальные ролики. Размеры монорельса согласованы с толщиной классной доски, на верхний торец которой он укладывается. На монорельсе имеются два отверстия — в центре и на правом конце. В отверстия на правом конце закрепляется стержень.

Набор комплектующих включает в себя: съемный кронштейн, который устанавливается на монорельсе; трубки с прорезями — с прямолинейным и криволинейным профилями; кронштейны: со стержнем (2 шт.), с белой меткой (2 шт.), с блоком (1 шт.), с кольцом и сеткой (2 шт.); пластины: на магнитной резине со стержнем (1 шт.), в форме лодочки с белым кружком в центре (1 шт.), металлическая (1 шт.); модели траекторий: Т1 с кареткой, Т2 с шариком; модель вектора перемещения; шарики.

В горизонтальной части трубки с криволинейным профилем имеются: отверстие, диаметр которого чуть больше диаметра шарика,

и специальное углубление, позволяющее установить шарик так, чтобы он оставался неподвижным при движении рамы. Обе трубки с прорезями укреплены на уголках и могут с их помощью устанавливаться как на подвижной конструкции, так и на съемном кронштейне.

Технологию проведения опытов проиллюстрируем на примере демонстрации взаимодействия тел в подвижной системе отсчета.

В прорезь трубки с криволинейным профилем вставляется металлическая пластина и устанавливаются два шарика: в верхней и нижней части трубки (рис. 3.7, а).

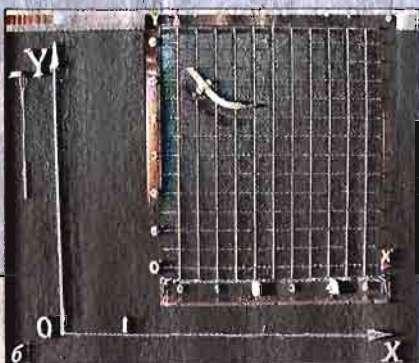
При выдергивании пластины из прорези верхний шарик начинает двигаться и в момент столкновения с шариком, лежащим на горизонтальной части трубки, передает ему импульс. Положения шариков в поддоне после взаимодействия фиксируются гребенкой (рис. 3.7, б).

Опыт повторяют, привязав к пластинке нить. При перемещении рамы вправо пластина выдергивается из прорези и верхний шарик начинает двигаться. В этом случае шарики взаимодействуют в движущейся системе отсчета.

Расстояние между шариками в поддоне оказывается таким же, как и при взаимодействии в неподвижной системе отсчета. Этот результат подтверждает инвариантность закона сохранения импульса в инерциальных системах отсчета.



Рис. 3.7



3.4. (4.2.25) Прибор для демонстрации законов механики на воздушной подушке

Прибор предназначен для проведения демонстраций при изучении законов равномерного и равноускоренного движения, законов Ньютона, законов сохранения импульса и энергии. Для проведения экспериментов дополнительно необходима воздушная подушка 2.11.

В состав прибора (рис. 3.8) входят: направляющий монорельс; три пластмассовые каретки (одна большая и две малые); пульт управления; фотодатчик; пружинный динамометр; узел сброса давления; два электромагнита (пусковые); ступенчатая подставка; два груза; два флажка и два соединительных провода.

Монорельс изготовлен из алюминиевой трубы прямоугольного сечения и установлен на стальную опорную раму с двумя стойками на концах. К одной из стоек рамы прикреплена поперечная планка с двумя винтами (ножками) на концах, с помощью которых можно изменять углы наклона поверхности монорельса в двух направлениях и устанавливать ее строго в горизонтальной плоскости.

Для выхода струи сжатого воздуха из монорельса на его поверхности имеются многочисленные мелкие отверстия, расположенные равномерно.

На боковой поверхности опорной рамы закреплена шкала, оцифрованная через одно деление от 0 до 100 см. Цена деления шкалы 5 см.

На одном конце монорельса закреплен узел сброса давления, который является воздушной заслонкой. Для работы прибора другой конец монорельса соединяют с воздушной подушкой с помощью гибкого



Рис. 3.8

шланга. На обоих концах монорельса установлены пусковые электромагниты для удержания и запуска кареток.

Пружинный динамометр смонтирован на специальном кронштейне и помещен в пластмассовый корпус. Динамометр снабжен стрелочным указателем и шкалой. Предел измерения динамометра 0,06 Н; цена деления его шкалы 0,01 Н.

Ступенчатая подставка предназначена для придания монорельсу фиксированных углов наклона 1° и 3° .

Пульт управления прибора является командно-сигнальным устройством. Он выполнен в отдельном металлическом корпусе. Внутри корпуса размещена монтажная плата с элементами электрической схемы. На лицевую панель пульта выведены: ручки тумблеров выключателя сети прибора и переключателя режима его работы; гнездо для подключения фотодатчика; фонарь с сигнальной лампой; клеммы для присоединения: секундомера, источника тока, пусковых электромагнитов и электромагнита сброса давления.

Технические характеристики прибора

- 1) Длина малой каретки 100 мм; масса 50 г. Длина большой каретки 200 мм; масса 100 г. Масса каждого груза 50 г.
- 2) Габаритные размеры прибора в сборе не более $1500 \times 240 \times 300$ мм; масса прибора не более 11 кг.
- 3) Габаритные размеры упаковочного ящика не более $1520 \times 330 \times 140$ мм; масса прибора с упаковочным ящиком не более 11 кг.

3.5. (4.2.8) Комплект «Вращение»

Комплект предназначен для демонстрации экспериментов с телами, движущимися по окружности, и используется в следующих демонстрациях: отношение модулей ускорений двух взаимодействующих тел, движущихся по окружности; второй закон Ньютона; модель опыта Штерна; маятник Фуко и др.

Данный комплект (рис. 3.9, а) составляют: металлический диск; электропривод; пульт управления; принадлежности для сборки прибора и проведения опытов. Все детали комплекта размещены в специальной деревянной укладочной коробке. При сборке прибора используется подставка от штатива физического 2.16(1).

В качестве электропривода в приборе используется электродвигатель с фрикционной передачей. В металлическом диске имеются отверстия для соединения его с электроприводом и крепления принадлежностей прибора.



Рис. 3.9



Пульт управления (рис. 3.9, б) предназначен для включения электродвигателя и регулирования частоты вращения диска. Он выполнен в пластмассовой коробке, внутри которой размещена монтажная плата с элементами электрической схемы. На крышке коробки расположены: предохранитель; индикатор включения сети (верхняя часть светодиода); гнезда для соединения вилки шнура электродвигателя и ручка регулятора частоты вращения диска, закрепленная на оси переменного резистора и совмещенная с выключателем сети.

В состав принадлежностей к прибору входят следующие детали: ось диска; шкив; фрикционное кольцо шкива; три груза; направляющая (стержень) для грузов; коробка (или пробирки) с дробью; воронка со штангой для пуска шариков; ловушка для шариков; металлическая дуга; две стойки диска для крепления дуги и других деталей; шкала с нулем посередине и оцифрованными отметками; стержень с тремя шариками на нити; блок; шарик на нити с муфтой; кронштейн для установки фотодатчика; винты и гайки различных размеров.

Для сборки прибора на нижней плоскости диска закрепляют шкив с фрикционным кольцом и насаживают его на ось электропривода, установленного на подставке универсального штатива. В зависимости от проводимого опыта на диске размещают соответствующие детали из принадлежностей прибора.

Технические характеристики прибора

- 1) Напряжение питания 220 В.
- 2) Мощность электродвигателя не более 50 Вт.
- 3) Диапазон регулировки частоты вращения диска от 0 до 10 об/с.
- 4) Диаметр диска не более 430 мм. Высота каждой стойки порядка 230 мм.
- 5) Габаритные размеры пульта управления не более $160 \times 130 \times 80$ мм. Габаритные размеры комплекта (укладочной коробки) не более $490 \times 490 \times 180$ мм.
- 6) Масса комплекта не более 9,5 кг.

3.6. (4.2.17) Набор по статике с магнитными держателями

Набор предназначен для проведения демонстрационных экспериментов при изучении элементов статики: сложение двух сил, действующих по одной прямой; сложение двух сил, направленных под углом друг к другу; сложение параллельных сил; равновесие сил на рычаге и блоках; правило моментов; условия равновесия твердого тела, имеющего ось вращения, и др.

Набор состоит из металлической панели и следующих принадлежностей: динамометр трубчатый с держателем магнитным (3 шт.); держатель магнитный (2 шт.); блок (2 шт.); набор из пяти грузов (2 шт.); пластина неправильной формы с отверстиями (1 шт.); стержень с петлями (2 шт.); угольник для измерения плеча силы (1 шт.); пружина с ниткой (2 шт.); кольцо с разрезом (2 шт.); крючок проволоочный (5 шт.); вставка для держателя магнитного (2 шт.); нить (1 шт.).

На рисунке 3.10 показаны панель, детали набора и укладка для их размещения.



Рис. 3.10

Панель выполнена из листа стали и установлена в деревянную раму. При проведении экспериментов ее можно повесить к классной доске или установить на демонстрационном столе с помощью универсального штатива **2.16**.

Держатель магнитный удерживается на поверхности панели с помощью постоянного магнита круглой формы. Держатель магнитный со вставкой используется для установки на него блока или пластины, а также для крепления пружины.

Пластина неправильной формы имеет по краям несколько отверстий и одно отверстие в центре тяжести. На наружном цилиндре трубчатого динамометра имеется корректор, который обеспечивает установку внутреннего цилиндра в начальное положение.

Технические характеристики набора

- 1) Размер рабочего поля панели не менее 800×55 мм.
- 2) Магнитный держатель, установленный на панели, выдерживает усилие на сдвиг не менее 6 Н.
- 3) Предел измерения динамометра 4 Н; цена деления шкалы 0,5 Н.
- 4) Масса каждого груза из набора 50 ± 2 (г); масса пластины 50 ± 5 (г), общая масса набора не менее 5,5 кг.

Для проведения демонстраций дополнительно необходим метр демонстрационный **2.29**.

Приборы и принадлежности набора хранятся отдельно от панели. При наличии в кабинете физики классной доски на стальной (магнитной) основе набор приобретается без металлической панели.

3.7. (4.2.11) Комплект оборудования по аэродинамике¹ (Н)

Комплект предназначен для проведения демонстраций по аэродинамике: измерение подъемной силы крыла и ее зависимость от угла атаки; оценка разности давлений под и над крылом; измерение силы лобового сопротивления; влияние скорости потока на силу лобового сопротивления; зависимость силы лобового сопротивления от формы находящегося в потоке тела.

Данный комплект (рис. 3.11) составляют: универсальные аэродинамические весы; модель крыла; шесть тел для исследования силы лобового сопротивления с одинаковым диаметром 25 ± 2 (мм), но разной

¹ Описание составлено совместно с В. М. Пальмихиным.

формы: диск, прямая и обратная полусферы, прямая и обратная «капли» и цилиндр закругленный; дифференциальный наклонный манометр; насадка на трубу воздухоудки.

Для проведения демонстраций дополнительно необходима воздухоудка 2.11.

Универсальные аэродинамические весы используют для измерения силы лобового сопротивления крыла и подъемной силы, но в разных экспериментах.

Принцип действия универсальных весов заключается в следующем. Сила тяжести, действующая на крыло, уравновешивается весом груза-противовеса, а момент подъемной силы компенсируется моментом силы упругости пружины.

Технические характеристики аэродинамических весов

- 1) Пределы измерения угла атаки: нижний предел $(-30 \pm 2)^\circ$, верхний предел $(30 \pm 2)^\circ$.
- 2) Пределы измерения силы от $-0,15$ Н до $0,40$ Н; цена деления шкалы $0,05$ Н; допускаемая погрешность $\pm 0,02$ Н.
- 3) Масса груза-противовеса $0,10 \pm 0,02$ (кг).

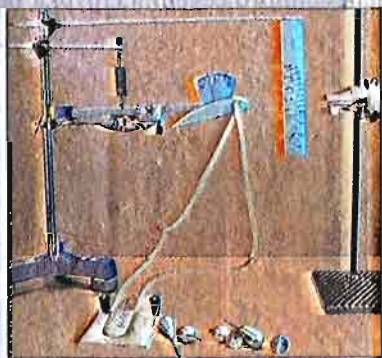


Рис. 3.11



Рис. 3.12

Для демонстрации разности давления под и над крылом используется дифференциальный жидкостный манометр с углом наклона 10° . Для обеспечения видимости манометр располагается на кадровом окне кодоскопа 2.1(4), а его изображение проецируется на экран (рис. 3.12).

При измерении силы лобового сопротивления на место крыла устанавливается одно из шести тел, входящих в комплект. Подбор тел обусловлен тем, что сила лобового сопротивления диска при аэродинамических измерениях обычно принимается за единицу. Тогда сила лобового сопротивления обратной полусферы составляет 1,4; прямой — 0,4; прямой «капли» 0,2; обратной — меньше 0,1.

3.8. (4.2.11) Комплект оборудования по гидродинамике (Н)

Комплект предназначен для иллюстрации простейших явлений и закономерностей ламинарных потоков, моделирования обтекания жидкостью твердых тел различной формы.

Этот комплект используется для проведения следующих демонстраций: распределение давления в трубе переменного сечения; ламинарное течение жидкости и возникновение турбулентности при увеличении скорости течения; картина обтекания жидкостью твердых тел различной формы; принцип действия центробежного насоса.

В состав комплекта (рис. 3.13, а) входят: кювета, по размерам согласованная с кодоскопом; трубка переменного сечения (трубка Бер-

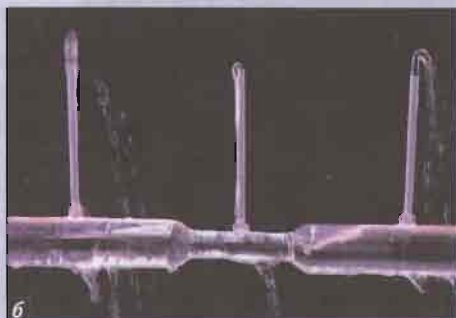
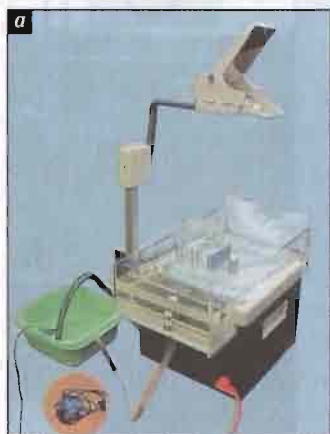


Рис. 3.13

нулли); набор тел для обтекания жидкостью (цилиндр, модель крыла, тело в форме капли, параллелепипед); насос центробежный с прозрачной крышкой; шланг специальный; резервуар для воды.

При проведении некоторых демонстраций необходим кодоскоп 2.1(4). При иллюстрации уравнения Бернулли (рис. 3.13, б) создается замкнутая система водотока с использованием насоса и резервуара.

Технические характеристики комплекта

- 1) Центробежный насос: объемная подача воды не менее 5 л/мин, напор воды не менее 1 м; габаритные размеры корпуса: длина 80 ± 10 (мм), диаметр 80 ± 10 (мм).
- 2) Трубка переменного сечения для демонстрации уравнения Бернулли: внутренний диаметр: широких частей трубки 25 ± 2 (мм), узкой части трубки 12 ± 1 (мм), капиллярной трубки $2 \pm 0,5$ (мм); длина трубки 500 ± 50 (мм).
- 3) Габаритные размеры кюветы: длина 550 ± 10 (мм), ширина 300 ± 10 (мм). Угол наклона рабочей плоскости $(5 \pm 2)^\circ$. Размеры рабочей плоскости кюветы: длина 380 ± 10 (мм), ширина 300 ± 10 (мм).
- 4) Объем воды, заливаемой в резервуар, $0,008 \text{ м}^3$.

3.9. (4.2.12) Комплект по преобразованию движения, сил и моментов (Н)

Комплект предназначен для проведения демонстрационных экспериментов по механике при изучении таких тем, как кинематика, статика, колебания, работа, мощность, энергия.

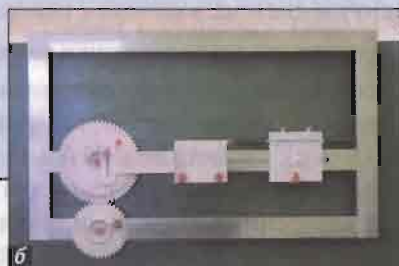
С помощью этого комплекта проводятся следующие демонстрации: преобразование и относительность траекторий; иллюстрация теорем сложения скоростей, перемещений и ускорений; геометрическая модель гармонических колебаний; соотношение между моментами сил и радиусами зубчатых колес (периодами, угловыми скоростями); преобразование сил; построение кинематических диаграмм; демонстрация вынужденных колебаний; демонстрация свободных колебаний; исследование резонанса; исследование зависимости периода колебаний пружинного маятника от массы груза и жесткости пружины.

Комплект позволяет продемонстрировать и объяснить принцип действия таких механизмов, как редуктор, кривошипно-ползунный, синусный, шарнирно-четырёхзвенный механизм Чебышева, двойной рычаг.

Базовым элементом комплекта (рис. 3.14, а) является рама, которая устанавливается на верхнюю кромку классной доски и имеет пазы



Рис. 3.14



в средней и нижней планках. Размещение всех элементов на раме производится с использованием специально подобранных крепежных деталей, входящих в состав комплекта. К базовым элементам также относятся зубчатое колесо и шестеренка с ручкой. Они используются во всех демонстрациях, кроме двойного рычага.

Помимо базовых элементов в комплект входят: ползун с кулисой и ползун со съёмными грузами; шатуны; коромысло со специальным узлом для крепления мела. Двойной рычаг собирается из звеньев.

Для проведения некоторых демонстраций необходимо дополнительное оборудование: пружины из набора 1.17 (1); грузы по механике 1.15.

Состав комплекта позволяет оптимально сочетать демонстрацию физических принципов техники, моделирование и применение изучаемого материала. Например, демонстрация вынужденных колебаний и резонанса (рис. 3.14, б) позволяет смоделировать широко используемую в учебниках геометрическую модель колебаний.

Технические характеристики комплекта

- 1) Габаритные размеры рамы: длина 670 мм, высота 400 мм.
- 2) Масса комплекта 8 кг.
- 3) Диаметр делительной окружности: шестерни 100 мм, зубчатого колеса 150 мм.
- 4) Перемещение кулисы синусного механизма от среднего положения 25 мм.
- 5) Длины звеньев механизма Чебышева: кривошип 55 мм, шатун 250 мм, коромысло 510 мм.

3.10. (4.2.35) Тележки легкоподвижные с принадлежностями (пара)

Тележки позволяют проиллюстрировать на качественном уровне закономерности взаимодействия тел, преобразования энергии, относительность механического движения, смоделировать поведение разомкнутых и замкнутых систем тел.

Тележки используют для проведения следующих демонстраций: моделирование движущихся инерциальных и неинерциальных систем отсчета; независимость ускорения тела относительно неинерциальных систем отсчета от массы тела; взаимодействия: двух неподвижных тележек, тележки и препятствия, движущейся и неподвижной тележек; явление отдачи; движение центра масс: при скатывании цилиндра по наклонной плоскости (система не является замкнутой), при колебаниях физических маятников (система является замкнутой); преобразование кинетической энергии в потенциальную.

Базовыми элементами набора являются две тележки (рис. 3.15, а) — активная с упругим узлом и пассивная с отверстиями для крепления принадлежностей. Одна из колесных пар пассивной тележки имеет проточку для нитей. Упругий узел активной тележки состоит из буфера, двух пружин, монорельса, штифта. К буферу приварен толкатель.

В состав набора (рис. 3.15, б), кроме тележек, также входят: устройство для демонстрации преобразования потенциальной энергии в ки-

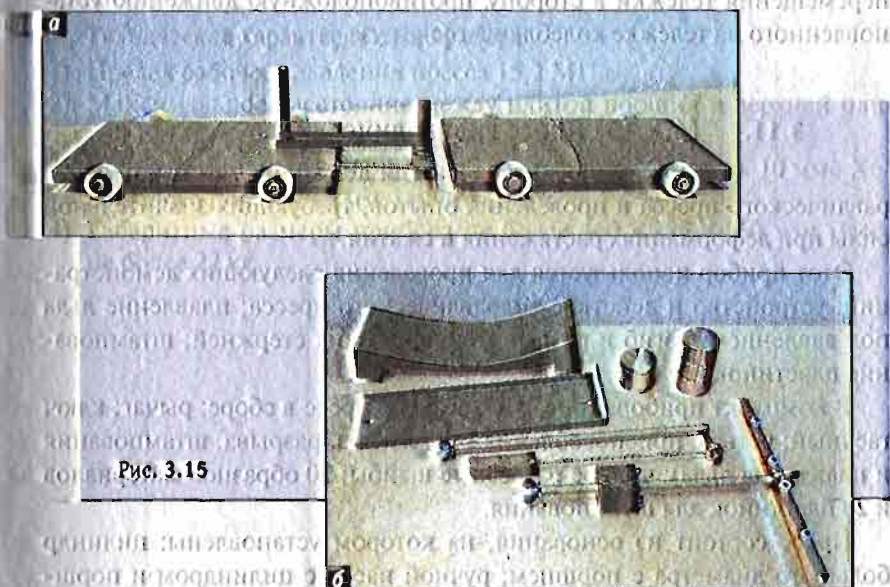


Рис. 3.15

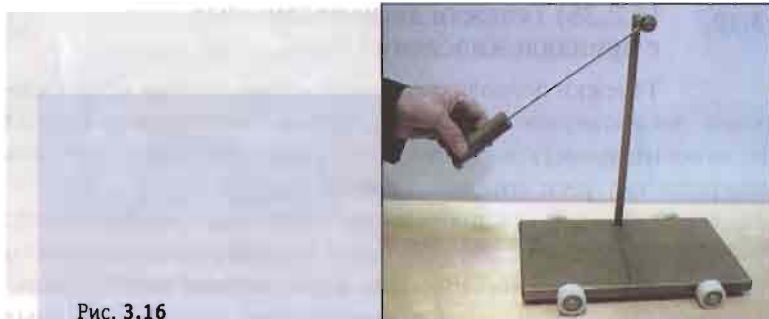


Рис. 3.16

нетическую, состоящее из стержня с гайкой, переключины с блоками и груза с отверстиями на спице; груз на стержне; наклонная плоскость; специальный вогнутый профиль; два груза; шаблон на нити.

Технические характеристики набора

- 1) Габаритные размеры активной тележки: длина 420 мм, ширина 180 мм, высота платформы 30 мм; масса тележки 1,5 кг.
- 2) Габаритные размеры пассивной тележки: длина 310 мм, ширина 180 мм, высота платформы 30 мм, масса тележки 1,2 кг.
- 3) Масса грузов 0,6 и 0,3 кг.

Для примера на рисунке 3.16 приведена фотография демонстрации перемещения тележки в сторону, противоположную движению установленной на тележке колеблющегося груза.

3.11. (4.2.15) Пресс гидравлический

Прибор предназначен для демонстрации работы гидравлического пресса и проведения опытов, требующих значительной силы при деформациях растяжения и сжатия.

Этот прибор используется для проведения следующих демонстраций: устройство и действие гидравлического пресса; плавление льда под давлением; изгиб и разрыв металлических стержней; штампование пластинок.

В комплект прибора (рис. 3.17) входят: пресс в сборе; рычаг; ключ гаечный; четыре приспособления (для изгиба, разрыва, штампования и плавления льда); четыре разрезные шайбы; 20 образцов материалов и 20 пластинок для штампования.

Пресс состоит из основания, на котором установлены: цилиндр большого диаметра с поршнем; ручной насос с цилиндром и порш-

нем малого диаметра; манометр, соединенный с цилиндрами общим каналом.

В нижней части прибора имеется бак для масла. Нижний (всасывающий) канал насоса соединен с баком. При движении поршня насоса вверх масло из бака поднимается вверх и заполняет нижнюю часть цилиндра насоса. При движении поршня вниз клапан насоса за-



Рис. 3.17

крывает всасывающий канал, открывается клапан бокового нагнетательного канала и масло из цилиндра насоса через манометр поступает в нижнюю часть большого цилиндра. В результате многократного движения поршня насоса вверх и вниз количество масла под большим поршнем увеличивается и он медленно поднимается вверх.

Для объяснения принципа действия пресса целесообразно использовать модель машины гидравлической 3.18.

Над поршнем в верхней части большого цилиндра на двух колонках укреплена верхняя неподвижная плита. На колонках нанесены круговые поперечные риски, показывающие предел подъема плиты поршня. Испытуемые тела размещаются между верхней плитой и плитой поршня.

Технические характеристики прибора

- 1) Предел рабочего давления пресса 15,2 МПа.
- 2) Максимальное расстояние между плитой поршня и верхней плитой 120 мм.
- 3) Диаметр большого поршня 58 мм, малого (насоса) 10 мм. Ход большого поршня 60 мм, малого 20 мм.
- 4) Габаритные размеры прибора не более $460 \times 385 \times 160$ мм; масса не более 22 кг.



ОТДЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
3.12	4.2.1	Веделерко Архимеда	232
3.13	4.2.4	Камертоны на резонирующих ящиках с молотком	233
3.14	4.2.35	Набор тележек легкоподвижных	233
3.15	4.2.24	Машина волновая	234
3.16	4.2.14	Прибор «Маятник Максвелла»	236
3.17	4.2.39	Машина центробежная с центрифугой	237
3.18	4.2.15	Модель машины гидравлической	237
3.19		Модель планетной системы	238
3.20		Теллурий	239
3.21	4.2.20	Наборы тел равной массы	240
3.22		Набор блоков	241
3.23	4.2.27	Прибор для демонстрации давления в жидкости	241
3.24	4.2.28	Прибор для демонстрации атмосферного давления	243

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
3.25		Прибор для демонстрации инертности тел	244
3.26	4.2.30	Призма наклоняющаяся с отвесом	244
3.27	4.2.31	Рычаги демонстрационные 1) Рычаг длиной 100 см 2) Рычаг длиной 80 см	245
3.28	4.2.32	Сосуды сообщающиеся	246
3.29	4.2.36	Трибометры демонстрационные 1) Трибометр с транспортиром и отвесом 2) Трибометр со съемным блоком и шкалой с сантиметровыми делениями	248
3.30	4.2.33	Стакан отливной	250
3.31	4.2.34	Трубка Ньютона	250
3.32	4.2.40	Шар Паскаля	251



3.12. (4.2.1) Ведерко Архимеда

Прибор предназначен для демонстрации действия жидкости на погруженное в нее тело и измерения выталкивающей силы.

В комплект прибора (рис. 3.18) входят: ведроко; тело цилиндрической формы и пружинный динамометр.

Внутренние размеры ведерка соответствуют наружным размерам тела. Прибор изготовлен так, чтобы тело свободно и полностью входило в ведроко.



Рис. 3.18

У ведерка сверху имеется дужка, а снизу закреплена небольшая проволочная петля. Для проведения демонстрации ведроко для дужку подвешивают к динамометру, а к его петле за крючок подвешивают тело. Плотность тела немного превышает плотность воды.

Динамометр состоит из скобы, пружины и стержня с крючком для подвешивания ведерка. На верхней части стержня закреплён указатель в форме диска. Верхний конец пружины надет на крючок скобы, а на ее нижний конец подвешен стержень. Стержень продет через отверстия в скобе, которые служат для него направляющими. Растяжение пружины динамометра отмечается фиксатором, находящимся на скобе. Отсчет показаний производится по передвигному указателю стержня. На скобе предусмотрена площадка для крепления бумаги.

Динамометр прибора можно использовать также отдельно в других опытах, если его шкалу предварительно проградуировать.

Технические характеристики прибора

- 1) Высота ведерка 100 мм; диаметр 45 мм.
- 2) Габаритные размеры прибора не более $70 \times 330 \times 45$ мм.
- 3) Масса не более 0,52 кг.

Для проведения демонстрации необходимо дополнительное оборудование: штатив универсальный 2.16, стакан отливной 3.30, стакан вместимостью больше, чем объем ведерка, и небольшой лист бумаги для динамометра.

3.13. (4.2.4) Камертоны на резонирующих ящиках с молоточком

Камертоны предназначены для демонстрации звуковых колебаний и волн: наблюдение осциллограмм однотонального звука; звуковой резонанс; интерференция звуковых волн и др.

В комплект (рис. 3.19) входят два одинаковых камертона на резонирующих ящиках и резиновый молоточек. Каждый камертон изготовлен из стали и имеет строго определенную длину ветвей прямоугольного сечения. Оба камертона настроены на частоту 440 Гц.

У резонирующих ящиков камертонов одна стенка открыта. На верхней доске каждого ящика имеется втулка для установки камертонов, а внизу — суконные или резиновые ножки для звукоизоляции.

При демонстрации звукового резонанса камертоны располагают на расстоянии 20—30 см так, чтобы отверстия ящиков были обращены друг к другу. Ударяют молоточком по ножке одного из камертонов и через 3—5 секунд рукой гасят колебания. При этом слышен звук, источником которого является второй камертон.

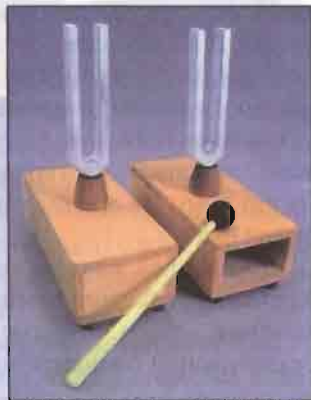
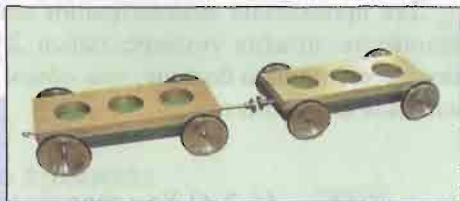


Рис. 3.19

3.14. (4.2.35) Набор тележек легкоподвижных

Набор тележек предназначен для демонстрации различных видов движений и взаимодействий при изучении законов механики. Тележки используются для следующих демонстраций: прямолинейное равномерное движение; измерение скорости движения; прямолинейное равноускоренное движение; проявление инер-

Рис. 3.20



ции; взаимодействие тел; третий закон Ньютона; закон сохранения импульса.

Набор (рис. 3.20) составляют две одинаковые тележки с платформами прямоугольной формы. Каждая тележка состоит из металлического каркаса, деревянной платформы и толкателя.

Каркас изготовлен из стальной пластины. Края пластин согнуты под прямым углом в виде бортиков. В двух противоположных бортиках просверлены отверстия для осей колес. В передней части каркаса установлен толкатель в виде диска со стержнем. В одной тележке стержень толкателя жестко прикреплен к каркасу, в другой — насажен на пружину. На другом конце каркаса установлен крючок для закрепления нити.

Деревянная платформа тележки жестко прикреплена к каркасу. Круглые углубления в ней предназначены для размещения грузов. Резиновые кольца, надетые на колеса, исключают возможность проскальзывания по поверхности демонстрационного стола.

Технические характеристики тележек

- 1) Размеры поверхностей каркаса и платформы одинаковы и равны 200×70 мм; диаметр каждого углубления на платформе 40 мм. Диаметр колес тележек 50 мм.
- 2) Габаритные размеры каждой тележки не более $210 \times 110 \times 60$ мм.
- 3) Общая масса комплекта тележек не более 0,4 кг.

Для проведения демонстраций необходимо дополнительное оборудование: счетчик-секундомер демонстрационный 2.28, метр демонстрационный 2.29, набор грузов по механике 1.15, брусок от демонстрационного трибометра 3.29.

3.15. (4.2.24) Машина волновая

Прибор предназначен для моделирования колебательных и волновых движений на плоскости с помощью набора подвижных шариков и используется в следующих демонстрациях: колебание отдельной частицы; колебание двух частиц с разными фазами; обра-



Рис. 3.21



зование стоячих волн; распространение поперечных и продольных волн; стоячие поперечные и продольные волны.

Машина волновая (рис. 3.21, а) состоит из прямоугольной панели; чугунной подставки; металлических стержней (спиц) с пластмассовыми шариками; круглого зажима с ручкой; стержня с шарнирным механизмом и металлического диска с рукояткой.

На лицевой панели прибора на равных расстояниях подвешены 13 стержней с насаженными на них шариками. Каждый стержень с шариком представляет собой маятник, который удерживается в вертикальном положении за счет пружины и нити. Все нити маятников пропущены через 12 отверстий, расположенных по окружности в одной половине панели. Две нити (от первого и тринадцатого маятников) пропущены через одно верхнее отверстие.

На обратной стороне панели (рис. 3.21, б) все нити прикреплены равномерно по окружности к круглому зажиму с ручкой. В нормальном положении длина нитей отрегулирована так, чтобы при нахождении зажима с ручкой в центре круга с отверстиями все шарики располагались в один ряд в нижней части панели. Такая система нитей с зажимом позволяет моделировать продольные волны. Например, при медленном движении круглого зажима с нитями по окружности движение шариков можно воспринять как модель распространения продольных волн.

Другая система нитей с металлическим диском предназначена для демонстрации модели поперечных волн. Для этого нити привязаны к шарикам. Нити огибают крючки, расположенные в местах по-

двесов стержней, и проходят через другие отверстия, расположенные по окружности в другой части панели. С обратной стороны панели нити прикреплены к металлическому диску. Стержень с шарниром предварительно ввинчивают в металлическое гнездо (гайку), прикрепленное с обратной стороны панели в центре окружности с отверстиями. Диск насаживают на шарнир и навинчивают рукоятку. При параллельном положении диска и панели все шарики расположены в один ряд на уровне белой горизонтальной линии на лицевой стороне панели. Движением рукоятки по окружности или вверх и вниз можно показать модель распространения поперечных волн (см. рис. 3.21, а).

Чтобы выделить движение шариков от второстепенных деталей прибора, шарики окрашены в белый цвет.

На нижнем конце каждого стержня насажена небольшая муфта из кусочка сукна в металлической обойме. За счет трения она может подержать шарик на любой высоте.

Технические характеристики прибора

- 1) Размеры панели 600×260 мм.
- 2) Габаритные размеры прибора не более $605 \times 230 \times 350$ мм.
- 3) Масса прибора не более 4,7 кг.

3.16. (4.2.14) Прибор «Маятник Максвелла»

Прибор предназначен для проведения демонстрационных экспериментов по механике.

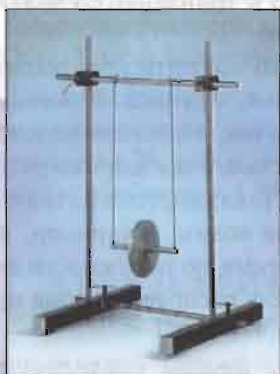


Рис. 3.22

Этот прибор используется при изучении таких явлений и эффектов, как: инерция; затухающие механические колебания; преобразование одного вида механической энергии в другой.

«Маятник Максвелла» (рис. 3.22) представляет собой диск диаметром 100 мм и толщиной 7 мм, закрепленный на оси диаметром 10 мм и длиной 130 мм. Маятник подвешивается к стержню длиной 350 мм и диаметром 10 мм, в котором имеются винты для фиксации нитей подвеса.

Для проведения экспериментов необходим штатив универсальный 2.16(2 б).

3.17. (4.2.39) Машина центробежная с центрифугой

Машина центробежная предназначена для демонстрационных экспериментов по разным разделам курса физики. Чаще всего ее используют при изучении вращательного и колебательного движений.

Внутри закрытого металлического корпуса машины размещена червячно-шестеренчатая передача с соотношением 1:16, т.е. при одном обороте рукоятки шпиндель машины совершает 16 оборотов.

Для проведения демонстраций машину закрепляют на краю стола при помощи струбцины. На шпиндель надевают различные приспособления. На рисунке 3.23 представлена машина центробежная с моделью центрифуги.



Рис. 3.23

3.18. (4.2.15) Модель машины гидравлической (H)

Принцип действия машины гидравлической (рис. 3.24) такой же, как и у гидравлического пресса 3.11.

Модель машины гидравлической отличается от пресса более полной реализацией требования видимости к демонстрационным приборам: цилиндры и трубопроводы выполнены из прозрачного пластика.

Прибор используется для демонстрации принципа действия гидравлического пресса и гидравлического подъемника. В последнем случае снимается верхняя платформа.



Рис. 3.24

Технические характеристики машины

- 1) Размеры основания: длина 250 ± 5 (мм), ширина 180 ± 5 (мм).
- 2) Внутренний диаметр: большого цилиндра 100 ± 2 (мм), малого цилиндра 20 ± 2 (мм).
- 3) Максимальное рабочее усилие не менее 100 Н. Максимальное давление в гидросистеме $4^{-0.5}$ атм.
- 4) Габаритные размеры модели: длина рычага в горизонтальном положении не более 350 мм.

3.19. Модель планетной системы

Прибор предназначен для моделирования движения и расположения планет Солнечной системы, а также сравнения их размеров.

С помощью модели можно наблюдать порядок расположения планет относительно Солнца; определить примерные расстояния планет от Солнца; рассчитать сидерические и синодические периоды планет; сравнить размеры планет друг с другом, а также сравнить конфигурации планет, полученные на модели, с данными школьного астрономического календаря.

Модель (рис. 3.25) состоит из пластмассового корпуса; электродвигателя; механизма привода и восьми пластмассовых шаров разного размера на металлических штангах и стойках.

Электродвигатель и механизм привода шести планет (Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн) размещены внутри корпуса прибора.

На верхней и боковой поверхностях крышки корпуса нанесены две шкалы: временная с указанием месяцев года (цена деления 5 дней) и гелиоцентрических долгот (цена деления 5°).

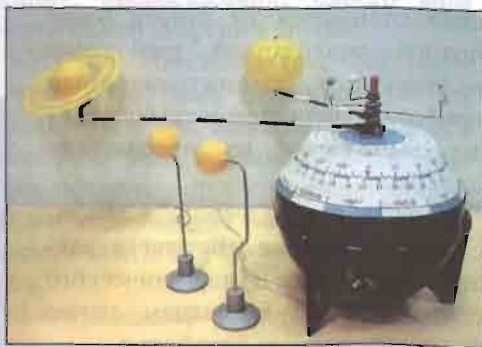


Рис. 3.25

Моделью Солнца служит небольшой колпачок, надетый на выступающий из корпуса конец центральной оси механизма привода.

На валу электродвигателя закреплено зубчатое колесо, находящееся в зацеплении с другим зубчатым колесом, жестко связанным со ступенчатым шкивом. Движение от шкива через ременные передачи передается ведомым шкивам моделей планет (шаров). Каждый шар обращается вокруг центральной оси (модели Солнца) с разной частотой вращения.

Модели Урана и Нептуна установлены на отдельных подставках со стойками. Они не связаны с механизмом привода.

Шары имеют разную окраску: она примерно соответствует цветам планет, наблюдаемым в телескоп.

Одно деление на штангах, несущих модели Юпитера и Сатурна, соответствует одной астрономической единице.

Технические характеристики модели

- 1) Напряжение питания 220 В.
- 2) Габаритные размеры модели без рычагов не более $245 \times 235 \times 300$ мм.
- 3) Масса модели без упаковки не более 3,2 кг.

3.20. Теллурий

Теллурий предназначен для моделирования движения Солнца, Земли и Луны.

С помощью данной модели можно иллюстрировать смену времен года; весеннее и осеннее равноденствия; фазы Луны; относительность движения.

Прибор (рис. 3.26) состоит из моделей Солнца (оранжевый шар), Земли (глобуса) и Луны. Все небесные тела начинают двигаться при вращении приводной рукоятки.



Рис. 3.26

Система передач (ременных и шестеренчатых) теллурия устроена так, что при вращении рукоятки вокруг массивной подставки против часовой стрелки глобус также вращается против часовой стрелки, а ось глобуса сохраняет неизменное направление в пространстве.

Модель Луны вращается одновременно с движением модели Земли также против часовой стрелки.

При настройке прибора устанавливают профильную штангу в такое положение, при котором ось глобуса будет наклонена в сторону оранжевого шара (внутри шара лампа накаливания включается выключателем), а диск поворачивают так, чтобы точка с надписью «летнее солнцестояние» совпала с красной визирной линией указателя. Продолжение этой линии должно указывать на точку «лето» на подставке глобуса.

3.21. (4.2.20) Наборы тел равной массы

Наборы предназначены для сравнения объемов тел одинаковой массы, изготовленных из разных материалов, и определения их плотностей.

Набор, представленный на рисунке 3.27, *а*, состоит из пяти тел цилиндрической формы одинакового диаметра и разной высоты, изготовленных из бронзы, стали, алюминия, пластмассы и дерева. Каждый цилиндр сверху имеет небольшой крючок.

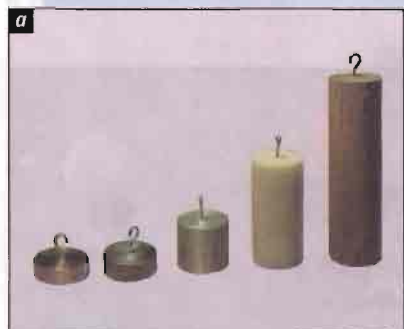


Рис. 3.27



Технические характеристики набора

- 1) Масса каждого тела 48 г; диаметр 30 мм.
- 2) Высота тел (без крючков): бронзового — 7 мм, стального — 8 мм, алюминиевого — 25 мм, пластмассового — 57 мм и деревянного — 100 мм.
- 3) Габаритные размеры набора в упаковке не более $120 \times 90 \times 35$ мм, масса не более 0,25 кг.

Набор тел без крючков (рис. 3.27, б) состоит из тел, изготовленных из алюминия, латуни, текстолита (эбонита). Тела также имеют диаметр 30 мм; масса каждого тела 150 г.

3.22. Набор блоков

Набор предназначен для демонстрации действия простых механизмов.

Набор (рис. 3.28) состоит из одинарного блока в обойме; полиспастов из двух и трех блоков на одной оси; полиспаста из трех блоков разного диаметра на разных осях.

Блоки пластмассовые, их диаметр 55 мм.

Сочетание блоков и полиспастов позволяет проводить следующие демонстрационные эксперименты: изучение свойств неподвижного и подвижного блоков; изучение свойств системы из подвижного и неподвижного блоков; определение КПД подвижного и неподвижного блоков и их соединений.

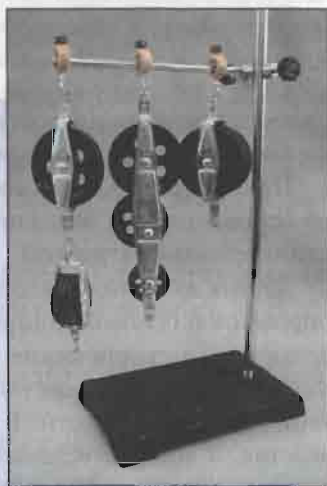


Рис. 3.28

3.23. (4.2.27) Прибор для демонстрации давления в жидкости

Прибор предназначен для изучения действия жидкости на погруженное в нее тело.

Данный прибор используется для проведения следующих демонстраций: зависимость давления жидкости от глубины погружения; зави-

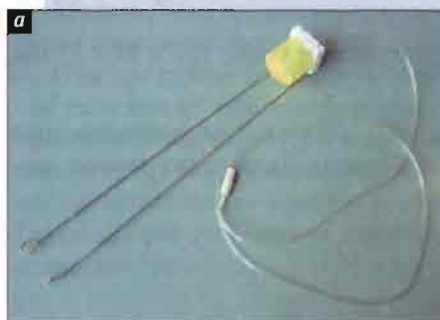


Рис. 3.29



симость давления жидкости от ее плотности; независимость давления на данной глубине от ориентации датчика давления.

Прибор (рис. 3.29, а) составляют: датчик давления, закрепленный на основании; два металлических стержня и эластичная трубка с соединительным патрубком.

Датчик давления представляет собой пластиковый цилиндр с гофрированной боковой поверхностью. С основанием датчика шарнирно соединены металлические стержни, которые используют для погружения датчика на заданную глубину, а также для изменения его ориентации внутри жидкости. В основании датчика имеется сквозное отверстие, в которое вставлен патрубок. На него насажен один конец эластичной трубки. На другом конце трубки закреплен другой патрубок, с помощью которого датчик подключается к манометру (рис. 3.29, б).

Технические характеристики прибора

- 1) Габаритные размеры датчика с основанием не более $40 \times 40 \times 40$ мм.
- 2) Максимальная глубина погружения 30 см.
- 3) Длина эластичной трубки 0,7 м.
- 4) Внутренний диаметр патрубка 4 мм.

Для проведения демонстраций необходим жидкостный демонстрационный манометр 2.25.

3.24. (4.2.28) Прибор для демонстрации атмосферного давления

Прибор предназначен для демонстрации существования атмосферного давления.

С помощью прибора проводят демонстрацию: сила атмосферного давления. Прибор (рис. 3.30) состоит из двух полушарий с прочными ручками и подставки для его хранения. Одно из полушарий снабжено краном с ниппелем.

Канал ниппеля соединен через кран с внутренней полостью полушария. Если соединить полушария между собой и откачать из них воздух, то они прижимаются друг к другу, так как внутри полушарий давление воздуха ниже атмосферного.

Перед началом опыта открывают кран полушария с ниппелем и с помощью резинового шланга соединяют ниппель прибора со всасывающим ниппелем вакуумного насоса. После этого прижимают полушария друг к другу и откачивают из них воздух. При достижении разрежения воздуха внутри прибора до давления порядка 0,05 МПа закрывают кран и отсоединяют шланг от ниппеля прибора. Затем закрепляют рукоятку одного полушария к штативу, а на другую рукоятку подвешивают гири.

Технические характеристики прибора

- 1) При разрежении воздуха внутри прибора до давления порядка 0,05 МПа к нему должна быть приложена сила не менее 98 Н для разрыва его полушарий друг от друга.
- 2) Габаритные размеры: прибора не более $165 \times 115 \times 205$ мм, подставки $135 \times 135 \times 95$ мм.
- 3) Масса: прибора не более 0,65 кг; подставки не более 0,11 кг.

Для проведения демонстраций необходимо дополнительное оборудование: штатив универсальный 2.16 (2а), набор гирь 2.14, насос вакуумный 2.7 или набор вакуумно-компрессорных приборов 2.9.



Рис. 3.30

3.25. Прибор для демонстрации инертности тел

Прибор (рис. 3.31) составляют: плоское основание с двумя стойками; трубка и плоская пружина, укрепленные на основании прибора; прямоугольная пластинка и шарик. Шарик имеет небольшую горизонтальную площадку.



Рис. 3.31

При подготовке к демонстрации торец стойки, выполненной в виде трубки, закрывают пластинкой, а на нее устанавливают шарик. Сначала пластинку медленно, без рывков перемещают; вместе с ней перемещается и шарик. После приведения элементов прибора в исходное состояние торец пластины подводят к вертикально стоящей плоской пружине. Далее, придерживая рукой прибор на столе, отводят плоскую пружину от пластинки и резко отпускают: пластинка вылетает, а шарик падает в лунку стойки.

3.26. (4.2.30) Призма наклоняющаяся с отвесом

Призма предназначена для демонстрации условия устойчивости тела, имеющего площадь опоры, и позволяет проиллюстрировать зависимость устойчивости тел от площади опоры и положения центра тяжести.



Рис. 3.32

Призма (рис. 3.32) состоит из трех прямоугольных пластин и четырех реек, изготовленных из стали. Края пластин с двух противоположных сторон согнуты под прямым углом в виде бортиков. На концах бортиков, а также на концах и в середине каждой рейки просверлены отверстия одинакового размера. Через эти отверстия пластины соединены с рейками с помощью заклепок так, чтобы рейки могли поворачи-

чиваться вокруг заклепок с небольшим трением. Соединение одной рейки с бортиком средней пластины выполнено с помощью винта и гайки с рифленой ручкой. Такая конструкция позволяет наклонять рейки относительно пластин под разными углами и фиксировать положение призмы. В середине средней пластины, в центре тяжести призмы, укреплен отвес.

При подготовке призмы к демонстрации следует затянуть ее винт с гайкой так, чтобы после любого наклона реек призма сохраняла приданную ей форму. Затем медленно наклоняют рейки и показывают, что призма сохраняет устойчивость, пока отвес находится в пределах площади опоры (нижней пластины).

Технические характеристики призмы

- 1) Размеры пластин без бортиков 150×95 мм; ширина бортиков 10 мм.
- 2) Размеры реек 12×280 мм; толщина пластин и реек 1 мм.
- 3) Габаритные размеры призмы в нормальном положении (без наклона) не более $150 \times 100 \times 280$ мм; масса не более 0,25 кг.

3.27. (4.2.31) Рычаги демонстрационные

Приборы предназначены для демонстрации условия равновесия рычага и используются в следующих демонстрациях: устройство и принцип действия рычажных весов; равновесие сил на рычаге; момент и плечо силы; равенство работ сил, приложенных к рычагу, и др.

Основными частями приборов являются деревянная линейка, на торцах которой закреплены винты с уравнительными гайками; ось с гайкой и четыре крючка.

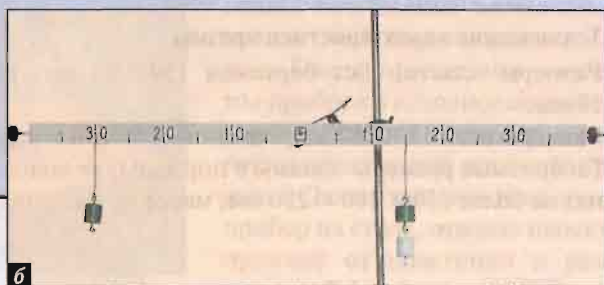
Для проведения демонстраций необходимо следующее дополнительное оборудование: штатив универсальный 2.16, набор грузов 1.15, динамометр 2.23.

1) Рычаг длиной 100 см (рис. 3.33, а). Шкала линейки с нулем посередине разделена на равные участки с 18 отметками, нанесенными через каждые 5 см, и оцифрована через одно деление между отметками. Над отметками имеются отверстия для подвешивания крючков. Крючки можно вставлять не только в отверстия линейки, но и надевать на верхнюю грань линейки в любом месте.

В центре линейки имеется отверстие большего диаметра для оси рычага. Толщина линейки и диаметр ее центрального отверстия согласованы с формой и размерами оси так, чтобы при затянутой гайке линейка могла свободно поворачиваться.



Рис. 3.33



Габаритные размеры линейки $1000 \times 10 \times 50$ мм, цена деления ее шкалы 5 см. Масса рычага не более 0,3 кг.

2) Рычаг длиной 80 см (рис. 3.33, б). На одной широкой поверхности линейки нанесена оцифрованная шкала с нулем посередине и 14 отметками. Над отметками шкалы на линейке просверлены отверстия для установки крючков, а в центре линейки отверстие для оси рычага.

Габаритные размеры линейки $800 \times 10 \times 30$ мм, цена деления ее шкалы 5 см. Масса рычага не более 0,6 кг.

3.28. (4.2.32) Сосуды сообщающиеся

Прибор предназначен для демонстрации одинакового уровня однородной жидкости в сообщающихся между собой сосудах разной формы и используется в следующих демонстрациях: закон сообщающихся сосудов, заполненных однородной жидкостью; неизменность уровня жидкости при наклоне сообщающихся сосудов (одного из них или всех).

На рисунке 3.34, а, б представлены две модификации прибора.

Прибор, представленный на рисунке 3.34, а, состоит из вертикальной панели белого цвета; пластмассовой подставки с металлической

стойкой; гибкого патрубков с открытой стеклянной трубкой цилиндрической формы малого диаметра; трех открытых стеклянных трубок разной формы и диаметра (трубка цилиндрической формы большого диаметра, трубка с двумя утолщениями и трубка зигзагообразной формы), соединенных между собой в нижней части одной общей прямой горизонтальной трубкой, имеющей отросток в левом конце. На этот отросток установлен гибкий патрубок с трубкой малого диаметра. Все трубки закреплены на панели, которая установлена на подставке со стойкой.

В комплект прибора входит пакет с сухим красителем для приготовления подкрашенной жидкости.

Технические характеристики

- 1) Высота трубок разной формы 170 мм.
- 2) Габаритные размеры прибора не более $230 \times 150 \times 260$ мм.
- 3) Масса не более 0,6 кг.

Конструкция прибора, представленного на рисунке 3.34, б, обеспечивает поворот всей системы сообщающихся сосудов, так как они закреплены на прозрачной пластине, которая может поворачиваться вокруг оси.

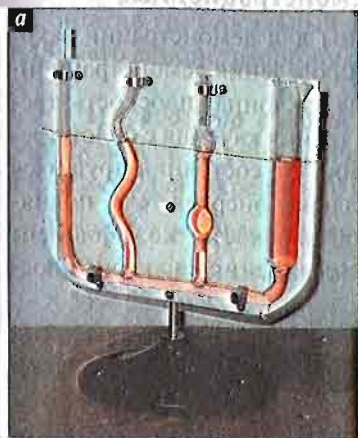
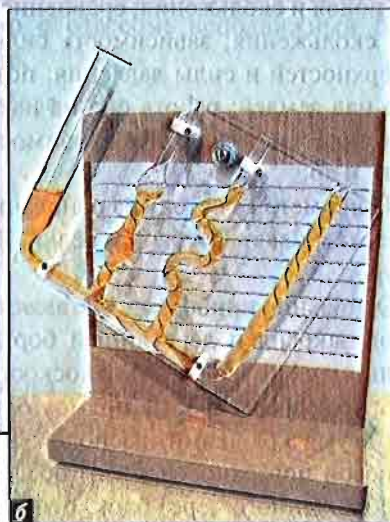


Рис. 3.34



Технические характеристики

- 1) Высота всех вертикальных трубок 65 мм; длина горизонтальной трубки 160 мм.
- 2) Размеры: вертикальной панели $210 \times 16 \times 220$ мм, подставки — $210 \times 120 \times 16$ мм.
- 3) Габаритные размеры прибора в сборе не более $210 \times 120 \times 236$ мм.
- 4) Масса не более 1 кг.

Для проведения опытов наливают подкрашенную жидкость в цилиндрический сосуд большого диаметра до тех пор, пока вода не поднимется во всех сосудах немного выше половины их высоты и не установится на уровне ближайшей горизонтальной линии экрана. Обращают внимание учащихся на одинаковый уровень жидкости в сосудах. После этого наклоняют трубку малого диаметра с гибким патрубком и показывают, что уровень жидкости изменяется во всех сосудах одинаково и находится на одной горизонтальной прямой. Затем поворотом прозрачной пластины вокруг винта наклоняют все трубки и показывают, что при разных углах наклона сообщающихся сосудов уровень жидкости также остается на одной горизонтальной прямой.

3.29. (4.2.36) Трибометры демонстрационные

Трибометры предназначены для демонстрации закономерностей трения и используются для проведения демонстрационных экспериментов, в которых необходима наклонная плоскость: трение покоя и скольжения; сравнение силы трения качения с силой трения скольжения; зависимость силы трения от состояния трущихся поверхностей и силы давления; потенциальная энергия тела, поднятого над землей; работа сил на наклонной плоскости; коэффициент полезного действия и его зависимость от силы трения и наклона плоскости и др.

Трибометры состоят из основания; бруска и катка, изготовленных из дерева; пластмассовой тарелки. В состав трибометров входит также шнур.

Основание прибора представляет собой доску, на одном конце которой закреплен деревянный бортик, служащий для задержки тел, скользящих по наклонной плоскости.

Брусок имеет форму прямоугольного параллелепипеда. Он снабжен двумя крючками, расположенными в разных местах одной его торцевой поверхности. Этим обеспечивается параллельность шнура, переброшенного через блок, относительно плоскости основания при



Рис. 3.35



установке бруска на разных ребрах. На двух соседних поверхностях бруска имеются по три углубления цилиндрической формы для размещения на них грузов.

Каток снабжен проволочной дугой с согнутыми концами. Концы проволоки направлены друг к другу и являются осью катка.

Для проведения демонстрации необходимы следующие приборы: штатив универсальный 2.16, динамометр 2.23, набор гирь грузов 1.15; метр демонстрационный 2.29.

1) Трибометр с транспортиром и отвесом (рис. 3.35, а). Набор включает в себя транспортир с отвесом; неподвижный блок и стержень для закрепления в муфте.

Технические характеристики прибора

- 1) Габаритные размеры: основания $800 \times 75 \times 20$ мм; бруска $120 \times 56 \times 28$ мм.
- 2) Длина катка 75 мм; диаметр 50 мм.
- 3) Масса трибометра с принадлежностями не более 1,5 кг.

2) Трибометр со съемным блоком и шкалой с сантиметровыми делениями (рис. 3.35, б).

Технические характеристики прибора

- 1) Габаритные размеры: основания с кронштейном и блоком не более $820 \times 50 \times 20$ мм; бруска $130 \times 35 \times 50$ мм.
- 2) Длина катка 80 мм; диаметр 50 мм.
- 3) Масса прибора не более 1,2 кг.

3.30. (4.2.33) Стакан отливной

Стакан предназначен для демонстрации способа измерения объема твердых тел любой формы, размеры которых больше диаметра измерительного цилиндра, и используется при исследовании выталкивающей силы.



Рис. 3.36

Стакан изготовлен из стекла в форме цилиндра, в верхней части которого сбоку приварена небольшая трубка для слива воды.

Внешний вид стакана отливного показан на рисунке 3.36 в экспериментальной установке с прибором «Ведерко Архимеда».

Технические характеристики стакана отливного

- 1) Высота стакана 200 мм; наружный диаметр 80 мм; толщина стенки 1 мм.
- 2) Расстояние от дна стакана до нижней кромки места соединения сливной трубки 155 мм.
- 3) Габаритные размеры стакана отливного не более $140 \times 200 \times 80$ мм.
- 4) Масса прибора не более 0,2 кг.

Для измерения объема твердого тела стакан отливной помещают на подъемный столик, а под трубкой стакана устанавливают измерительный цилиндр. Затем наливают воду в отливной стакан до уровня нижней кромки соединения сливной трубки, подвешивают тело на нити и опускают его в воду. После переливания воды из отливного стакана в измерительный цилиндр по его шкале определяют объем тела. Для определения плотности твердого тела его предварительно взвешивают на весах.

3.31. (4.2.34) Трубка Ньютона

Прибор предназначен для проведения следующих демонстраций: падение тел в воздухе при атмосферном давлении и в разреженном воздухе; одновременное падение различных тел в вакууме.

Прибор (рис. 3.37) состоит из толстостенной прозрачной стеклянной трубки цилиндрической формы с одним запаянным концом и пластмассовой оправы, герметично соединенной с трубкой, с метал-



Рис. 3.37

лическим краном. На конце крана имеется ниппель для соединения прибора с вакуумным насосом с помощью гибкого шланга.

Внутри трубки находятся три тела: кусочек свинца, кусочек пенопласта и кусочек капроновой ткани. В некоторых модификациях трубок используются и другие тела, например: свинцовая дробинка, корковая пробка и птичье перо.

Перед проведением опытов необходимо показать учащимся одновременное падение тел разной формы и массы в воздухе внутри трубки при атмосферном давлении. Для этого при открытом кране прибора поворачивают трубку так, чтобы все предметы внутри нее находились на одном конце. Затем быстро переворачивают трубку и наблюдают, как разные тела падают на ее дно за разное время. После этого соединяют шланг насоса с ниппелем крана прибора и откачивают воздух из трубки. Закрывают кран прибора, отсоединяют шланг от его ниппеля и повторяют опыт, обратив внимание учащихся на одновременное падение тел.

Технические характеристики прибора

- 1) Длина стеклянной трубки 1200 мм; внешний диаметр 60 мм.
- 2) Габаритные размеры прибора не более $1320 \times 90 \times 90$ мм.
- 3) Масса не более 1,5 кг.

Для проведения демонстрации дополнительно необходим насос вакуумный 2.7 или набор 2.9.

3.32. (4.2.40) Шар Паскаля

Прибор предназначен для проведения демонстраций: передача давления, производимого на жидкость, находящуюся в замкнутом сосуде; подъем жидкости под действием атмосферного давления.

Рис. 3.38



Прибор (рис. 3.38) состоит из стеклянного цилиндра с двумя оправами на концах; кожного поршня с металлическим штоком и деревянной ручкой; белого полиэтиленового шара с несколькими мелкими отверстиями.

Оправы жестко закреплены на трубке. Верхняя оправа имеет в центре отверстие, служащее направляющим для штока поршня. Внутри нижней оправы нарезана резьба для ввинчивания наконечника шара.

Технические характеристики прибора

- 1) Длина стеклянного цилиндра 250 мм; диаметр 25 мм.
- 2) Диаметр шара 60 мм.
- 3) Габаритные размеры прибора не более $395 \times 75 \times 50$ мм.
- 4) Масса не более 0,3 кг.

Для проведения опыта по передаче давления жидкостью необходимо отвернуть шар от нижней оправы прибора, выдвинуть поршень со штоком из цилиндра до конца, залить воду в цилиндр и шар и завернуть их обратно. Вдвигая поршень, демонстрируют разбрызгивание струй воды из всех отверстий шара на одинаковые расстояния.

Второй опыт проводят без шара. Поршень вдвигают до конца вниз цилиндра, опускают конец нижней оправы прибора в сосуд с водой и медленно выдвигают поршень. Наблюдают подъем уровня воды под поршнем.

После опытов необходимо отвернуть шар, удалить остатки воды из цилиндра и шара, протереть их и просушить.

Демонстрационное оборудование по молекулярной физике и термодинамике

○ Универсальные комплекты

○ Отдельные приборы
и дополнительное оборудование

Представленное в разделе классическое оборудование позволяет провести значительное число демонстрационных опытов качественного характера при изучении молекулярно-кинетической теории и термодинамики.

Одно из основных положений молекулярно-кинетической теории — взаимодействие частиц — иллюстрируется прямой демонстрацией с использованием цилиндров свинцовых **4.3**, косвенно — с помощью наборов капилляров **4.4**. Прибор для демонстрации деформации проволоки **4.9** позволяет проиллюстрировать взаимодействие атомов твердого вещества на примере объяснения на основе этого взаимодействия эмпирического закона Гука.

Несколько сложнее обстоит дело с экспериментальным доказательством второго положения молекулярно-кинетической теории — движения частиц. К сожалению, многолетние попытки разработать доступные для учителя приборы для демонстрации броуновского движения на основе классических способов не увенчались успехом.

Завершаются опытно-конструкторские работы по созданию прибора по наблюдению броуновского движения с использованием видеокамеры¹.

Вместе с тем возможность наблюдать явление, объясняемое движением молекул, имеется. В частности, с использованием тарелки вакуумной с вакуумметром и колпаком **2.8** и насоса вакуумного **2.7** (или набора вакуумно-компрессорных приборов **2.9**) можно продемонстрировать раздувание шарика под колоколом при выкачивании из-под последнего воздуха.

Для иллюстрации распределения молекул по скоростям и принципа измерения скорости возможен модельный эксперимент с набором «Вращательное движение» **3.1(2)** или с комплектом «Вращение» **3.5**.

Представленное в данном разделе оборудование позволяет показать все виды теплопередачи и продемонстрировать адиабатное сжатие (прибор **4.14**).

Газовые законы качественно иллюстрируются с использованием прибора **4.5**.

¹ В. С. Михалев (Санкт-Петербургский государственный университет).

Необходимо иметь в виду, что к оборудованию, представленному в данном разделе, необходимы дополнительно средства измерения: барометр-анероид **2.22**, манометры жидкостные демонстрационные **2.25**, психрометр **2.31**, термометр демонстрационный жидкостный **2.32**.

Перечисленными выше демонстрационными опытами практически исчерпываются возможности классической компоненты оборудования по разделу.

Принципиально новые возможности экспериментального сопровождения раздела создают два универсальных комплекта: **4.1** и **4.2**, основанные на компьютерных технологиях и цифровых способах измерений.

Комплект **4.1(1)** обеспечивает проведение демонстраций по термодинамике. В частности, впервые, например, графически иллюстрируется реальный процесс установления теплового равновесия или плавления вещества.

Комплект **4.1(2)** позволяет исследовать все газовые законы с графическим отображением результатов на экране монитора. Принципиально важна иллюстрация свойств паров с помощью этого комплекта, которая раньше ограничивалась лишь наблюдением разности показаний сухого и влажного термометров и точки росы.

Комплект **4.2** обеспечивает постановку демонстрации по разделу на базе комбинированной цифровой системы измерений, позволяющей одновременно проводить и отображать числовые значения совместно измеряемых термодинамических параметров — давления и температуры.

При изучении молекулярной физики особенно важно методически грамотно использовать принцип параллельного измерения при введении компьютерных и цифровых способов обработки измерительной информации. Дело в том, что данный раздел изучается до электродинамики и, следовательно, у учащихся еще отсутствуют базовые знания и представления о полупроводниковой технике.

В соответствии с принципом параллельного измерения учитель демонстрирует измерение одной и той же величины (или исследование одного и того же процесса) классическими и электронными средствами измерения. Учащиеся наблюдают сопоставимость (адекватность) информации, полученной разными способами, и тем самым убеждаются в достоверности компьютерных и цифровых средств измерений.

В разделе данный принцип может быть использован следующим образом.

На первом этапе необходимо провести одновременное измерение температуры вещества с помощью жидкостного термометра 2.32. На втором этапе целесообразно с использованием этих же средств исследовать, например, процесс нагревания или охлаждения воды.

Эффективным методическим приемом оказывается сочетание демонстрационного исследования, проведенного учителем с помощью компьютерной измерительной системы, и лабораторного исследования, проведенного учащимися.

Например, учитель исследует плавление вещества с помощью комплекта 4.1(1), анализирует полученный на экране монитора график (фотография на первом форзаце), сравнивает полученный реальный график с идеальным графиком фазовых переходов, приведенных в учебнике. Затем учащиеся исследуют плавление и отвердевание вещества с использованием набора 1.27.

Возможно построение урока и по обратной схеме: от самостоятельного исследования учащихся к демонстрационному опыту учителя.

Педагогическая практика подтверждает, что такая целенаправленная работа полностью убеждает учащихся в достоверности компьютерных и цифровых средств измерения.

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКТЫ



Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
4.1	4.3.1 4.3.2	Комплект по молекулярной физике и термодинамике для работы с компьютерной измерительной системой 1) Набор «Тепловые явления» 2) Набор «Газовые законы и свойства насыщенных паров»	258
4.2	4.3.4	Комплект приборов по молекулярной физике и термодинамике на базе комбинированной цифровой системы измерений (КЦИС-3)	262



4.1. (4.3.1; 4.3.2) Комплект по молекулярной физике и термодинамике для работы с компьютерной измерительной системой

Комплект предназначен для проведения экспериментов по молекулярной физике и тепловым явлениям, в частности для демонстрации процессов теплопередачи; изменения агрегатного состояния вещества; иллюстрации понятия внутренней энергии и способов ее изменения; исследования изопроцессов и свойств насыщенных паров.

1) Набор «Тепловые явления» (4.3.1) работает с компьютерной измерительной системой **2.20**. Данный набор используется для проведения следующих демонстрационных экспериментов: количество теплоты и теплоемкость; теплота сгорания топлива; виды теплопередачи: теплопроводность, теплопередача при конвекции в газе, теплопередача при конвекции в жидкости, теплопередача при излучении; изменение внутренней энергии при совершении работы: адиабатное расширение и сжатие газа, работа силы трения, изменение внутренней энергии при деформации тела; изучение фазовых переходов: плавление и отвердевание тел, испарение вещества, зависимость температуры кипения от давления.

Данный набор включает следующие элементы: датчик температуры 0—120 °С; датчик температуры 0—1000 °С (термопара); рабочее поле; универсальный держатель (2 шт.); наковальня; шприц объемом 50 мл с трубкой; стакан термостойкий; пробирка с пробкой; пробирка с отводом; набор стержней для демонстрации теплопроводности; набор металлических образцов; ложка для плавления; теплоизолирующая перегородка; тонкостенная стеклянная трубка; проволока термопарная; пленка черная и белая; ткань; припой.

При проведении демонстраций необходимы компьютер и компьютерный измерительный блок **2.20(1)**, штатив демонстрационный **2.16(2)**.

Элементы экспериментальной установки размещаются на демонстрационном столе и на металлическом листе (рабочем поле) со специальными креплениями, позволяющими зажать лист в штатив в вертикальном положении. На рабочем поле устанавливаются платы с зажимами с помощью магнитов, запрессованных в основания зажимов. В зажимах фиксируются датчики, пробирки, трубочки и другие эле-

менты. Часть экспериментов проводится непосредственно на демонстрационном столе.

Для представления технологии работы с демонстрационным набором «Тепловые явления» рассмотрим эксперимент «Адиабатное расширение и сжатие газа».

Для демонстрации изменения внутренней энергии газа при его быстром сжатии и расширении датчик температуры герметично вводится в пробирку, к отводу которой с помощью трубки присоединяется шприц объемом 50 мл (рис. 4.1). Данные датчика температуры выводятся на экран компьютера в виде графика зависимости температуры от времени.

Если с помощью поршня шприца резко сжать воздух в пробирке, его температура повысится на несколько градусов. На прямой линии, отражающей зависимость температуры от времени на экране компьютера, появится характерный всплеск. Наблюдаемое повышение температуры в пробирке свидетельствует об увеличении внутренней энергии газа. Через несколько секунд, когда температура вернется к первоначальному значению, следует быстро увеличить объем системы (выдвинуть поршень шприца) и сбросить давление. Кривая на экране покажет снижение температуры за счет уменьшения внутренней энергии газа, часть которой пошла на совершение работы.

На переднем форзаце пособия приведена фотография монитора, на котором виден график зависимости температуры кристаллического вещества от времени плавления.

2) Набор «Газовые законы и свойства насыщенных паров» (4.3.2) предназначен для проведения демонстрационных экспериментов при изучении законов Бойля—Мариотта, Шарля и Гей-Люссака; уравнения состояния идеального газа, а также темы «Насыщенный пар».

Набор используется для проведения следующих экспериментов: изучение изотермического процесса; изучение изобарного процесса; изучение изохорного процесса; уравнение состояния идеального газа; демонстрация постоянства давления насыщенного пара при изменении занимаемого им объема; зависимость давления насыщенного пара от температуры.

Данный набор работает с компьютерной измерительной системой 2.20.

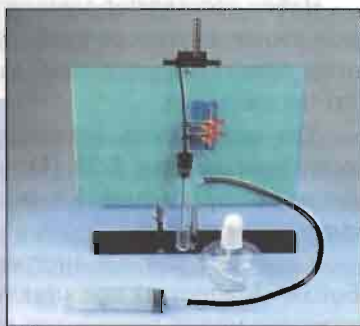


Рис. 4.1

Набор составляют следующие элементы: установка для демонстрации изотермического процесса; установка для демонстрации изохорного процесса; установка для демонстрации изобарного процесса; датчик давления.

Для проведения демонстраций необходимы компьютерный измерительный блок 2.20 (1), штатив демонстрационный 2.16 (2), сосуд для воды объемом 1 л, насос 2.7 или 2.9 (для экспериментов с насыщенным паром).

Установка для демонстрации изотермического процесса (закона Бойля—Мариотта) представляет собой герметичный цилиндр, объем которого может изменяться при движении внутри него поршня (рис. 4.2, а). Перемещение поршня осуществляется за счет вращения винта. Положение поршня в цилиндре контролируется жестко связанным с ним датчиком, что дает возможность измерять объем газа под

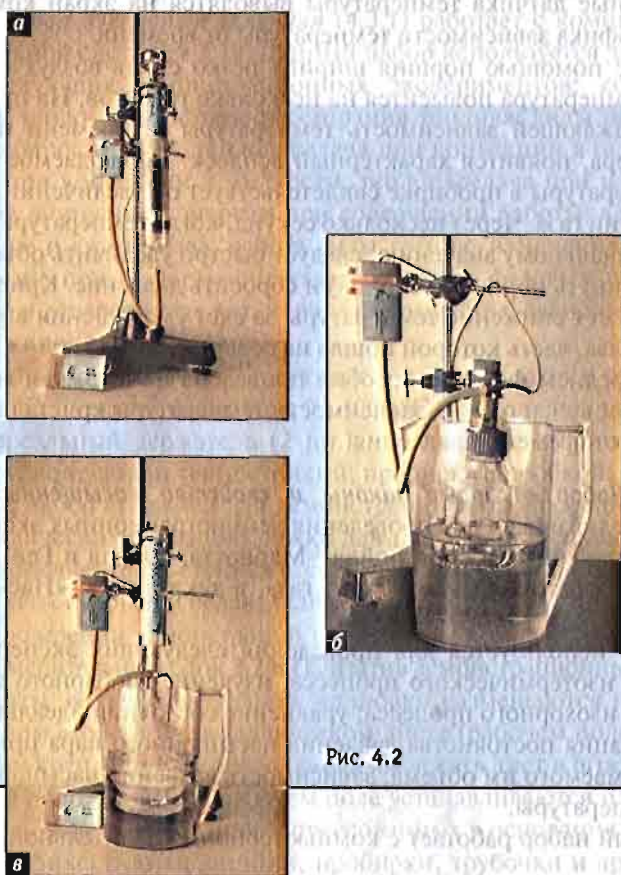


Рис. 4.2

поршнем. Давление газа измеряется датчиком давления, который присоединяется к цилиндру с помощью тонкой трубки. При проведении эксперимента поршень медленно перемещается внутри цилиндра.

Установка для демонстрации изохорного процесса (закона Шарля) собирается на основе стеклянного сосуда (рис. 4.2, б). Датчик температуры вводится в газ через пробку, а датчик давления присоединяется с помощью трубки. Сосуд погружается в стакан с водой, нагревается, а затем охлаждается на воздухе. Данные записываются на этапе медленного охлаждения газа.

Для реализации циклического процесса (изотерма — изохора — изотерма — изохора) объем газа сначала увеличивают при комнатной температуре, затем газ нагревают, помещая цилиндр в горячую воду, и снова сжимают его до первоначального объема (при температуре, соответствующей температуре горячей воды). После этого цилиндр вынимается из горячей воды и остывает на воздухе, а состояние газа возвращается к исходному.

Установка для демонстрации изобарного процесса (закона Гей-Люссака) представлена на рисунке 4.2, в. Исследуемый газ находится внутри полиэтиленового цилиндра с гофрированной боковой поверхностью. Цилиндр с гофрированной поверхностью способен в определенных пределах изменять свой объем, сохраняя давление внутри практически равным давлению снаружи. Полиэтиленовый цилиндр смонтирован на металлической раме, обеспечивающей перемещение подвижного основания цилиндра вдоль его продольной оси. Положение основания цилиндра контролируется с помощью датчика, что позволяет измерять объем газа в цилиндре. Датчик температуры вводится внутрь цилиндра через горловину в его неподвижном основании, герметично закрытую пробкой. При проведении опыта установка закрепляется в штативе и цилиндр полностью погружается в горячую воду.

После того как газ внутри полностью прогреется, установка вытаскивается из воды и остывает на воздухе. В это время осуществляется регистрация данных.

Зависимость давления насыщенных паров от температуры демонстрируется с помощью установки для изучения изохорного процесса. В стеклянный сосуд наливается небольшое количество этилового спирта, после чего с помощью насоса 2.7 или 2.9 из него удаляется воздух. Изменение температуры системы достигается погружением стеклянного сосуда в горячую воду.

Для демонстрации постоянства давления насыщенных паров при изменении объема установка для изучения изохорного процесса объ-

единяется с установкой для изотермического процесса. Так же как и при изучении зависимости давления насыщенных паров от температуры, в стеклянный сосуд наливается небольшое количество спирта, после чего система откачивается с помощью насоса 2.7. Эксперимент сводится к изменению объема системы при движении поршня и наблюдению постоянства давления внутри объема, заполненного парами спирта.

При проведении всех перечисленных экспериментов с помощью компьютерной измерительной системы регистрируются два параметра состояния газа, а на мониторе в соответствующих координатах строится зависимость одного параметра от другого. Программные средства обработки данных позволяют вывести на экран прямую линию (или гиперболу в случае изотермического процесса), наилучшим образом аппроксимирующую данные опыта, и, таким образом, продемонстрировать учащимся справедливость газовых законов и уравнения состояния идеального газа.

4.2 (4.3.4) Комплект приборов по молекулярной физике и термодинамике на базе комбинированной цифровой системы измерений (КЦСИ-3)

Комплект предназначен для демонстраций экспериментальных обоснований молекулярно-кинетической теории; эмпирических закономерностей свойств вещества в газообразном, жидком и твердом состояниях; формирования представлений о термодинамических системах, способах изменения их внутренней энергии; позволяет проиллюстрировать прикладные вопросы термодинамики.

Демонстрации, проводимые с помощью комплекта, условно делятся на три группы:

1) традиционные демонстрации, отличительной чертой которых является использование вертикального стенда (см. комплект по электродинамике 5.2 для крепления элементов демонстрации);

2) демонстрации с использованием датчиков температуры и давления;

3) демонстрации, реализуемые на основе прибора «Модель броуновского движения». Эти демонстрации, как и некоторые другие (например, зависимость скорости испарения жидкости от температуры, площади поверхности и рода жидкости), проводятся с использованием кодоскопа 2.1(4).

В демонстрациях второй группы особое место занимают демонстрации с использованием сосуда переменного объема, иллюстрирую-

щие газовые законы: зависимость между объемом, давлением и температурой для газа данной массы, изопроцессы и адиабатный процесс. Основными приборами, используемыми в этих демонстрациях, являются два электронных термометра и датчик давления.

Данный комплект приборов используется для проведения следующих демонстраций: сжимаемость газов; расширение тел при нагревании; растворение краски в воде; диффузия в жидкостях; сцепление свинцовых цилиндров; определение толщины масляной пленки; определение плотности воды; свойство газа занимать весь предоставленный объем; модель теплового движения; изменение внутренней энергии тел при совершении работы и при теплопередаче; теплопроводность твердых тел, жидкостей и газов; конвекция в жидкостях и газах; нагревание тел излучением; сравнение теплоемкости тел; устройство калориметра; плавление и отвердевание кристаллического тела; постоянство температуры кипения жидкостей; испарение различных жидкостей; охлаждение жидкостей при испарении; устройство четырехтактного ДВС (на модели); устройство паровой турбины (на модели); механическая модель броуновского движения; зависимость между объемом, давлением и температурой для газа данной массы; изотермический процесс; изобарный процесс; изохорный процесс; свойства насыщенного пара; кипение воды при пониженном давлении; устройство и принцип действия психрометра; рост кристаллов; упругая и остаточная деформация; измерение температуры воздуха при адиабатном расширении и сжатии; необратимость явления диффузии.



Рис. 4.3



Комплект приборов по молекулярной физике и термодинамике (рис. 4.3, *а* и *б*) составляют: измерительный преобразователь с двумя датчиками температур и датчиком давления; цилиндр для диффузии (подложка, индикаторная бумага) с креплением; прибор для конвекции с креплением; прибор для демонстрации теплопроводности металлов; прибор для демонстрации теплового расширения металлов; прибор для демонстрации газовых законов; шприцы объемами 150 и 2 мл; пробирка большая (диаметр 40 мм) с пробкой (2 шт.); держатель пробирки диаметром 40 мм (2 шт.); пробирка длинная диаметром 20 мм (2 шт.); пробирка короткая диаметром 20 мм с креплением; трубка прямая диаметром 8 мм (2 шт.); трубка диаметром 8 мм, изогнутая под углом 90° ; стакан малый пластмассовый вместимостью 100 мл; стакан большой пластмассовый вместимостью 1000 мл; цилиндр измерительный вместимостью 250 мл; колба круглодонная с отводом с креплением; защитный экран с креплением; кристаллизатор (чашка Петри); калориметр (2 шт.); свинцовые цилиндры с оправкой (2 шт.); полоска жести; цилиндры равной массы (2 шт.); турбинка паровая с магнитным креплением; вертушка с иглой; теплоприемник (2 шт.); модель броуновского движения; матовое стекло (3 шт.); фольга ДВС (транспарант для графопроектора); чемодан-упаковка.

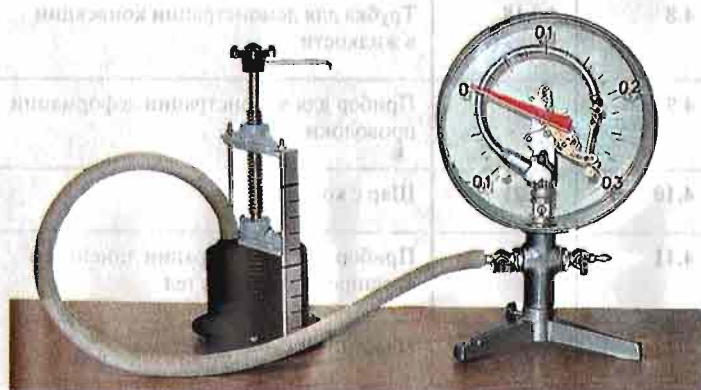




ОТДЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
4.3	4.3.19	Цилиндры свинцовые со стругом	267
4.4	4.3.9	Наборы капилляров 1) Набор капилляров для наблюдения капиллярных явлений в проекции 2) Набор капилляров на подставке	268
4.5	4.3.16	Прибор для изучения газовых законов с мановакуумметром	270
4.6	4.3.17	Теплоприемники (пара)	271
4.7	4.3.13	Приборы для демонстрации теплопроводности тел	271
4.8	4.3.18	Трубка для демонстрации конвекции в жидкости	273
4.9		Прибор для демонстрации деформации проволоки	274
4.10	4.3.21	Шар с кольцом	275
4.11		Прибор для демонстрации линейного расширения твердых тел	276
4.12	4.3.11	Пластина биметаллическая	277

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
4.13		Пластина биметаллическая и модель теплового реле	278
4.14	4.3.10	Огниво воздушное	279
4.15	4.3.5	Модели тепловых двигателей	280



4.3. (4.3.19) Цилиндры свинцовые со стругом

Прибор предназначен для демонстрации взаимного притяжения между атомами твердых тел и используется для проведения демонстрации сцепления свинцовых цилиндров.

В состав прибора (рис. 4.4, *а*) входят: два одинаковых цилиндра; специальный струг и направляющая трубка.

Цилиндр состоит из двух жестко скрепленных между собой частей — длинной стальной и короткой свинцовой. В торце стальной части цилиндра закреплен крючок.

Струг предназначен для зачистки и выравнивания поверхностей торцов свинцовых частей цилиндров. Он изготовлен из стали, имеет форму двухступенчатого цилиндра, снабжен ручкой и торцовым ножом.

Направляющая трубка предназначена для удержания и сохранения соосности цилиндра и струга при зачистке поверхности торца свинцовой части. Трубка имеет боковые вырезы для удержания вставленного в него цилиндра от поворота. Внутренний диаметр направляющей трубки согласован с диаметром струга и цилиндров.



Рис. 4.4



Технические характеристики прибора

- 1) Диаметр цилиндров не менее 20 мм.
- 2) Высота цилиндров не менее 90 мм; высота свинцовой части цилиндра не менее 12 мм.
- 3) Масса прибора не более 0,5 кг.

Для проведения опыта с прибором необходимо предварительно выравнить и зачистить поверхности торцов свинцовых частей цилиндров. Для этого с одного конца направляющей трубки вставляют струг, а с другого — цилиндр. Удерживая цилиндр через боковые вырезы трубки, плавно поворачивают струг в одном направлении с небольшим усилием. Затем зачищенные цилиндры прижимают друг к другу и после их сцепления закрепляют в штативе (рис. 4.4, б). На крючок подвешивают гири: вначале массой 1 кг, затем — 2 кг. Если поверхности цилиндров хорошо зачищены, то можно нагрузить их до 4 — 5 кг. Для предохранения поверхности стола от ударов при случайном падении гири необходимо поставить на стол под прибором лоток с песком.

4.4. (4.3.9) Наборы капилляров

Наборы предназначены для демонстрации капиллярных явлений в прозрачных стеклянных трубках разного внутреннего диаметра и используются в следующих демонстрациях: образование менисков в капиллярных трубках; зависимость высоты поднятия жидкости в капилляре от его диаметра.

1) Набор капилляров для наблюдения капиллярных явлений в проекции. В состав набора входят два стеклянных сообщающихся сосуда и одна общая для них пластмассовая подставка.

Один сосуд имеет две трубки: широкую и капиллярную, другой — три трубки: одну широкую и две капиллярные с разным внутренним диаметром. Каждый сообщающийся сосуд с помощью ножки, расположенной под горизонтальной соединительной трубкой, установлен на общей подставке (рис. 4.5, а).

Технические характеристики набора

- 1) Среднее значение внутренних диаметров трубок одного сосуда 7,0 мм и 2,5 мм; другого сосуда 7,0 мм, 2,5 мм и 1,25 мм. Высота трубок 50 мм.
- 2) Габаритные размеры прибора в сборе не более $85 \times 35 \times 100$ мм.
- 3) Масса прибора не более 0,07 кг.



Рис. 4.5



2) **Набор капилляров на подставке** (рис. 4.5, б) состоит из деревянной вертикальной панели с подставкой и трех вертикально расположенных стеклянных трубок, соединенных между собой одной горизонтальной трубкой. Горизонтальная трубка установлена в двух специальных держателях, расположенных на подставке. На вертикальной поверхности панели закреплен экран белого цвета с черными горизонтальными линиями.

Технические характеристики набора

- 1) Внутренние диаметры трубок 1 мм, 2 мм и 5 мм. Высота вертикальных трубок 150 мм; длина горизонтальной трубки 120 мм.
- 2) Размеры: вертикальной панели $130 \times 16 \times 170$ мм; подставки — $130 \times 100 \times 16$ мм.
- 3) Габаритные размеры прибора в сборе не более $130 \times 100 \times 186$ мм.
- 4) Масса не более 0,6 кг.

Для демонстрации разной высоты уровня жидкости в капиллярных трубках медленно наливают в широкую трубку подкрашенную жидкость и наблюдают разную высоту ее подъема в трубках разного диаметра.

Для наблюдения явления капиллярности можно использовать ко-доскоп. Для этого следует осторожно легким движением поднять вверх

и снять горизонтальную трубку (вместе с вертикальными) из пружинчатых держателей, закрепленных на панели, поместить ее на окно кодоскопа, несколько наклонить вертикальные трубки и сфокусировать на экран изображение участков, в которых наблюдается явление капиллярности.

4.5. (4.3.16) Прибор для изучения газовых законов с мановакуумметром

Прибор предназначен для экспериментальной проверки уравнения состояния газа и исследования изопроцессов.

Данный прибор используется в следующих демонстрациях: зависимость между объемом, давлением и температурой для газа данной массы; изотермический процесс; изобарный процесс; изохорный процесс.

Прибор (рис. 4.6) состоит из закрытого гофрированного металлического сосуда переменного объема; вакуумного резинового шланга и мановакуумметра.

На верхней и нижней поверхностях гофрированного сосуда закреплены круглые металлические пластинки. На верхней пластинке закреплена планка с двумя отверстиями на концах (подвижная траверза) и установлен патрубок, сообщающийся с гофрированным сосудом.

Нижняя пластинка служит основанием прибора. На ней установлены два вертикальных направляющих стержня. Они продеты через отверстия планки, закрепленной в верхней части гофрированного сосуда. Верхние концы стержней закреплены на концах второй такой же планки (неподвижной траверзы), имеющей резьбовое отверстие в середине. В резьбовое отверстие верхней неподвижной планки ввинчен винт с ручкой. Нижний конец винта соединен с подвижной планкой



Рис. 4.6

так, чтобы он мог свободно поворачиваться в ней и передвигать ее вверх и вниз по направляющим стержням.

Для измерения объема воздуха в гофрированном сосуде на один из стержней прибора помещена шкала с делениями в условных единицах. Указателем шкалы служит верхний край крышки гофрированного сосуда. На шкале нанесены равномерно 10 делений без оцифровки. Расстояние между двумя соседними делениями шкалы 15 мм.

Мановакуумметр, входящий в состав прибора, выполнен в круглой оправе, снабжен стрелочным указателем и установлен на подставке со стойкой. На стойке закреплены два крана с ниппелями, каналы которых сообщаются с манометрической трубкой. На круглой шкале мановакуумметра нанесены 50 делений. Каждое десятое деление шкалы оцифровано.

Технические характеристики прибора

- 1) Диаметр гофрированного сосуда 100 мм; высота в свободном состоянии 100 мм.
- 2) Диапазон изменения высоты сосуда от 75 до 150 мм.
- 3) Диапазон измерения давления мановакуумметром от $-1,0$ ат. до $1,5$ ат.; цена деления шкалы мановакуумметра $0,05$ кгс/м².
- 4) Габаритные размеры прибора (без шланга и мановакуумметра) не более $145 \times 135 \times 365$ мм; масса не более 1,0 кг.
- 5) Габаритные размеры мановакуумметра не более $180 \times 180 \times 310$ мм; масса не более 2,5 кг.
- 6) Длина резинового шланга 400 мм.
- 7) Масса прибора с мановакуумметром не более 3,5 кг.

4.6. (4.3.17) Теплоприемники (пара)

Теплоприемники предназначены для обнаружения теплового излучения, а также для сравнения теплового поглощения светлой и черной поверхностей.

Два теплоприемника имеют одинаковую конструкцию и представляют собой тонкостенные металлические цилиндры высотой 20 мм и диаметром 90 мм (рис. 4.7). На боковой поверхности цилиндра имеется ниппель, с помощью которого теплоприемник соединяется резиновой трубкой с манометром жидкостным демонстрационным 2.25.

4.7. (4.3.13) Приборы для демонстрации теплопроводности тел

Конструкция приборов, предназначенных для качественного сравнения теплопроводности металлов, одинакова: в стальной диск под углом 120° вворачиваются три стержня — медный, алю-

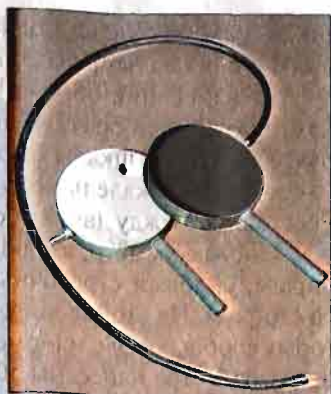


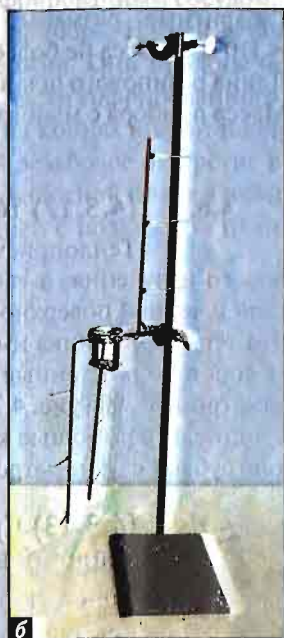
Рис. 4.7

миниевый и стальной. Отношение коэффициентов теплопроводности этих металлов примерно равно 10 : 6 : 1.

Приборы отличаются способом нагревания диска. В одном приборе диск нагревается жалом электропаяльника (рис. 4.8, а), а в другом — пламенем сухого спирта, который помещается на металлическое блюдечко (рис. 4.8, б).



Рис. 4.8



6

С помощью этих приборов можно продемонстрировать независимость теплопередачи от ориентации стержней. Прибор с паяльником просто поворачивается в лапке штатива, а во втором приборе стержни поворачиваются в местах крепления к диску.

При проведении опытов к стержням с помощью пластилина или парафина прикрепляются гвоздики.

4.8. (4.3.18) Трубка для демонстрации конвекции в жидкости

Прибор предназначен для наблюдения за процессами появления и движения нагретых потоков воды в демонстрационных опытах при изучении явления конвекции в жидкости.



Рис. 4.9

Этот прибор состоит из изогнутой прозрачной стеклянной трубки U-образной формы с открытыми концами и резинового шланга. В верхней части каждого колена вертикальной части трубки (несколько ниже открытых концов трубок) припаян сообщающийся с трубкой короткий патрубок. Оба патрубка направлены друг к другу и соединены между собой резиновым шлангом. К прибору прилагаются две ложечки с ручками разной длины и крючком на конце.

На рисунке 4.9 показан прибор, закрепленный в лапке штатива 2.16(1).

Технические характеристики прибора

- 1) Внешний диаметр U-образной трубки 20—22 мм; диаметр патрубков 8—10 мм.
- 2) Габаритные размеры прибора не более $340 \times 30 \times 270$ мм.
- 3) Масса не более 0,2 кг.

Для подготовки прибора к работе его устанавливают в лапке штатива и заполняют трубку водой до уровня несколько выше уровня патрубков. В ложечки помещают кристаллики марганцовокислого калия и осторожно (медленно) опускают ложечки в разные колена трубки. Концы ложечек подвешивают крючками за края трубки.

Для наблюдения явления конвекции в воде подводят пламя спиртовки к тому нижнему углу трубки, в который опущена ложечка с длинной ручкой. Нагретые слои воды медленно поднимаются вверх, увлекая за собой окрашенные струи воды. В другом не нагретом колене трубки окрашенные струи воды опускаются вниз от уровня ложечки с короткой ручкой.

4.9. Прибор для демонстрации деформации проволоки

Прибор предназначен для исследований упругой и неупругой деформаций.

С помощью прибора можно провести следующие демонстрации: исследование упругой деформации и оценка жесткости образца; наблюдение действия сил притяжения между атомами; переход упругих деформаций в неупругие; явления текучести и разрыв проволоки; определение модуля Юнга материала, из которого изготовлена проволока.



Рис. 4.10

Принцип действия прибора аналогичен лабораторному прибору для изучения деформации растяжения 1.63. Конструкция демонстрационного прибора отличается от конструкции лабораторного двумя элементами. Насадка со шкалой лабораторного прибора заменена на выносную шкалу, а на блоке прибора закрепляется стрелка-указатель (рис. 4.10).

Для демонстрации действия сил притяжения между атомами достаточно при наблюдении упругой деформации снять один из грузов. При этом проволока сокращается, оставшиеся грузы поднимаются: потенциальная энергия упругодеформированного тела уменьшится, потенциальная энергия взаимодействия груза с Землей увеличится.

При проведении демонстраций необходимо дополнительно использовать набор грузов по механике 1.15.

4.10. (4.3.21) Шар с кольцом

Прибор предназначен для демонстрации опытов, подтверждающих тепловое расширение металлических тел.



Рис. 4.11

Прибор состоит из подставки, стержня, кольца и шара. Все детали прибора изготовлены из металла. Подставка со стержнем служат штативом прибора. Стержень изготовлен из толстой проволоки круглого сечения, верхняя часть которой изогнута и заканчивается крючком, а на конце нижней части нарезана резьба. Такая же резьба нарезана в отверстии подставки.

Кольцо жестко соединено с муфтой, в которой имеются отверстие и винт для установки и крепления ее на стержне штатива. Такая конструкция позволяет перемещать кольцо по стержню, отводить в сторону и закреплять винтом.

Шар снабжен небольшой петлей, через которую она соединена с цепочкой. Другой конец цепочки надевают на крючок стержня.

На рисунке 4.11 показан прибор в сборе с установленной под шаром спиртовкой.

Технические характеристики прибора

- 1) Диаметр шара может быть от 25 до 32 мм; длина цепочки от 93 до 103 мм.
- 2) Габаритные размеры прибора не более $110 \times 135 \times 270$ мм.
- 3) Масса не более 0,5 кг.

Размеры кольца и шара подобраны так, что шар свободно проходит через кольцо, если их температуры одинаковы. Если шар нагреть до такой температуры, которая выше температуры кольца на 80°C , то шар застревает в кольце и держится на нем до выравнивания температуры.

Для подготовки прибора к работе муфту кольца предварительно надевают на стержень штатива, а затем стержень ввинчивают до упо-

ра в отверстие подставки. Кольцо опускают вниз так, чтобы шар свободно висел на цепочке. В начале опыта медленно поднимают кольцо вверх и показывают, что висящий шар свободно проходит через него. Затем кольцо отводят в сторону, подводят к шару спиртовку и нагревают его. После этого убирают спиртовку, повторяют опыт с кольцом и убеждаются, что шар уже не проходит через него. Приподнимают кольцо с шаром и закрепляют винтом в этом положении. Через некоторое время, когда температуры шара и кольца выравниваются, шар скачком проходит через кольцо и удерживается на цепочке.

4.11. Прибор для демонстрации линейного расширения твердых тел

Прибор предназначен для демонстрации линейного расширения твердых тел при их нагревании.

Этот прибор (рис. 4.12) состоит из металлического основания, по краям которого закреплены: слева — металлическая пластина с тремя равноудаленными винтами вверх; справа — П-образная обойма с осью для стрелок вверх и пружинками внизу, удерживающими стрелки в вертикальном положении. С задней стороны к обойме прикреплена проволоочная вилка со шкалой в верхней части. Шкала проградуирована.

Прибор комплектуется тремя одинаковыми по размерам (длина 180 мм, диаметр 6 мм) стержнями: стальным, латунным, алюминиевым. Каждый стержень на одном конце имеет ямку под конусный регулировочный винт (они размещены на левой пластине), на другом — прорезь, с помощью которой стержень упирается в стрелку.

Прибор имеет три стрелки одинакового размера, но разного цвета.

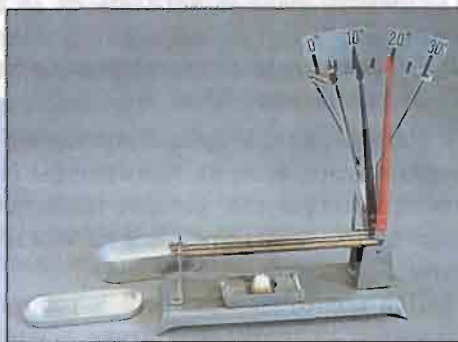


Рис. 4.12

К данному прибору прилагаются: массивная металлическая подставка, предназначенная для размещения и горения сухого горючего; алюминиевая коробка с крышкой, предназначенная для сжигания жидкого горючего или для хранения таблеток сухого горючего.

Перед проведением опыта стержни поочередно или все вместе закрепляют на приборе: вначале каждый стержень прорезью упирают в свою стрелку, а затем ямкой упирают в регулировочный винт и закручивают так, чтобы стрелка немного отошла от левого горизонтального упора на шкале прибора.

Зажигают горючее и подставку с ним размещают так, чтобы пламя одновременно нагревало равномерно все стержни. По углу отклонения стрелок судят о линейном расширении металлов из различных веществ при их нагревании.

4.12. (4.3.11) Пластина биметаллическая

Прибор предназначен для демонстрации различного теплового расширения двух разных металлов.

Этот прибор (рис. 4.13) состоит из держателя (остова) с ручкой; биметаллической пластины; шкалы и указательной стрелки.

Биметаллическая пластина состоит из склепанных друг с другом полос из стали и алюминия. Она крепится посредством муфты на одном конце держателя. В его средней части закреплена съемная ручка. На другом (верхнем) конце держателя закреплена шкала прибора с пятью отметками без оцифровки. Средняя отметка выделена. На держателе, несколько выше от места крепления ручки, установлена клиновидная стрелка с осью. В широкой части стрелки, несколько выше оси, имеется вырез, в который вставлен выступ верхнего конца биметаллической пластины. Такая конструкция прибора значительно повышает его чувствительность.



Рис. 4.13

Габаритные размеры прибора не более $300 \times 135 \times 65$ мм; масса не более 0,25 кг.

При нагревании или охлаждении биметаллической пластины она изгибается, движение ее незакрепленного (верхнего) конца передается стрелке, острый конец которой перемещается по шкале прибора. Заметное отклонение стрелки можно наблюдать при изменении температуры на 10°C . Для сохранения работоспособности прибора не следует нагревать пластину открытым пламенем свыше температуры 50°C .

Ручка позволяет держать прибор в руке и опускать его в сосуд с горячей и холодной водой или закрепить в муфте штатива и нагревать биметаллическую пластину другим источником тепла.

Для проведения демонстрации необходимо дополнительное оборудование: штатив 1.11, сосуды с горячей и холодной водой.

4.13. Пластина биметаллическая и модель теплового реле

Прибор (рис. 4.14) предназначен для демонстрации различного теплового расширения двух разных металлов при их одинаковом нагревании и применения этого явления в технических устройствах.

Две пластины из алюминия (коэффициент линейного расширения $\alpha_1 = 20 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$) и стали ($\alpha_2 = 11 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$) склепаны вместе и одним концом укреплены на основании. При нагревании биметаллическая пластина изгибается и замыкает электрическую цепь, которая подключена к клеммам прибора.



Рис. 4.14

4.14. (4.3.10) Огниво воздушное

Прибор предназначен для демонстрации адиабатного процесса — нагревания газа при быстром сжатии.

Прибор (рис. 4.15, а) представляет собой толстостенный цилиндр, изготовленный из прозрачной пластмассы. Нижний конец цилиндра плотно закрывают навинчивающейся пробкой с уплотняющейся прокладкой. Внутри цилиндра вставляют поршень, плотно прилегающий к стенкам цилиндра и насаженный на металлический шток с рукояткой.

Резкое движение поршня в глубь цилиндра приводит к быстрому адиабатному сжатию и нагреванию воздуха. Если в цилиндр поместить ватку, смоченную спиртом, то пары спирта воспламенятся (рис. 4.15, б).

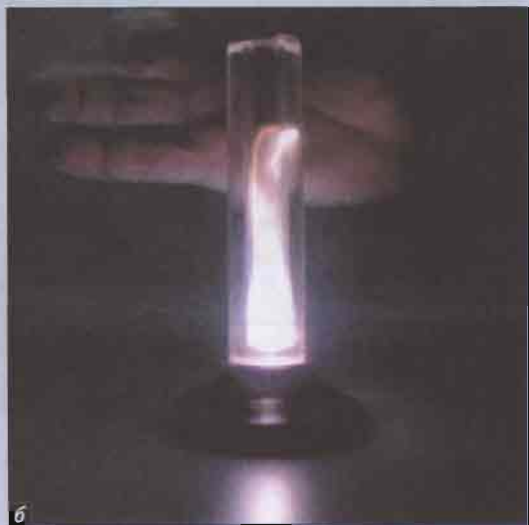


Рис. 4.15

4.15. (4.3.5) Модели тепловых двигателей

Модели служат для демонстрации устройства и принципа действия четырехтактного одноцилиндрового двигателя внутреннего сгорания. На рисунке 4.16 показаны модели двигателей: карбюраторного (рис. 4.16, а) и дизельного (рис. 4.16, б).

Представленные модели тепловых двигателей являются кинематическими, воспроизводят движения и относительные положения всех деталей двигателей, важных при описании тактов их работы.

В кинематическом отношении модели одинаковы. Они отличаются тем, что модель карбюраторного двигателя имеет модель свечи, а модель дизельного двигателя — модель форсунки.

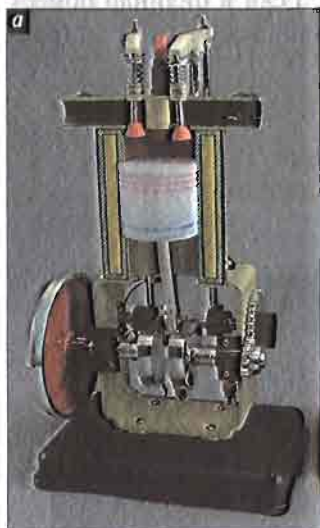
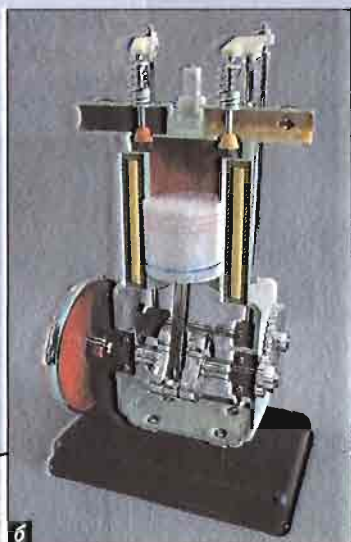


Рис. 4.16



Демонстрационное оборудование по электродинамике

- Универсальные комплекты
- Тематические наборы
- Отдельные приборы

В настоящее время сохранено производство классического демонстрационного оборудования, которое по своим методическим свойствам соответствует современной концепции физического образования.

Другими словами, на переходный период еще сохраняется возможность поддержки сложившейся системы демонстрационного оборудования на базе тематических наборов, отдельных приборов 5.3—5.37 и аналоговых средств измерения.

Некоторые приборы представлены в пособии в двух модификациях. К такому оборудованию относятся: приборы для изучения принципов радиоприема и радиопередачи 5.8(1) и 5.8(2); наборы для демонстрации спектров электрических полей 5.10(1) и 5.10(2); султаны электрические 5.12(1) и 5.12(2); электрический звонок 5.26(1) и 5.26(2); машина магнитоэлектрическая обратимая 5.36. Особенности этих вариантов отражены в соответствующих описаниях.

Однако формирование достаточной системы оборудования по электродинамике на традиционном пути сопровождается определенными трудностями.

Следует иметь в виду, что аналоговые приборы — амперметр и вольтметр с гальванометрами 2.33, которые являлись в течение многих десятилетий измерительной основой демонстраций по электродинамике, в настоящее время не производятся, их ремонт невозможен, модернизация и восстановление производства таких приборов находятся в стадии разработок; демонстрационный осциллограф с электростатической системой отклонения не производится.

Выход из этой противоречивой ситуации состоит только в решительном переходе к новой учебной технике.

Оборудование по электродинамике в рамках выполнения государственной программы «Учебная техника» претерпело значительные изменения, в результате чего полностью обновлена система источников тока, созданы комплект цифровых измерителей силы тока и напряжения 2.35, компьютерный осциллограф; разработана четырехкомпонентная демонстрационная система по электродинамике 5.1; комбинированная цифровая система измерений 2.21 позволяет проводить измерение заряда, обеспечивает одновременное измерение и индикацию числовых значений силы тока и напряжения.

Современное демонстрационное оборудование на базе компьютерных и цифровых средств измерения в оптимальном сочетании с некоторыми элементами классического оборудования позволяет сформировать системы, обеспечивающие экспериментальную поддержку преподавания электродинамики на основе либо универсального комплекта 5.1, либо комплекта 5.2.

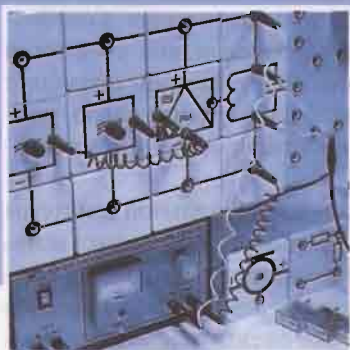
Комплект 5.1 на базе компьютерной измерительной системы с датчиками 2.20 и комплекта цифровых измерителей силы тока и напряжения 2.35 полностью обеспечивает демонстрационный эксперимент по постоянному и переменному току, электромагнитным колебаниям, току в полупроводниках и вакууме. Все электрические цепи собираются на вертикальной плоскости классной доски непосредственно в процессе проведения опытов.

Для формирования полной системы оборудования по электродинамике на базе комплекта 5.1 его необходимо дополнить следующим оборудованием: 2.20; 2.35; 5.3; 5.6; 5.8(1); 5.9; 5.10(2); 5.14; 5.15; 5.16; 5.23; 5.26(1); 5.29; 5.32; 5.35; 5.36; 5.37.

Комплект 5.2 на базе комбинированной цифровой системы измерения 2.21 полностью обеспечивает демонстрационный эксперимент по электростатике, постоянному и переменному току, электромагнитной индукции, полупроводникам, принципам радиосвязи; также обеспечивает сборку электрических цепей в вертикальной плоскости с использованием специальных панелей.

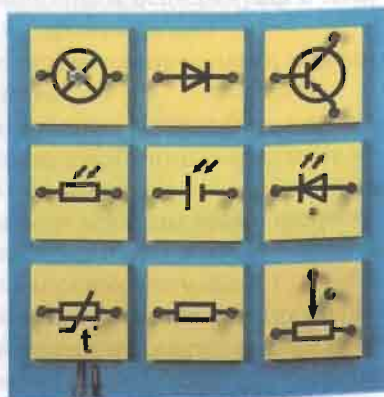
Полная система оборудования на базе комплекта 5.2 включает в себя дополнительно следующее оборудование: 5.3; 5.5; 5.6; 5.15; 5.16; 5.32; 5.34; 5.35.





УНИВЕРСАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКТЫ

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
5.1		Демонстрационные комплекты	285
	4.4.15	1) «Электричество-1»	
	4.4.16	2) «Электричество-2»	
	4.4.17	3) «Электричество-3»	
	4.4.18	4) «Электричество-4»	
5.2	4.4.13	Комплект оборудования по электродинамике на базе комбинированной цифровой системы измерений (КЦИ-3)	292
		1) Базовый комплект	
		2) Комплект по электромагнитным колебаниям	
		3) Комплект для исследования принципов радиосвязи	



5.1. (4.4.15; 4.4.16; 4.4.17; 4.4.18) Демонстрационные комплекты

Для проведения демонстрационных экспериментов по курсу электродинамики имеются четыре комплекта оборудования, получивших названия «Электричество-1», «Электричество-2», «Электричество-3» и «Электричество-4». Комплект «Электричество-1» предназначен для изучения постоянного тока, «Электричество-2» — для демонстрации явлений, сопровождающих протекание электрического тока в полупроводниках, «Электричество-3» — для проведения экспериментов по переменному току и импульсным процессам; «Электричество-4» — для демонстрации тока в вакууме и моделирования диода и триода.

Каждый из комплектов включает в себя 8 — 10 элементов для составления электрических цепей. Все элементы выполнены в виде стандартных модулей, устанавливаемых с помощью магнитов на вертикальную поверхность классной доски, и имеют размеры 11×11 см. На лицевой поверхности модуля размещен сам элемент электрической цепи или его обозначение, а также клеммы для включения в электрическую цепь. Некоторые элементы не могут быть смонтированы на стандартном модуле в силу своих размеров или специфики использования, в этом случае модуль с соответствующим обозначением соединяется со своим элементом гибким проводом.

Для проведения демонстраций для каждого комплекта необходимо дополнительное оборудование: комплект цифровых измерителей силы тока и напряжения 2.35, блок питания регулируемый, металлическая классная доска, комплект проводов.

1) Комплект «Электричество-1» (4.4.15) используют для проведения следующих демонстраций: составление электрической цепи; измерение силы тока амперметром; измерение напряжения вольтметром; зависимость силы тока от напряжения; зависимость силы тока от сопротивления; измерение сопротивлений; устройство переменного резистора (реостата); последовательное соединение проводников; параллельное соединение проводников; нагревание проводника электрическим током; определение мощности электрического тока; действие плавкого предохранителя.

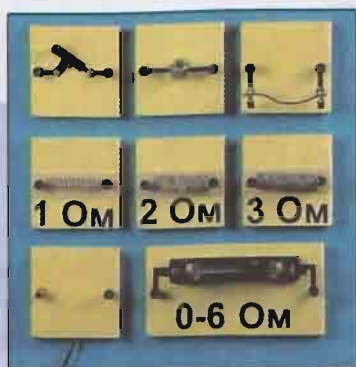


Рис. 5.1

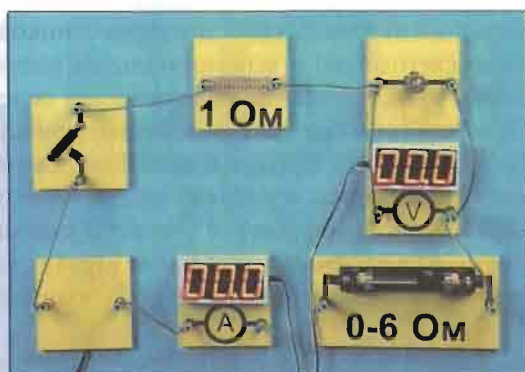
Данный комплект (рис. 5.1) содержит следующие элементы: выключатель (ключ); переменный резистор сопротивлением 6 Ом; резисторы сопротивлениями 1 Ом, 2 Ом и 3 Ом; модуль с зажимами; модуль для подключения источника тока; лампа с характеристиками 12 В, 21 Вт.

Входящие в комплект элементы электрических цепей имеют достаточно большие размеры и размещены на лицевой поверхности модулей. Это является принципиально важным моментом на начальном этапе изучения электрических явлений, когда учащийся имеет дело с достаточно простыми объектами (выключатель, лампа, резисторы).

В процессе эксперимента ученику демонстрируется электрическая цепь, протекание тока в которой сопровождается видимыми эффектами: свечением лампы и его изменением при перемещении ползунка переменного резистора; перегоранием проволочки, имитирующей действие плавкого предохранителя, и т. п. Номинальные сопротивления резисторов 1 Ом, 2 Ом и 3 Ом выбраны исходя из максимального упрощения расчетов силы тока в цепи, сопротивления участка цепи и т. п., необходимых в рамках демонстрационного эксперимента. Значения сопротивления резисторов выдерживаются с погрешностью не меньше 1%, в противном случае результаты опытов с применением достаточно точных измерительных приборов окажутся неудобными для быстрого зрительного восприятия. Все элементы набора «Электричество-1» рассчитаны на силу тока, не превышающую 3 А.

Примерами экспериментов, проводимых с использованием комплекта «Электричество-1», являются демонстрации зависимости силы тока от сопротивления участка цепи и зависимости силы тока от напряжения. Измерения силы тока и напряжения проводятся с абсолютной погрешностью 0,1 А и 0,1 В соответственно. Высокая точность изготовления проволочных резисторов позволяет показать прямую пропорциональную зависимость силы тока от напряжения (закон Ома) с использованием очень простых для восприятия значений величин. Взяв, например, в качестве сопротивления резистор 2 Ом, можно получить следующие значения силы тока и напряжения: (0,5 А; 1,0 В), (1,0 А; 2,0 В) и т. д. Уменьшение сопротивления резистора в 2 раза (ус-

Рис. 5.2



тановка вместо резистора сопротивлением 2 Ом резистора сопротивлением 1 Ом) приведет к увеличению в 2 раза силы тока в цепи. Фотография электрической цепи, собранной из элементов демонстрационного набора «Электричество-1», представлена на рисунке 5.2.

2) Комплект «Электричество-2» (4.4.16), предназначенный для изучения электрического тока в полупроводниках, используется для проведения следующих экспериментов: изучение зависимости сопротивления полупроводника от температуры; изучение зависимости сопротивления полупроводника от освещенности; односторонняя проводимость полупроводникового диода; изучение светодиода; устройство транзистора; работа транзистора в режиме ключа; усиление электрического сигнала транзистором; принцип действия фотореле; принцип действия термореле; источник тока на основе полупроводникового фотоэлемента.

Данный комплект (рис. 5.3) составляют следующие модули: транзистор; фотоэлемент; светодиод; термистор; фоторезистор; резистор сопротивлением 360 Ом; переменный резистор сопротивлением 470 Ом; лампа на напряжение 3,5 В.

Для проведения демонстраций необходим комплект «Электричество-1».

Модули, составляющие комплект «Электричество-2», имеют на лицевой поверхности обозна-

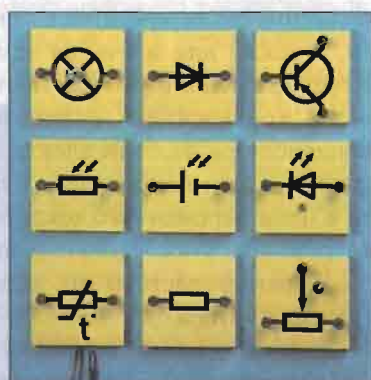


Рис. 5.3

чения элементов, а сами полупроводниковые приборы (за исключением светодиода) и вспомогательные элементы (резисторы), необходимые для составления электрических цепей, убраны внутрь модулей. Причина этого не только в миниатюрности диодов и транзисторов. Дело в том, что полупроводниковые элементы существенно отличаются по размерам, внешнему виду и характеристикам. Поэтому нецелесообразно в восприятии учащихся связывать обобщенные характеристики, изучаемые в школьном курсе, с конкретным видом определенного диода, фоторезистора или транзистора, смонтированного на модуле.

Конструкция модулей светочувствительных полупроводниковых элементов дополнительно предусматривает установку их перпендикулярно поверхности доски (на ребро), при этом фотодиод и фотоэлемент могут быть освещены светом лампы или какого-либо другого источника. При размещении этих модулей на доске обычным образом демонстрируются характеристики полупроводниковых устройств в «темновом» режиме.

При изучении зависимости сопротивления полупроводника от температуры терморезистор погружают в стакан с горячей водой. Поэтому он монтируется на конце гибкого провода, который связывает терморезистор с клеммами его модуля.

Комплект «Электричество-2» является дополнением к комплекту «Электричество-1», поскольку значительная часть элементов комплекта «Электричество-1» используется при составлении электрических цепей в экспериментах по изучению свойств полупроводников.

3) Комплект «Электричество-3» (4.4.17) предназначен для выполнения экспериментов с конденсатором и катушкой индуктивности, а также для изучения темы «Переменный электрический ток». Комплект используют для проведения следующих экспериментов: зарядка конденсатора; разрядка конденсатора; энергия заряженного конденсатора; явление электромагнитной индукции; явление самоиндукции; конденсатор в цепи переменного тока; катушка индуктивности в цепи переменного тока; последовательная цепь переменного тока; резонанс в последовательном колебательном контуре; зависимость резонансной частоты от параметров контура; принцип действия трансформатора.

Данный комплект (рис. 5.4) является дополнением к наборам «Электричество-1» и «Электричество-2» и содержит следующие элементы: переключатель; конденсаторы емкостью: 18,8 мкФ, 4,7 мкФ, 4700 мкФ и 2200 мкФ; модуль для подключения катушки индуктив-

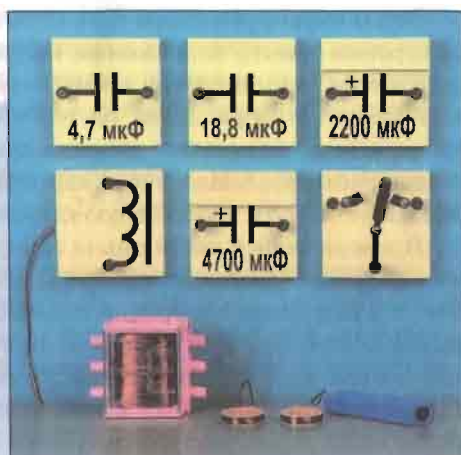


Рис. 5.4

ности; дроссельная катушка с ферритовым сердечником; катушка-моток (2 шт.).

Номиналы конденсаторов подобраны таким образом, чтобы обеспечить заметное отличие в собственных частотах колебательных контуров, собранных на их основе.

Для проведения экспериментов необходимы: комплект «Электричество-1»; комплект «Электричество-2»; функциональный генератор сигналов ФГ-100Д 5.37.

Новые возможности, которые открываются при использовании рассматриваемого оборудования, можно проиллюстрировать экспериментом по изучению последовательной цепи переменного тока. Приведем пример эксперимента, демонстрирующего распределение напряжения по элементам в последовательной цепи переменного тока. Он проводится на основе сравнения распределения напряжений в цепи переменного тока, содержащей только активные элементы (резисторы), с цепью, в которую входят индуктивность и емкость.

Сначала к генератору синусоидального сигнала подключается электрическая цепь, содержащая два последовательно соединенных резистора $R1$ и $R2$ разных номиналов. С помощью цифрового вольтметра измеряются общее напряжение, приложенное к цепи, и напряжения на резисторах $R1$ и $R2$. Сумма напряжений на резисторах сравнивается с общим напряжением, и формулируется вывод о том, что, если электрическая цепь содержит только активные элементы (резисторы), то сумма напряжений на отдельных участках последовательной цепи равна общему напряжению.

Затем вместо резистора R_2 в цепь включается конденсатор. После измерения общего напряжения, напряжения на резисторе R_1 и конденсаторе C и вычисления суммы двух последних напряжений внимание учащихся обращается на то, что теперь приложенное к цепи напряжение оказывается меньше суммы напряжений на резисторе и конденсаторе. Аналогичная картина получается и для цепи, содержащей резистор и дроссельную катушку.

В завершающей части опыта собирается цепь, содержащая соединенные последовательно дроссельную катушку, резистор и конденсатор, и в результате измерений и вычислений делается окончательный вывод о том, что в цепи переменного тока, содержащей индуктивность и емкость, алгебраическая сумма напряжений не совпадает с напряжением, приложенным к этой цепи. После этого с помощью цифрового миллиамперметра измеряется сила тока и полученное значение сопоставляется с результатом расчета силы тока на основании закона Ома для цепи переменного тока.

Исследование цепей переменного тока с использованием комплекта «Электричество-3» и приставки-осциллографа к компьютерному измерительному блоку 2.20 (3) приведено в разделе 2 (см. рис. 2.37).

4) Комплект «Электричество-4» (4.4.18) предназначен для демонстрации явлений и закономерностей, изучаемых в теме «Электрический ток в вакууме», а также экспериментов по изучению зависимости сопротивления металла от температуры и зависимости интенсивности теплового излучения от температуры.

Данный комплект (рис. 5.5) составляют: электронная лампа специальной конструкции; регулятор тока накала — реостат сопротивлением 100 Ом; источник питания; постоянный магнит. Особенности конструкции лампы подробно представлены при описании набора для изучения тока в вакууме 1.61.

Комплект «Электричество-4» используют для проведения следующих экспериментов: явление термоэлектронной эмиссии в вакууме; односторонняя проводимость вакуумного диода; вольт-

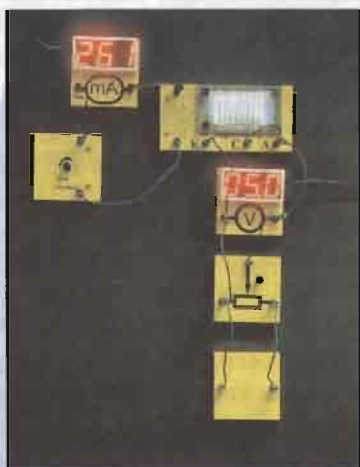


Рис. 5.5

амперная характеристика вакуумного диода; насыщение вакуумного диода; движение электронов в магнитном и электрическом поле; трех-электродная электронная лампа (триод); зависимость излучающей способности металла и его электрического сопротивления от температуры.

Для проведения демонстраций необходимы: комплект «Электричество-1»; комплект «Электричество-2»; блок питания регулируемый (только для опыта с триодом).

Элементы комплектов «Электричество-1», «Электричество-2», «Электричество-3», «Электричество-4» образуют объединенный комплект *«Электродинамика»*, который предназначен для работы с компьютерной измерительной системой **2.20**. Для регистрации напряжений на произвольных элементах электрических цепей в экспериментах по электродинамике компьютерный измерительный блок используется совместно с приставкой-осциллографом **2.20(3)**.

Комплект «Электродинамика» используют для проведения экспериментов по следующим темам.

ЛАМПА НАКАЛИВАНИЯ В ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА: изменение силы тока в лампе при ее включении; возникновение свечения лампы; выключение лампы.

КОНДЕНСАТОР В ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА: зарядка конденсатора; разрядка конденсатора; измерение времени зарядки и разрядки конденсатора; энергия электрического поля конденсатора.

ЯВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ И САМОИНДУКЦИИ: ЭДС индукции при включении тока в первичной цепи; ЭДС индукции при выключении тока в первичной цепи; ЭДС индукции в поле постоянного магнита; возникновение тока в катушке индуктивности; ЭДС самоиндукции при размыкании цепи.

СВОБОДНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ.

ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ: измерение напряжения источника переменного тока; измерение силы переменного тока.

ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА: фазовые соотношения между током в цепи и напряжением на конденсаторе; зависимость емкостного сопротивления от емкости конденсатора и частоты; ток в цепи, содержащей конденсатор; фазовые соотношения между током в цепи и напряжением на индуктивности; зависимость индуктивного сопротивления от индуктивности катушки и частоты; происхождение индуктивного сопротивления; последовательная цепь переменного тока.

ВЫНУЖДЕННЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И РЕЗОНАНС: зависимость амплитуды колебаний от частоты внешнего напряжения; влияние активного сопротивления на форму резонанс-

ной кривой; влияние емкости и индуктивности на значение резонансной частоты контура; соотношение фаз напряжения на элементах контура при резонансе; развитие колебаний в условиях резонанса.

МОЩНОСТЬ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА.

ГЕНЕРАТОР ПЕРЕМЕННОГО И ПОСТОЯННОГО ТОКА.

ВЫПРЯМЛЕНИЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА (однополупериодный выпрямитель).

Для проведения экспериментов необходимо дополнительное оборудование: компьютер, компьютерный измерительный блок **2.20(1)**, приставка-осциллограф **2.20(3)**, функциональный генератор сигналов **ФГ-100Д 5.37**.

5.2. (4.4.13) Комплект оборудования по электродинамике на базе комбинированной цифровой системы измерений (КЦСИ-3)

Комплект оборудования по электродинамике представлен базовым комплектом, комплектом по электромагнитным колебаниям и комплектом для исследования принципов радиосвязи.

Общими элементами оборудования для всех комплектов являются комбинированная цифровая система измерений **КЦСИ-3 2.21**, демонстрационный стенд и блок питания.

Демонстрационный стенд выполнен в виде плоского наборного поля с контактными гнездами для установки модулей. В настольном варианте стенд устанавливается на демонстрационном столе вертикально с помощью двух боковых стоек. При необходимости стенд может быть закреплен на стене или классной доске. Боковые стойки при этом не привинчиваются, а крепление стенда осуществляется с помощью двух отверстий на его задней стенке.

Расположение гнезд на панели стенда и внутренние электрические соединения между ними, а также расположение элементов в модулях и их условные графические обозначения выполнены таким образом, чтобы составленная из модулей схема демонстрации соответствовала собранному в результате устройству. Таким образом, внешние соединения необходимы только для подключения источника питания и электроизмерительных приборов.

Один из основных элементов комплекта — модуль, представляет собой коробочку размером $80 \times 80 \times 30$ мм, выполненную из прозрачного ударопрочного полистирола. В дно коробочки ввернуты латунные штыри, посредством которых модуль крепится на стенде. Они же являются токоведущими элементами, обеспечивающими соответ-

вующие электрические соединения, необходимые для сборки схем. Крепление штырей «плавающее», что обеспечивает надежное и быстрое соединение модулей с гнездами стенда без сколько-нибудь существенной деформации корпуса модуля. На передней панели модуля нанесено графическое изображение элемента, находящегося внутри модуля. Часть элементов, например, лампы накаливания и светодиод, вынесены непосредственно на переднюю панель модуля. Прозрачный корпус модуля позволяет учащимся при необходимости рассмотреть элементы, находящиеся в нем. Все модули делятся на две группы: модули, содержащие собственно элементы, и модули-соединители (прямой, угловой, Т-образный и т. д.).

Для подключения электроизмерительных приборов используются приборные модули.

Для электропитания во всех комплектах используется низковольтный импульсный блок питания (БПН), выполненный на современной элементной базе.

Технические характеристики БПН

- 1) Выход «2—20 В»: стабилизированное напряжение постоянного тока, регулируемое от 2 до 20 В; номинальная сила тока 3 А; сила тока ограничения 4 А; пульсации напряжения не более 50 мВ; продолжительность непрерывной работы 30 мин.
- 2) Выход «2 В, 30 А» (используется в демонстрациях по электромагнитным явлениям): напряжение 2 В (не нормируется) при силе тока 30 ± 3 (А) на нагрузке сопротивлением 0,05 Ом; продолжительность непрерывной работы 30 с.
- 3) Выход «Лампа ~12 В»: напряжение 12 В переменного тока для включения галогенной лампы (12 В, 5 А); продолжительность непрерывной работы 30 мин.
- 4) Напряжение питания 220 ± 22 (В). Потребляемая мощность не более 80 Вт.
- 5) Габаритные размеры прибора $230 \times 120 \times 220$ мм. Масса не более 5 кг.

Для измерения силы постоянного тока и постоянного напряжения, а также электрического сопротивления в комплекте используется прибор ПКЦ с измерительным преобразователем R -метр.

В режиме измерения постоянного тока ПКЦ имеет следующие характеристики: пределы измерения напряжения постоянного тока ± 120 В; пределы измерения силы постоянного тока ± 5 А; индикация измеряемого параметра 3 десятичных разряда; погрешность измерения не более 2 единиц младшего разряда.

Особенностью работы ПКЦ в режиме измерения постоянных токов и напряжений является возможность одновременного измерения силы тока и напряжения, что делает возможным снятие различных вольт-амперных характеристик.

В сочетании с R -метром КЦСИ-3 имеет четыре диапазона измерения сопротивления с автоматическим выбором: 120 Ом, 1,2 кОм, 12 кОм, 120 кОм. Погрешность измерения не больше 1%.

1) Базовый комплект предназначен для изучения постоянного электрического поля, электрических цепей постоянного тока, закона Ома для участка цепи и для полной цепи.

Комплект используется для проведения следующих демонстраций: сборка электрической цепи; принцип действия амперметра; измерение силы тока амперметром; введение понятия напряжения; принцип действия вольтметра; измерение напряжения вольтметром; измерение сопротивления проводника с помощью амперметра и вольтметра; измерение сопротивления проводника с помощью измерителя сопротивления (R -метра); зависимость сопротивления проводника от длины и площади поперечного сечения; устройство и принцип действия реостата; последовательное соединение проводников; сопротивление проводников при последовательном соединении; параллельное соединение проводников; сопротивление проводников при параллельном соединении; закон Ома для участка цепи; закон Ома для всей цепи; нагревание проводников электрическим током; измерение мощности, потребляемой нагревательным прибором; действие плавкого предохранителя при коротком замыкании; свойства $p-n$ -перехода; полупроводниковый диод; односторонняя проводимость полупроводникового диода; зависимость сопротивления металла от температуры; зависимость сопротивления полупроводника от температуры.

Комплект (рис. 5.6, *a*) составляют: стенд (наборное поле); стойка; комплект модулей (28 шт.): модули соединительные — концевой, прямой, угловой, Т-образный, приборный (16 шт.); модули с элементами: резисторы сопротивлениями 1 Ом, 5 Ом, 10 Ом и 20 Ом, лампа накаливания 6,3 В/0,3 А, лампа накаливания 220 В/60 Вт, ключ, кнопка, диод, светодиод, реостат сопротивлением 10 Ом, конденсатор емкостью 2000 мкФ; прибор «Сопротивление проводника»; спираль (нихром); спираль на колодке (сталь); терморезистор на колодке; комплект проводов (10 шт.); провод сетевой с вилкой; измерительный преобразователь R -метр.

Прибор «Сопротивление проводника» представляет собой панель из изоляционного материала, на которую наклеены полоски проводящей бумаги. Полоски имеют отличающуюся в 2 раза длину и ширину. На панель также наклеена полоска алюминиевой фольги, имеющая



Рис. 5.6



такую же геометрию, как и одна из полосок проводящей бумаги. Наличие такого прибора в сочетании с R -метром позволяет методически просто вводить понятие зависимости сопротивления проводника от длины, площади поперечного сечения и удельного сопротивления.

Приводим пример проведения опыта (рис. 5.6, б): на демонстрационном стенде собрана цепь для исследования зависимости силы тока, проходящего через резистор, от напряжения на нем; на столе перед стендом находится прибор «Сопротивление проводника».

2) Комплект по электромагнитным колебаниям предназначен для изучения свободных и вынужденных электромагнитных колебаний и переменного тока.

Комплект используют для проведения следующих демонстраций: зависимость индуктивного сопротивления от частоты переменного тока; зависимость индуктивного сопротивления от индуктивности катушки; зависимость емкостного сопротивления от частоты переменного тока; зависимость емкостного сопротивления от емкости конденсатора; последовательный резонанс в цепи переменного тока; однополупериодное и двухполупериодное выпрямление переменного тока.

Данный комплект (рис. 5.7) составляют: генератор низкочастотный; электрические модули: индуктивность, набор емкостей, набор из двух диодов, выпрямительный мост; измерительный преобразователь «Вольтамперметр переменного тока»; соединительные провода (комплект); компьютерный осциллограф.

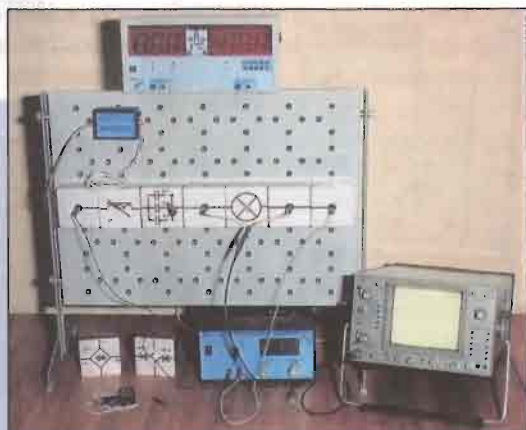


Рис. 5.7

Комплект используется совместно с базовым комплектом по электродинамике.

Базовым элементом комплекта является низкочастотный (звуковой) генератор.

Технические характеристики генератора

- 1) Диапазон генерируемых частот 20 Гц — 20 кГц.
- 2) Напряжение питания 220 В; выходная мощность 8 Вт.
- 3) Максимальное выходное напряжение на нагрузке сопротивлением 4 Ом — 5 В.

Прибор снабжен цифровым индикатором частоты. Выход прибора имеет защиту от перегрузки и короткого замыкания. Генератор может работать как на внешнюю акустическую систему, так и на встроенный громкоговоритель. При необходимости прибор может использоваться как усилитель низкой (звуковой) частоты с двумя отдельными входами — микрофонным и линейным (чувствительность около 100 мВ).

На передней панели генератора расположен переключатель диапазона частот, совмещенный с переключателем рода работы (генератор — усилитель). Внутри каждого диапазона возможна плавная регулировка частоты, осуществляемая отдельным регулятором. Рядом с выходными клеммами генератора находится регулятор амплитуды выходного напряжения. Над регулятором и выходными клеммами расположены цифровые индикаторы.

На задней панели генератора находится входной разъем усилителя низкой частоты и переключатель выхода (встроенный громкоговоритель или внешняя нагрузка).

Основой цифрового осциллографа является компьютер со звуковой картой. Такой осциллограф может работать в двух режимах развертки (непрерывном и ждущем) и имеет «закрытый вход»: измерения переменных сигналов происходят без пропуска постоянной составляющей. Максимальное напряжение, подаваемое на линейный вход осциллографа (без внешнего делителя напряжения), не превышает 3 В, поэтому прибор комплектуется внешним делителем напряжения (1:10 и 1:100).

Диапазон частот измеряемых сигналов от 20 Гц до 5,5 кГц. Сигналы меньших частот не пропускаются разделительным конденсатором.

3) Комплект для исследования принципов радиосвязи предназначен для изучения принципов радиопередачи и радиоприема.

Комплект используют для проведения следующих демонстраций: получение электромагнитных колебаний низкой (звуковой) частоты; получение электромагнитных колебаний высокой частоты; запись звуковых колебаний с помощью микрофона; сложение колебаний на линейном сопротивлении; получение однотоноально модулированных колебаний; получение модулированных колебаний с помощью микрофона; прием амплитудно-модулированных колебаний; роль детектора при приеме амплитудно-модулированных колебаний; выделение низкочастотных колебаний и роль емкости конденсатора в этом процессе.

Комплект (рис. 5.8) составляют: генератор высокой частоты (ГВЧ); генератор низкой частоты (ГНЧ); модулятор (М); усилитель мощности модулированных колебаний (УМ), совмещенный с выходным контуром передатчика (частота 100 кГц); входной контур детекторного приемника; детекторная ячейка с набором емкостей; модуль активных (линейных) сопротивлений (АС); микрофон с усилителем; модуль Т-образный (2 шт.); провода соединительные.

Для работы комплекта необходимы: стенд из базового комплекта по электродинамике, блок питания низковольтный (БПН), а также любой низкочастотный осциллограф.

Основными частями комплекта являются два генератора, собранные на печатных платах в стандартных модулях, — генератор низкой частоты (ГНЧ) и генератор высокой частоты (ГВЧ).

ГНЧ вырабатывает однотоноальный сигнал частотой 1 кГц и регулируемой амплитудой напряжения в пределах от 0 до 6 В. ГВЧ вырабатывает напряжение частотой 50 кГц, выходная амплитуда которого также регулируется от 0 до 6 В. Выходное напряжение каждого генератора выведено на гнездо, расположенное на лицевой части модуля.

Схема подключения модуля к осциллографу

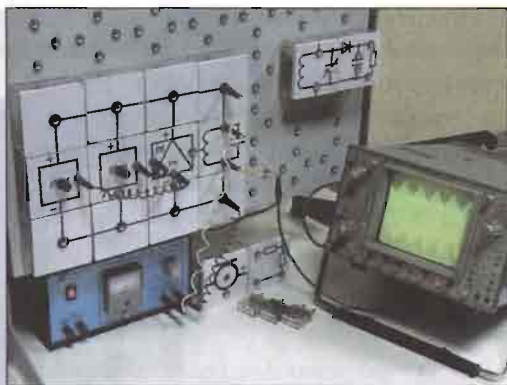


Рис. 5.8

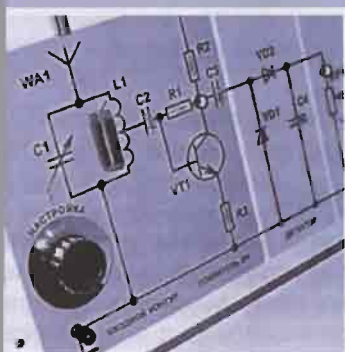
Для осуществления не только однотоновой, но и модуляции от микрофона в комплект входит модуль с электретным микрофоном и усилителем.

Входящий в состав комплекта модулятор имеет два отдельных входа для низкочастотного и высокочастотного сигналов. Выходное напряжение модулятора подается на усилитель мощности модулированных колебаний, совмещенный с выходным контуром передатчика, который тоже размещается в отдельном модуле. Питание всех модулей производится от БПН или от любого источника, обеспечивающего напряжение 22—26 В. Все модули имеют встроенные стабилизаторы и защиту от неправильного включения.

Для демонстрации невозможности получения амплитудно-модулированных колебаний путем простого сложения сигналов на резисторе в комплект входит модуль активных (линейных) сопротивлений.

На лицевую часть модулей нанесены функциональные условные обозначения.

Приемная часть комплекта представляет собой детекторный приемник, собранный в двояном модуле. Приемник снабжен гнездами для подключения осциллографа и получения осциллограмм в наиболее характерных точках. Набор конденсаторов различной емкости позволяет подчеркнуть роль правильно подобранного конденсатора при конструировании фильтра.



ТЕМАТИЧЕСКИЕ НАБОРЫ

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
5.3	4.4.75	Электрометры с принадлежностями (пара)	300
5.4		Демонстрационный набор по электродинамике	301
5.5	3.19	Трансформатор универсальный	303
5.6	4.4.11	Комплекты приборов для демонстрации свойств электромагнитных волн с использованием генератора на диоде Ганна	304
5.7	4.4.11	Комплект приборов на основе генератора ультравысокой частоты для опытов с электромагнитными волнами (Н)	308
5.8	4.4.12	Приборы для изучения принципов радиоприема и радиопередачи 1) Набор для изучения принципов радиоприема и радиопередачи 2) Набор для изучения принципов радиосвязи	312

5.3. (4.4.75) Электрометры с принадлежностями (пара)

Электрометры предназначены для проведения демонстраций по электростатике: обнаружение электрических зарядов; распределение зарядов на поверхности проводника; делимость электрического заряда; измерение разности потенциалов; электростатическая индукция; электрическая емкость плоского конденсатора.

Данный комплект (рис. 5.9) составляют: два электрометра; три полых металлических шара (два одинаковых большого диаметра и один малого); два конденсаторных диска; два острия; пробный шарик и проводник на изолирующих ручках.

Каждый электрометр состоит из металлического корпуса цилиндрической формы; пластмассовой подставки со стойкой; металлического стержня и стрелки.

Корпус электрометра застеклен с обеих сторон. Внутри корпуса в нижней его части установлена шкала с делениями без оцифровки. В верхней части корпуса имеется отверстие, в котором укреплена изоляционная втулка. Во втулке вертикально закреплен металлический стержень. Верхняя часть стержня имеет круглое сечение и находится

вне корпуса прибора, а нижняя — форму пластинки и находится внутри корпуса. В центре пластинки на оси установлена легкая стрелка. Корпус электрометра со стержнем, шкалой и стрелкой установлен на подставке. Для заземления металлического корпуса электрометра на его наружной поверхности имеется универсальная приборная клемма.

Во время переноса и хранения электрометра его стрелка арретируется с помощью простейшего проволоочного рычажка, установленного в верхней части корпуса рядом с изоляционной втулкой.



Рис. 5.9

На конденсаторных дисках и полых шарах жестко закреплены трубки, с помощью которых они устанавливаются на стержень электрометра.

Технические характеристики комплекта электрометров

- 1) Диаметр: больших полых шаров не более 100 мм, малого полого шара не более 50 мм, конденсаторных дисков не более 100 мм, пробного шарика не более 22 мм.
- 2) Длина проводника на изолирующей ручке не менее 280 мм.
- 3) Габаритные размеры каждого электрометра не более $205 \times 160 \times 360$ мм; масса комплекта электрометров с принадлежностями без упаковки не более 3,7 кг.

Для проведения демонстраций необходимо дополнительное оборудование: палочки из эбонита и стекла 5.14, электрофорная машина 2.6, штатив изолирующий 5.17, провода соединительные.

5.4. Демонстрационный набор по электродинамике¹

Набор (рис. 5.10) составляют:

- 1) книга «Демонстрационные опыты по электродинамике», в которой описана технология проведения 120 опытов;
- 2) демонстрационная макетная панель на сборных стойках;
- 3) набор деталей, которые установлены на изоляционных пластинах и снабжены соединительными проводниками: резистор переменный с характеристиками 1 кОм 1 Вт; резисторы с характеристиками: 5 Ом 10 Вт (1 шт.), 10 Ом 5 Вт (2 шт.), 15 Ом 5 Вт (1 шт.), 20 Ом 2 Вт (1 шт.), 30 Ом 2 Вт (1 шт.), 1 кОм 1 Вт (1 шт.); диод выпрямительный (2 шт.); светодиод; транзистор $n-p-n$ -типа; конденсаторы емкости



Рис. 5.10

¹ Описание составлено П. П. Головиным, народным учителем СССР.

ми: 10 мкФ, 20 мкФ, 500 мкФ; электромагнитное реле; никелиновые провода разной длины и сечения; лампы накаливания с характеристиками: 6 В 0,5 А (3 шт.), 6 В 0,3 А (1 шт.); телефонный капсюль ТОН-2М; соединительные проводники (7 шт.).

Для демонстраций пластины с деталями устанавливаются в пазах горизонтальных реек, закрепленных на поверхности макетной панели.

Набор используют для проведения более 100 демонстрационных опытов по разным темам электродинамики. Приведем перечень некоторых демонстраций.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ: знакомство с составными частями простейшей электрической цепи; измерение силы тока; измерение напряжения; зависимость силы тока в цепи от напряжения; построение графика зависимости силы тока от напряжения; закон Ома для участка цепи.

СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРОВОДНИКА, УДЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ, СОЕДИНЕНИЕ ПРОВОДНИКОВ: зависимость сопротивления от длины проводника; зависимость сопротивления от сечения проводника; последовательное соединение проводников; параллельное соединение проводников.

РАБОТА И МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА: сравнение работы электрического тока в двух одинаковых лампах при их последовательном и параллельном соединениях; сравнение общей мощности ламп при их последовательном и параллельном соединениях.

ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ, КОНДЕНСАТОР: демонстрация конденсатора как накопителя энергии; определение емкости конденсатора.

ИСТОЧНИКИ ТОКА, ЗАКОН ОМА: принцип действия химического источника тока; определение разности потенциалов между разнородными металлами; определение напряжения на внутреннем участке источника тока; определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока.

АКТИВНОЕ, ЕМКОСТНОЕ И ИНДУКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ: определение индуктивности катушки; демонстрация явления резонанса в последовательном колебательном контуре; демонстрация явления резонанса в параллельном колебательном контуре; демонстрация роли активного, индуктивного и емкостного сопротивлений в цепи переменного тока.

$p-n$ -ПЕРЕХОД, ДИОД, ТРАНЗИСТОР: демонстрация односторонней проводимости диода; демонстрация разности потенциалов запирающего $p-n$ -перехода кремниевого диода; демонстрация импульсного режима работы транзистора; демонстрация работы транзистора как усилителя.

5.5. (3.19) Трансформатор универсальный

Набор «Трансформатор универсальный» предназначен для исследования принципа действия, устройства и технических применений трансформатора, проведения опытов по электромагнетизму, электромагнитной индукции и самоиндукции, электромагнитным свободным, вынужденным и автоколебаниям.

Данный набор используют для проведения демонстраций: исследование магнитного поля катушки с током; действие магнитного поля на проводник с током; исследование индукции магнитного поля; исследование магнитных свойств вещества; способы получения индукционного тока; наблюдение явления самоиндукции; исследование цепей переменного тока, содержащих индуктивную нагрузку; свободные электромагнитные колебания; устройство и принцип действия трансформатора; исследование работы трансформатора в различных режимах; роль обратной связи в работе трансформатора; действующая модель сварочного трансформатора.

Трансформатор универсальный (рис. 5.11) составляют следующие основные части и дополнительные детали. Магнитопровод, набранный из пластин электротехнической стали, замыкается ярмом, одна плоскость которого отшлифована. Для скрепления магнитопровода с ярмом служат два прижима. Для концентрации магнитного поля в небольшом объеме, а также создания однородного поля служат специальные наконечники, имеющие форму четырехгранной призмы, переходящей в конус. Медное и алюминиевое кольца используются для демонстрации индукционных токов.

В набор входят четыре катушки: односекционная первичная на напряжение 220 В; двухсекционная вторичная на напряжение 6 В; пло-



Рис. 5.11

Таблица 5.1

Катушка	Число витков	Диаметр провода, мм
Первичная катушка на 220 В	946	0,56
Вторичная катушка: секция 1	33	1,56
секция 2	33	1,56
Плоская катушка	20	1,56
Сварочная катушка	5	6

ская катушка с лампочкой и катушка электросварочного аппарата. В комплект поставки входят также электроды и переходник.

Технические характеристики обмоток катушек приведены в таблице 5.1.

5.6. (4.4.11) Комплекты приборов для демонстрации свойств электромагнитных волн с использованием генератора на диоде Ганна

Комплекты № 1 (рис. 5.12, а) и № 2 (рис. 5.12, б) предназначены для экспериментального изучения свойств электромагнит-



Рис. 5.12



ных волн с длиной волны порядка 3 см. Так как сантиметровые волны в электромагнитном спектре расположены между более длинными радиоволнами и тепловым излучением, то комплекты позволяют экспериментально подтвердить и электромагнитную природу оптического излучения.

В таблице 5.2 приведен перечень демонстраций, проводимых с использованием комплектов.

Таблица 5.2

Название демонстрации	Комплекты	
	№ 1	№ 2
Излучение и прием электромагнитных волн	+	+
Направленное излучение и прием электромагнитных волн с использованием рупорной антенны, а также их прием с использованием дипольной антенны	+	+
Прохождение электромагнитных волн через диэлектрики	+	+
Отражение электромагнитных волн от границы между двумя диэлектриками и между диэлектриком и проводником	+	—
Подтверждение закона отражения электромагнитных волн	+	+
Преломление электромагнитных волн на границе двух диэлектриков	+	+
Прохождение электромагнитных волн через диэлектрические призмы:		
прямоугольную	+	+
треугольную	+	—
Фокусирующее действие плоско-выпуклой диэлектрической линзы	+	—
Наблюдение стоячих электромагнитных волн в воздухе и измерение длины волны	+	+
Интерференция электромагнитных волн:		
схема Ллойда	+	+
схема Френеля	+	+

Название демонстрации	Комплекты	
	№ 1	№ 2
Дифракция электромагнитных волн на:		
щели	+	+
двух щелях	+	+
трех щелях	+	—
диске	+	—
Наблюдение поляризации электромагнитных волн	+	+
Принципы работы:		
радиотелефона	+	—
радиотелеграфа	+	+
радиолокации	+	—

В таблице 5.3 указаны элементы, составляющие комплекты.

Из таблицы 5.2 видно, что комплекты несколько отличаются по составу, конструктивному исполнению держателей и штативов.

Таблица 5.3

Наименование	Комплекты	
	№ 1	№ 2
Передатчик с рупорной антенной	+	+
Блок передатчика с элементами управления	+	
Приемник с рупорной антенной	+	+
Блок усилителя сигнала приемника и схемы индикации уровня принятого сигнала	+	
Приемник с дипольной антенной	+	+
Решетка поляризационная, шт.	2	—
Призма прямоугольная	+	—
Призма треугольная	+	+
Зеркало металлическое большое, шт.	2	2

Наименование	Комплекты	
	№ 1	№ 2
Зеркало металлическое малое, шт.	2	1
Диск металлический	+	—
Штативы и держатели для сборки установок	+	+

В комплекте № 1 рупорные антенны передатчика и приемника выполнены отдельно от электронных блоков, тогда как в комплекте № 2 они объединены.

Принцип действия комплектов одинаков. Излучение электромагнитных волн основано на эффекте Ганна — явлении генерации высокочастотных колебаний электрического тока в полупроводнике, обладающем вольт-амперной характеристикой N -образной формы. Этот эффект был обнаружен впервые американским физиком Дж. Ганном в 1963 г. На рисунке 5.13 приведена зависимость плотности тока j от напряженности электрического поля E .

Эффект Ганна обусловлен процессами, происходящими в однородном полупроводнике с электронной проводимостью.

Генерация колебаний происходит, когда постоянное напряжение U , приложенное к полупроводниковому образцу длиной l , таково, что значение напряженности электрического поля E в образце, равное $E = \frac{U}{l}$, заключено в некоторых пределах $E_1 < E < E_2$, ограничивающих падающий участок вольт-амперной характеристики (см. рис. 5.13).

На эффекте Ганна основано действие специальных устройств — диодов Ганна. Полупроводниковые образцы в них имеют длину от десятков до нескольких сотен микрометров, размеры доменов в них 10—20 мкм, скорость их перемещения достигает 10^5 м/с.

Если диод Ганна согласован с резонатором, характерный размер которого близок к длине волны, то возникает излучение электромагнитных волн.

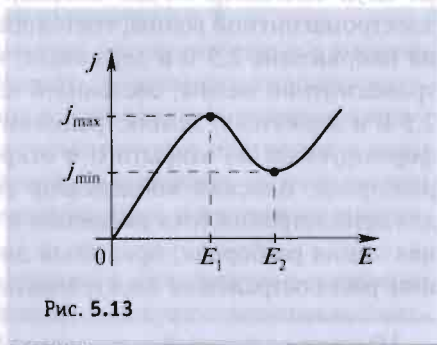


Рис. 5.13

В комплектах № 1 и № 2 диод Ганна установлен между широкими стенками прямоугольного волновода передатчика. Один конец волновода закорочен, а второй переходит в рупорную антенну.

Приемник с рупорной антенной конструктивно аналогичен передатчику. Между широкими стенками волновода, в который переходит рупорная антенна приемника, расположен детекторный СВЧ-диод.

Средняя мощность излучения комплектов 10 мВт; несущая частота передатчика первого комплекта $10 \text{ ГГц} \pm 60 \text{ МГц}$, второго комплекта $11,0 \pm 1,1 \text{ (ГГц)}$

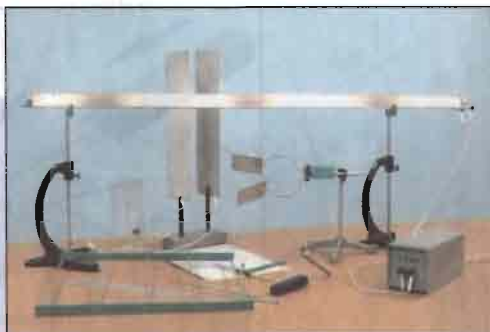
5.7. (4.4.11) Комплект приборов на основе генератора ультравысокой частоты для опытов с электромагнитными волнами¹ (Н)

Комплект обеспечивает экспериментальное доказательство существования электромагнитных волн, изучение их физических свойств и ознакомление учащихся с возможностями практического применения электромагнитного излучения. Основным элементом комплекта является генератор ультравысокой частоты (УВЧ), который фактически является преобразователем переменного напряжения частотой 50 Гц в переменное напряжение частотой 430 МГц. Используя генератор, можно разработать такую методику, в которой изучение электромагнитного излучения является непосредственным продолжением изучения физических явлений в цепях переменного тока.

Комплект (рис. 5.14) составляют: генератор УВЧ; двухжильный провод для соединения генератора с потребителями тока УВЧ; излучающий диполь из двух телескопических антенн; приемный диполь из двух телескопических антенн; индикатор электрического поля электромагнитной волны, состоящий из приемного диполя, лампочки на напряжение 2,5 В и держателя; индикатор магнитного поля электромагнитной волны, состоящий из витка, лампочки на напряжение 2,5 В и держателя; демонстрационный колебательный контур, трансформируемый из закрытого в открытый; поляризация решетчатая разборная; плоский конденсатор размером $120 \times 400 \text{ мм}$ разборный для демонстрации тока смещения и его магнитного поля; двухпроводная линия разборная; приемный диполь с лампочкой для демонстрации распространения электромагнитной волны в воде; ферритовый

¹ Описание и фотографии выполнены В. В. Майером.

Рис. 5.14



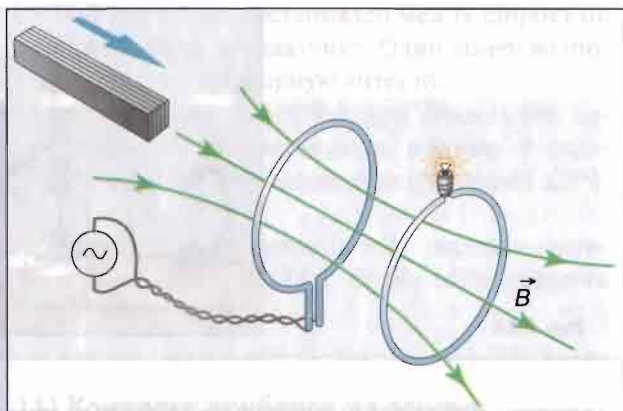
сердечник наборный; металлическое зеркало размером 300×400 мм для демонстрации отражения; металлическая пластина размером 30×400 мм для демонстрации дифракции.

В качественных демонстрационных экспериментах комплект приборов для опытов с электромагнитными волнами используется при изучении следующих явлений: существование тока смещения; доказательство существования магнитного поля тока смещения; электрическое и магнитное поля в закрытом колебательном контуре; электромагнитное излучение при переходе от закрытого к открытому колебательному контуру; волновой характер электромагнитного излучения; излучение полуволновым диполем; распространение электромагнитной волны; поперечность электромагнитной волны, отсутствие продольных составляющих электрического и магнитного полей; перенос энергии электромагнитной волной; поглощение; затухание; отражение; преломление; интерференция; дифракция; поляризация; дисперсия; стоячая волна в воздухе; стоячая волна в воде; распространение электромагнитной волны в двухпроводной линии; визуализация электромагнитной волны люминесцентной лампой; передача информации посредством электромагнитного излучения и т. д.

В количественных демонстрационных экспериментах с помощью комплекта можно исследовать и измерить: резонансную частоту излучающего и приемного диполя; длину волны электромагнитного излучения в воздухе; длину волны электромагнитного излучения в воде; диаграмму направленности излучателя; зависимость интенсивности принимаемой волны от угла между излучающим и приемным диполями и т. д.

Технологию проведения демонстрации с комплектом покажем на примере экспериментального доказательства существования магнитного поля тока смещения.

Рис. 5.15

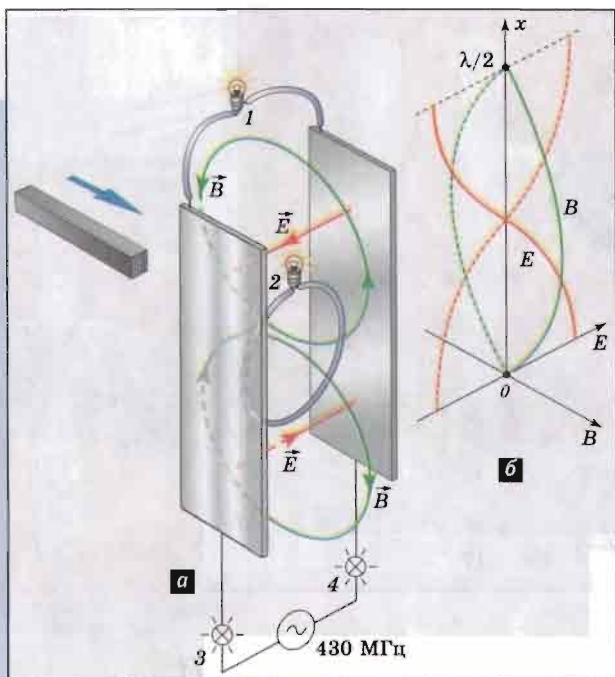


Опыт 1. Вначале показывают, что виток с лампой накаливания является индикатором переменного магнитного поля. Для этого к проводам от генератора подключают излучающий виток, к нему приближают виток с лампой до тех пор, пока она не загорится. Объясняют результат опыта явлением электромагнитной индукции: электрический ток, идущий по излучающему витку, порождает переменное магнитное поле, которое пронизывает виток с лампой и индуцирует в нем электрический ток, вызывающий загорание лампы. Чтобы повысить убедительность этого вывода, по оси витков вводят ферритовый сердечник с большой магнитной проницаемостью (рис. 5.15) и демонстрируют увеличение накала лампы. Делают вывод, что виток, замкнутый на лампу накаливания, действительно может быть использован в качестве индикатора переменного магнитного поля.

Опыт 2. Собирают экспериментальную установку, показанную схематично на рисунке 5.16, *а*. На рисунке 5.16, *б* приведены графики распределения электрического и магнитного полей вдоль пластин внутри конденсатора. На вертикально установленных эбонитовых стойках крепят дюралевые пластины конденсатора и обычным гибким двухжильным проводом электроприборов соединяют с ними генератор.

Включив генератор, показывают свечение ламп 3 и 4, что свидетельствует о прохождении через них тока проводимости и между пластинами конденсатора — тока смещения. Далее опыты можно проводить с этими лампами, но, чтобы повысить интенсивность поля, лучше их убрать. В таком случае следует еще раз показать, что между пластинами конденсатора течет переменный ток смещения, ко-

Рис. 5.16

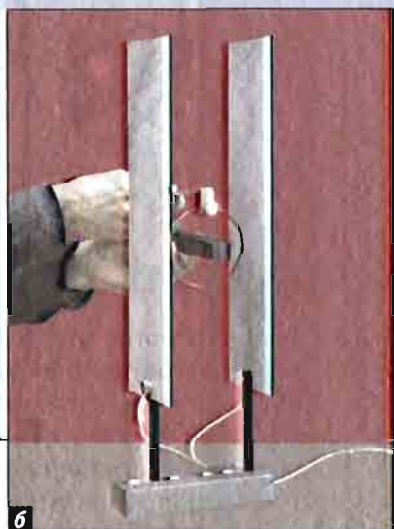


торый превращается в ток проводимости, если пластины замкнуть. Для этого используют лампу 1 с двумя гибкими выводами. Приближая их к пластинам конденсатора, показывают, что лампа загорается и продолжает гореть при касании ее выводами пластин.

Опыт 3. Магнитное поле тока смещения демонстрируют посредством витка с лампой, который располагают вертикально посередине конденсатора перпендикулярно его пластинам (рис. 5.17, а). Введя внутрь витка ферритовый сердечник с большой магнитной проницаемостью, показывают, что яркость свечения лампы возрастает (рис. 5.17, б). Поместив ферритовый сердечник вне витка возле краев конденсатора, обнаруживают, что свечение лампы практически не меняется. Значит, переменное магнитное поле сосредоточено посередине конденсатора. Если ферритовый сердечник убрать, а внутрь витка ввести пластиковую бутылку с водой, имеющей большую диэлектрическую проницаемость, то яркость свечения лампы останется неизменной. Далее вводят бутылку с водой в верхнюю или нижнюю части конденсатора и показывают, что лампа витка начинает гореть слабее.



Рис. 5.17



Значит, в использованном конденсаторе переменное электрическое поле в отличие от магнитного сосредоточено не в центре конденсатора, а по его краям.

Из проделанной серии опытов делают вывод, что поскольку через конденсатор проходит ток смещения, а в центре между пластинами конденсатора действительно сосредоточено переменное магнитное поле, то прямой эксперимент подтверждает гипотезу Максвелла о наличии вихревого магнитного поля вокруг тока смещения.

5.8. (4.4.12) Приборы для изучения принципов радиоприема и радиопередачи

1) Набор для изучения принципов радиоприема и радиопередачи. Две модификации набора представлены на рисунке 5.18.

Наборы предназначены для проведения следующих демонстраций: наблюдение совместной работы радиопередатчика и радиоприемника в процессе передачи и приема однотоновых звуковых колебаний, музыки и речи; наблюдение осциллограмм амплитудно-модулирован-

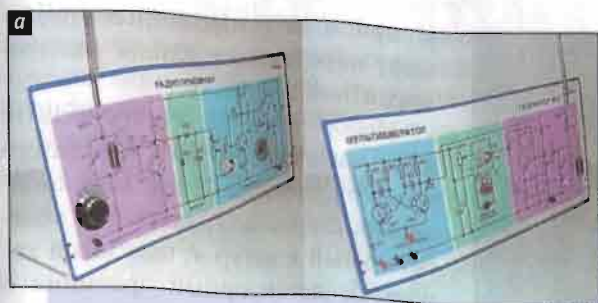
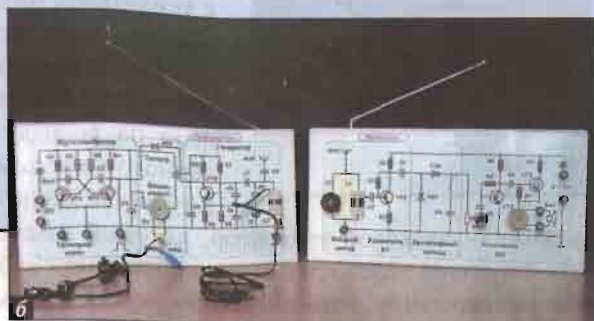


Рис. 5.18



ных колебаний; наблюдение действия передающей и приемной антенн; наблюдение передачи информации при разных несущих частотах; использование явления резонанса при радиопередаче и радиоприеме.

Принцип действия набора и его электрическая схема полностью совпадают с набором для исследования принципов радиопередачи и радиоприема 1.56.

Набор отличается от аналогов открытым монтажом, соответствием структурных схем передатчика и приемника блок-схемам радиопередачи и радиоприема, описанным в учебниках, использованием в электрической схеме изученных учащимися элементов: колебательного контура $L - C$; транзисторного генератора; принципа модуляции, основанного на изменении напряжения на транзисторе генератора.

2) Набор для изучения принципов радиосвязи предназначен для демонстрации излучения и приема электромагнитных волн.

С помощью данного набора проводят следующие демонстрации: получение высокочастотных электромагнитных колебаний и их идентификация; излучение и прием электромагнитных волн с помощью антенн; получение резонансной кривой приемного диполя; передача



Рис. 5.19

и прием модулированных колебаний; определение длины электромагнитной волны.

Набор (рис. 5.19) составляют: блок питания 3; блок генератора высокой частоты 2; два телескопических стержня 1; закрытый колебательный контур 4; приемный диполь 5; детекторный приемник 6 с усилителем низкой частоты и четыре съемных элемента.

Напряжение блока питания для высокочастотного генератора выведено на колодку разъема, закрепленного на верхней крышке блока.

Внутри блока питания смонтирован

модулятор — звуковой генератор, который за счет переключателя, размещенного на передней панели блока, может работать в разных режимах: непрерывном, однотональном, музыкальном и т. д.

Блок генератора высокой частоты смонтирован на вертикальной панели на двух двойных ламповых триодах с помощью печатного монтажа. В нижней части панели монтаж переходит в разъемную вилку, которую вставляют в колодку блока питания. В результате эти два блока соединяются не только электрически, но и механически.

С помощью пластмассовой колодки, расположенной посередине телескопических стержней, их надевают на специальный вырез блока генератора или блока приемного диполя. С помощью телескопического соединения длину стержней диполя можно изменять от 30 до 81 см.

Закрытый колебательный контур состоит из металлической полоски на гетинаксе, конденсатора переменной емкости и низковольтной лампочки. Он предназначен для демонстрации приема электромагнитного излучения.

Приемный диполь представляет собой открытый колебательный контур, состоящий из двух телескопических стержней, посередине которых установлены два гнезда. К гнездам через конденсатор подключен микроамперметр. К ним можно также подключать смонтированные на колодках полупроводниковый диод или низковольтную лампочку.

Детекторный приемник с усилителем низкой частоты во время опытов оснащается телескопической антенной.

Четыре съемных элемента составляют: два одинаковых полупроводниковых точечных диода на колодках со штепселями (на рис. 5.19 показан один из диодов), низковольтная лампочка на колодке со штепселями, металлическая пластина на колодке со штепселями.

Благодаря разъемным и штепсельным соединениям сокращается время учителя как на подготовку, так и на проведение опытов.

5.23	4.4.41	Строение электрической цепи		
5.24		Принципиальная схема электрической цепи	331	
5.25	4.4.42	Электрическая цепь с источником тока		332
5.26	4.4.43	Электрическая цепь с источником тока и резистором	333	332
5.27	4.4.44	Электрическая цепь с источником тока и лампочкой	334	332
5.28	4.4.45	Электрическая цепь с источником тока и катушкой индуктивности	335	332
5.29	4.4.46	Электрическая цепь с источником тока и конденсатором	336	332
5.30	4.4.47	Электрическая цепь с источником тока и диодом	337	332
5.31	4.4.48	Электрическая цепь с источником тока и транзистором	338	332
5.32	4.4.49	Электрическая цепь с источником тока и микросхемой	339	332
5.33	4.4.50	Электрическая цепь с источником тока и реле	340	332
5.34	4.4.51	Электрическая цепь с источником тока и датчиком	341	332
5.35	4.4.52	Электрическая цепь с источником тока и исполнительным механизмом	342	332
5.36	4.4.53	Электрическая цепь с источником тока и системой автоматического управления	343	332
5.37	4.4.54	Электрическая цепь с источником тока и системой автоматического управления	344	332
5.38	4.4.55	Электрическая цепь с источником тока и системой автоматического управления	345	332
5.39	4.4.56	Электрическая цепь с источником тока и системой автоматического управления	346	332
5.40	4.4.57	Электрическая цепь с источником тока и системой автоматического управления	347	332
5.41	4.4.58	Электрическая цепь с источником тока и системой автоматического управления	348	332
5.42	4.4.59	Электрическая цепь с источником тока и системой автоматического управления	349	332
5.43	4.4.60	Электрическая цепь с источником тока и системой автоматического управления	350	332



ОТДЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
5.9	4.4.7	Источник высокого напряжения (ИН 30 кВ)	318
5.10		Наборы для демонстрации спектров электрических полей 1) Набор в герметичных планшетах 2) Набор для демонстрации электрических полей	319
5.11	4.4.27	Маятники электростатические (пара)	321
5.12	4.4.64	Султаны электрические (2 шт.) 1) Султаны бумажные 2) Султаны шелковые	322
5.13	4.4.77	Электроскоп демонстрационный	323
5.14	4.4.48	Палочки из стекла и эбонита	324
5.15	4.4.21	Конденсатор разборный	325
5.16	4.4.20	Конденсатор переменной емкости	326
5.17	4.4.73	Штативы изолирующие	327
5.18	4.4.61	Сетка по электростатике	328
5.19	4.4.19	Набор выключателей и переключателей	329

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
5.20	4.4.26	Магазин резисторов демонстрационный	330
5.21	4.4.46	Набор по электролизу	331
5.22	4.4.10	Магниты	332
5.23	4.4.63	Стрелки магнитные на штативах	332
5.24		Пространственная модель магнитного поля постоянного магнита	333
5.25	4.4.29	Модель структуры ферромагнетика	334
5.26	4.4.5	Звонок электрический 1) Звонок на стойках 2) Звонок с напряжением питания 12 В	334
5.27	4.4.28	Модель электромагнитного реле	336
5.28	4.4.76	Электромагнит разборный	336
5.29	4.4.52	Прибор для демонстрации вращения рамки с током в магнитном поле (КДЭ-2)	337
5.30	4.4.51	Прибор для демонстрации взаимодействия параллельных токов (Н)	339
5.31	4.4.8	Катушка дроссельная	340
5.32	4.4.55	Прибор для изучения правила Ленца	341
5.33	4.4.32	Динамик (громкоговоритель)	342
5.34	4.4.68	Триод и диод вакуумные (прибор «Учебный диод-триод»)	343
5.35	4.4.43	Набор по передаче электрической энергии	344
5.36	4.4.25	Машина электрическая обратимая	345
5.37	4.4.72	Функциональный генератор сигналов ФГ-100Д	346

5.9. (4.4.7) Источник высокого напряжения (ИН 30 кВ)¹

Источник (рис. 5.20, а) используется при проведении таких демонстраций, в которых необходимо высокое напряжение, регулируемое в пределах от 0 до 30 кВ.

Источник комплектуется высоковольтным конденсатором в изолирующей трубке с разрядником для демонстрации высоковольтной дуги и соединительными высоковольтными проводниками со штекерами.

Принципиальное отличие данного источника от аналогов состоит в наличии цифрового измерителя напряжения, что позволяет проводить количественные оценки в опытах по электростатике, например

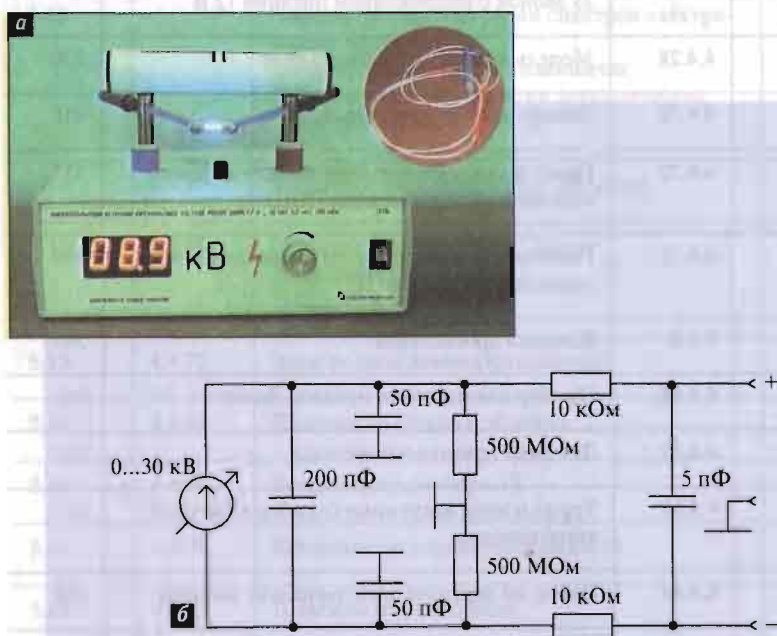


Рис. 5.20

¹ В составлении описания принимал участие А. Н. Штурман.

рассчитать напряженность однородного поля, созданного в плоском конденсаторе 5.15.

Эквивалентная схема источника представлена на рисунке 5.20, б.

Источник состоит из силового трансформатора и электронного блока. Блок содержит следующие элементы: двухконтактный прямоходовой преобразователь; высоковольтный трансформатор; симметричный шестикаскадный умножитель напряжения; цифровой измеритель напряжения и схема регулирования ограничения напряжения и тока.

Цифровой измеритель показывает напряжение между клеммами источника.

Напряжение на клеммах источника симметрично относительно рабочего заземления, что приводит к возможности получить на клеммах источника двухполярное напряжение. Например, при напряжении между клеммами 20 кВ относительно рабочего заземления на синей клемме создается напряжение -10 кВ, а на красной 10 кВ. Любая из клемм может быть подключена к рабочему заземлению для получения напряжения нужной полярности.

Технические характеристики источника

- 1) Напряжение питания 220 ± 22 (В). Потребляемая мощность 30 Вт.
- 2) Регулируемое выходное постоянное напряжение: нижний предел 0; верхний предел 30 кВ.
- 3) Накопленная энергия $0,25 \cdot 10^{-6}$ Дж.
- 4) Габаритные размеры прибора $210 \times 265 \times 110$ мм; масса 2,5 кг.

5.10. Наборы для демонстрации спектров электрических полей

Демонстрация основана на исследовании электрического поля внутри жидкого диэлектрика. В качестве пробных используются поляризуемые диэлектрические тела небольшого размера, помещаемые в электрическое поле. Поле создается с помощью электродов, на которые подается высокое напряжение либо от электрофорной машины 2.6, либо от источника высокого напряжения (ИН 30 кВ)

5.9. Проецирование осуществляется с использованием кодоскопа 2.1(4).

1) **Набор в герметичных планшетах** (рис. 5.21) состоит из трех планшетов прямоугольной формы размерами $110 \times 90 \times 7$ мм, изготовленных из прозрачной пластмассы и заполненных касторовым

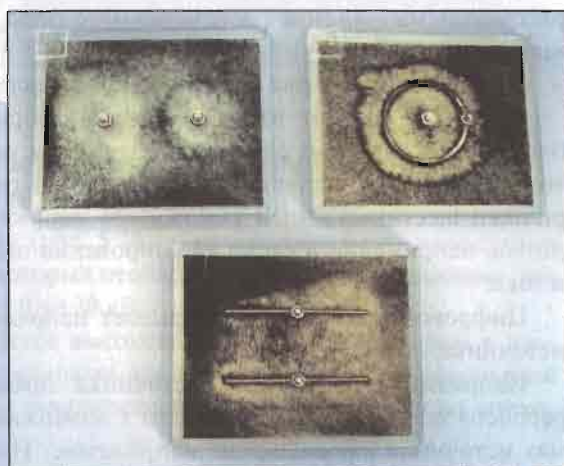


Рис. 5.21

маслом с мелко нарезанным волосом. Внутри каждого планшета установлены электроды, оканчивающиеся электрическими выводами на верхней поверхности планшета.

Набор используют для моделирования полей, созданных двумя плоскими электродами, одним или двумя точечными зарядами, размещенными в центре кольцевого электрода, а также явления электростатической экранировки.

Перед демонстрацией спектров берут тот или иной планшет и встряхивают его в горизонтальной плоскости с тем, чтобы кусочки волоса равномерно распределились в масле по всей поверхности внутри планшета.

2) Набор для демонстрации электрических полей предназначен для демонстрации картин распределения силовых линий электростатического поля, возникающего вокруг заряженных тел различной конфигурации.

Данный набор используется для следующих экспериментов: свойства силовых линий электростатического поля; электрическое поле заряженного проводника; электрическое поле двух заряженных проводников; однородное и неоднородное электрическое поле; эквипотенциальные поверхности электрического поля.

Набор (рис. 5.22) составляют: пластина с двумя круглыми электродами (модель точечных зарядов); пластина с двумя прямолинейными электродами (модель плоского конденсатора); пластина с круглым и прямолинейным электродами; пластина с круглым и кольцевым



Рис. 5.22

электродами (модель цилиндрического конденсатора); пакетик с манной крупой; касторовое масло; кювета диаметром 90 мм и высотой 10 мм с крышкой.

5.11. (4.4.27) Маятники электростатические (пара)

Маятники предназначены для демонстрации электростатического взаимодействия тел и используются в следующих демонстрациях: обнаружение заряда с помощью электростатических маятников; два рода электрических зарядов и их взаимодействие.

Каждый маятник состоит из изогнутого на концах металлического стержня; резиновой пробки; шелковой нити и тонкостенной гильзы из фольги. Один конец гильзы имеет полусферическую поверхность, к которой предварительно прикреплен конец нити. Другой конец нити соединен с пробкой.

Для длительного хранения и транспортировки гильз их размещают в специальную стеклянную трубку.

На рисунке 5.23 показаны маятники, установленные на изолирующих штативах, и трубка для хранения гильз.

Во время проведения опытов следует: избегать деформации гильз; медленно приближать заряженные тела к ним; передвигать гильзы друг к другу вместе со штативом.



Рис. 5.23

Технические характеристики маятника

- 1) Длина стержня 325 мм; диаметр стержня 4 мм.
- 2) Длина гильзы 50 мм; диаметр 17 мм.
- 4) Длина стеклянной трубки 184 мм; диаметр 24 мм.
- 5) Масса маятника в сборе не более 0,13 кг.

Для проведения демонстрации необходимо дополнительное оборудование: штативы изолирующие **2.16(2 в)** или **5.17**, палочки из стекла и эбонита **5.14**, кусочки меха и шелка.

5.12. (4.4.64) Султаны электрические (2 шт.)

Султаны электрические предназначены для демонстрации взаимодействия заряженных тел и расположения силовых линий электрических полей одного и двух точечных одноименных и разноименных зарядов.

Для проведения демонстрации необходимо дополнительное оборудование: штативы изолирующие **2.16(2 в)** или **5.17**, палочки из стекла и эбонита **5.14**, электрофорная машина **2.6** или источник высокого напряжения (ИН 30 кВ) **5.9**.

1) Султаны бумажные. В комплекте два одинаковых султана. Каждый султан состоит из металлического стержня круглого сечения,



Рис. 5.24



набора тонких бумажных лент и двух металлических дисков. В центре дисков имеется отверстие с нарезанной резьбой. Такая же резьба нарезана на одном конце стержня. На него навинчиваются диски, а между ними укладываются одни концы бумажных полосок и зажимаются.

Цвет бумажных полосок одного султана отличается от цвета полосок другого султана. При проведении демонстрации султаны устанавливаются на изолирующие штативы (рис. 5.24, а).

Технические характеристики султанов

- 1) Длина стержня каждого султана 235 мм; диаметр дисков 35 мм; длина каждой бумажной полоски 150 мм.
- 2) Масса комплекта султанов не более 0,2 кг.

2) Султаны шелковые. Каждый султан (рис. 5.24, б) представляет собой большое количество легких шелковых нитей, закрепленных одним концом между металлическими дисками, привинченными к металлическому стержню. Другим концом стержень насаживается на пластмассовую подставку. Нити султана окрашены в яркие цвета.

5.13. (4.4.77) Электроскоп демонстрационный

Прибор (рис. 5.25) предназначен для обнаружения зарядов и определения их знаков и используется для демонстрации устройства и работы электроскопа.

Этот прибор состоит из круглого металлического корпуса; пластмассовой подставки со стойкой; металлического стержня и двух легких лепестков.

Внутри корпуса в нижней его части закреплена дуговидная шкала с симметрично расположенными от середины неочисленными делениями.

В верхней части корпуса прибора закреплена изоляционная втулка, в которой вертикально установлен стержень. В нижнем конце стержня (внутри корпуса) закреплены две металлические петельки, на которых свободно подвешены легкие лепестки. На верхнем конце стержня (вне корпуса) закреплен небольшой металлический шарик. Для присоединения проводов к прибору на наружной поверхности корпуса и на шарике стержня установлены универсальные клеммы.



Рис. 5.25

Для защиты лепестков от механических повреждений и исключения влияния на них воздушных потоков корпус прибора застеклен с двух сторон.

При подготовке прибора к работе следует проверить состояние лепестков. Они должны быть прямыми и свободно поворачиваться на петельках. В случае необходимости следует их выпрямить или заменить новыми. Для этого следует осторожно освободить металлическое кольцо, прижимающее стекло к корпусу, снять стекло и устранить неисправности.

Технические характеристики электроскопа

- 1) Габаритные размеры прибора не более $205 \times 150 \times 400$ мм.
- 2) Масса не более 0,8 кг.

Для проведения демонстраций необходимы дополнительно палочки из стекла и эбонита **5.14**, кусочки меха и шелка.

5.14. (4.4.48) Палочки из стекла и эбонита

Набор палочек (рис. 5.26) предназначен для получения положительных и отрицательных электрических зарядов и проведения демонстрационных опытов по электростатике.

В набор входят две палочки: одна из стекла, другая — из эбонита.

Палочки используются в следующих демонстрациях: электризация различных тел; взаимодействие наэлектризованных тел; два рода электрических зарядов; определение заряда наэлектризованного тела; устройство и принцип действия электроскопа и электрометра; распределение зарядов на поверхности проводника; электрическая емкость плоского конденсатора; устройство и принцип действия конденсатора переменной емкости.

Технические характеристики набора

- 1) Длина каждой палочки 220 мм; диаметр 15 мм.
- 2) Масса набора палочек не более 0,12 кг.

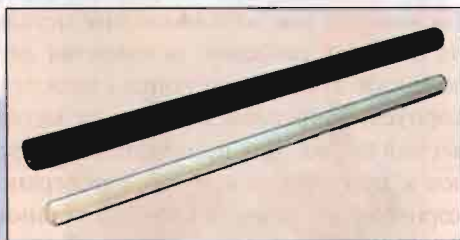


Рис. 5.26

5.15. (4.4.21) Конденсатор разборный

Прибор предназначен для проведения опытов по электростатике.

Конденсатор используется в следующих демонстрациях: устройство и принцип действия плоского конденсатора; электрическая емкость плоского конденсатора; явление электростатической индукции; силовые линии однородного электрического поля; ионизация газов; электрический ветер.

Прибор состоит из: легких металлических дисков со съемными металлическими стержнями (2 шт.); изолирующих ручек для дисков (2 шт.); пластины квадратной формы из диэлектрика (1 шт.); картонных дисков с бумажными лентами (2 шт.); соединительных гибких проводов с наконечниками разной конструкции (2 шт.); зажимов для крепления картонных дисков к металлическим (6 шт.); малого электроскопа.

На рисунке 5.27 показаны диски конденсатора, установленные на изолирующих штативах с помощью металлических стержней. На одном диске конденсатора закреплен картонный диск с лентами. Остальные детали прибора расположены на столе.

В центре дисков с внутренней (нерабочей) стороны укреплены специальные втулки с резьбовым отверстием для ввинчивания наконечников изолирующих ручек или металлических стержней. На этой же стороне каждого диска установлена приборная клемма для крепления наконечника соединительного провода.

Малый электроскоп служит для обнаружения заряда на деталях прибора.

Металлические стержни используют тогда, когда диски устанавливают в стойках изолирующих штативов. Если диски во время демонстрации удерживают руками, то на них навинчивают изолирующие ручки.

Для проведения опыта, например демонстрации силовых линий электрического поля, на диски конденсаторов навинчивают металлические стержни и устанавливают их в изолирующих штативах. Затем накладывают на диски конденсаторов картонные диски с бумажными лентами. Располага-



Рис. 5.27

ют диски так, чтобы их поверхности были параллельны и находились друг от друга на расстоянии немного больше двойной длины бумажной полоски. Соединяют проводами диски конденсатора с разноименными полюсами источника высокого напряжения. По мере повышения напряжения бумажные ленты одного диска притягиваются к лентам другого диска, выпрямляются и располагаются горизонтально в виде ряда параллельных прямых линий.

Технические характеристики прибора

- 1) Габаритные размеры прибора в упаковке не более $300 \times 230 \times 250$ мм.
- 2) Масса прибора не более 1,5 кг.

Для проведения демонстраций необходимо следующее дополнительное оборудование: палочки из стекла и эбонита 5.14, электроформная машина 2.6 или источник высокого напряжения (ИН 30 кВ) 5.9, электромметр 5.3.

5.16. (4.4.20) Конденсатор переменной емкости

Прибор предназначен для демонстрации устройства и работы конденсатора переменной емкости.

Конденсатор (рис. 5.28) состоит из 10 полукруглых алюминиевых неподвижных пластин статора и 9 таких же подвижных пластин ротора.

Пластины статора укреплены между собой с помощью промежуточных втулок на трех стержнях. Пластины ротора собраны на одной общей оси. Для удержания пластин на необходимом расстоянии друг от друга между ними на оси ротора установлены промежуточные шайбы. Этим обеспечивается свободное перемещение подвижных пластин ротора в зазорах между пластинами статора.



Рис. 5.28

Все пластины статора и ротора расположены между двумя щеками. Нижняя щека изготовлена из алюминия, верхняя — из прозрачного электроизоляционного материала. Эластичная шайба на верхней изолирующей щеке не позволяет пластинам ротора произвольно перемещаться. Ось ротора снабжена изолирующей рукояткой из пластмассы.

На верхней щеке установлены две клеммы, которые соединены со статорными пластинами. Одна клемма, расположенная на нижней щеке, соединена с роторными пластинами.

При повороте рукоятки прибора пластины ротора входят частично или полностью в воздушные промежутки пластин статора.

Технические характеристики прибора

- 1) Максимальная емкость конденсатора 80—800 пФ.
- 2) Габаритные размеры прибора не более $195 \times 140 \times 135$ мм.
- 3) Масса не более 1,2 кг.

Для проведения демонстрации необходимо дополнительное оборудование: электрометр 5.3, палочка эбонитовая 5.14, кусочек меха.

5.17. (4.4.73) Штативы изолирующие

Штативы предназначены для установки и крепления различных приборов и проводов, электрической изоляции их друг от друга, а также для исключения утечки электрических зарядов через металлические части штативов. В основном штативы используются в опытах по электростатике для крепления в них электрических султанов и маятников, кондукторов различной формы и других приборов. При сборке демонстрационных установок по электродинамике штативы используются для крепления электрических проводов.

Комплект составляют два одинаковых штатива (рис. 5.29), каждый из которых состоит из подставки и стойки.

Стойка состоит из трех частей. Верхняя и средняя части изготовлены из пластмассы, нижняя часть — из стали. Все части стойки крепятся друг к другу резьбовым соединением. Внутри верхней части стойки отдельно укреплены два изолированных друг от друга металлических цилиндра, каждый с двумя боковыми отверстиями и зажимными винтами. Они предназначены для крепления однополюсных электрических вилок или соединительных проводов.

В верхнем торце стойки штатива имеется вертикальное отверстие для установки стержней различных приборов.



Рис. 5.29

Подставка представляет собой чугунную треногу, одна из лапок которой снабжена регулировочным винтом для установки штатива в вертикальное положение.

Технические характеристики прибора

- 1) Диаметр отверстия в верхнем торце стойки штатива 4,5 мм; диаметр проводников, закрепляемых винтами в боковых отверстиях стойки штатива, 0,3—4,0 мм.
- 2) Габаритные размеры штатива в сборе не более $150 \times 130 \times 290$ мм.
- 3) Масса комплекта (двух штативов) не более 1,6 кг.

5.18. (4.4.61) Сетка по электростатике

Прибор предназначен для демонстрации распределения электрического заряда на проводнике и используется в следующих демонстрационных экспериментах: распределение зарядов на поверхности проводника; зависимость плотности заряда от кривизны поверхности проводника; электростатическая защита.

Прибор (рис. 5.30) состоит из гибкой металлической сетки и трех подставок.

Сетка выполнена в виде широкой ленты, на верхней части которой с каждой стороны на равных расстояниях закреплены по 8 проволочных петель. На петлях подвешены легкие бумажные полоски. На концах и в средней части сетки закреплены стержни (держатели), с помощью которых она устанавливается в подставках.

Для проведения опытов стержни сетки устанавливают в подставках. Вначале подставки располагают в один ряд по прямой линии так, чтобы сетка выпрямилась и поверхность ее была ровная без изгибов. Заряжают сетку от источника высокого напряжения (или от наэлект-



Рис. 5.30

ризованного тела) и показывают одинаковый угол отклонения всех 16 бумажных полосок. Затем перемещением подставок изгибают сетку так, чтобы она имела форму буквы «S» с различной кривизной участков. Снова заряжают сетку и показывают, что на вогнутых участках бумажные полоски не отклоняются, а угол наклона их на выпуклых частях зависит от кривизны поверхности этих участков сетки. Для демонстрации отсутствия поля внутри проводника сетку можно свернуть по окружности и придать ей форму цилиндра.

Технические характеристики прибора

- 1) Размеры сетки 570×100 мм.
- 2) Габаритные размеры прибора в сборе не более $655 \times 65 \times 255$ мм.
- 3) Масса не более 0,8 кг.

При проведении демонстраций необходимо следующее дополнительное оборудование: палочки из стекла и эбонита 5.14, электроформная машина 2.6 или источник высокого напряжения (ИН 30 кВ) 5.9.

5.19. (4.4.19) Набор выключателей и переключателей

Выключатели и переключатели (рис. 5.31) предназначены для замыкания, размыкания и переключения напряжений и токов в демонстрационных установках по электродинамике.

Приборы рассчитаны для работы при напряжении до 24 В и силе тока до 5 А.

Выключатель однополюсный состоит из прямоугольного основания размерами $160 \times 60 \times 15$ мм, на котором в вертикальной плоскос-



Рис. 5.31

ти установлены нож с рукояткой, упругие губки и два универсальных зажима.

Переключатель однополюсный имеет три положения, из которых среднее — нейтральное. Состоит из прямоугольного основания размерами $160 \times 95 \times 15$ мм, на котором в вертикальной плоскости установлены двойной поворотный нож с рукояткой и универсальным зажимом и две пары упругих губок с универсальными зажимами.

Переключатель двухполюсный состоит из прямоугольного основания размерами $160 \times 95 \times 15$ мм, на котором в вертикальной плоскости установлены две пары поворотных ножей с рукояткой и универсальными зажимами и четыре пары упругих губок с универсальными зажимами. Переключатель может иметь три положения, из них среднее положение нейтральное.

5.20. (4.4.26) Магазин резисторов демонстрационный

Магазин резисторов демонстрационный предназначен для изучения устройства и принципа действия штепсельного магазина резисторов и может служить примером набора мер сопротивлений. Прибор используется при изучении законов постоянного тока для проведения таких демонстраций, как: регулирование силы тока в цепи; закон Ома; закономерности последовательного соединения проводников и др.

Этот прибор (рис. 5.32) смонтирован на вертикальной белой панели. Вдоль верхнего края панели укреплены пять латунных скоб, изолированных друг от друга воздушными промежутками и соединяемых



Рис. 5.32

латунными штепселями с головками из пластмассы. На крайних скобах установлены две клеммы для подключения прибора в цепь.

К каждому двум соседним скобам присоединены концы проволочных сопротивлений в виде спиралей. Сопротивления спиралей 1 Ом, 2 Ом и 5 Ом обозначены цифрами на панели. Спирали сопротивлений 1 Ом и 2 Ом рассчитаны на нагрузочную силу тока 2 А, спираль сопротивлением 5 Ом — на силу тока 1 А.

Путем выключения штепселей, закорачивающих спирали, можно ввести в электрическую цепь любые сопротивления от 1 до 10 Ом с интервалом в 1 Ом.

5.21. (4.4.46) Набор по электролизу

Набор предназначен для исследования проводимости электролитов, изучения законов электролиза, сборки модели аккумулятора.

Набор (рис. 5.33) составляют: стакан; электроды и держатель для них.

Технические характеристики электродов приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4

Вещество	Количество	Размеры, мм
Медь	2	$50 \times 110 \times 0,5$
Уголь	2	Диаметр — 20 Длина — 110
Цинк	1	$50 \times 110 \times 2$

Рис. 5.33



5.22. (4.4.10) Магниты

Магниты (рис. 5.34) используются при проведении следующих демонстрационных опытов: исследование магнитного поля постоянного магнита; идентификация свойств магнита; спектры постоянных магнитов; движение прямого проводника и рамки с током в магнитном поле; получение индукционного тока; правило Ленца и др.

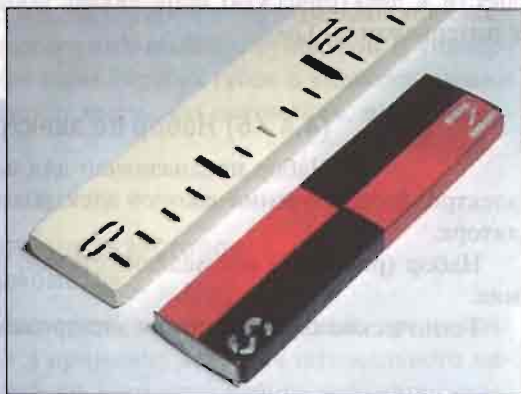


Рис. 5.34

Магниты изготовлены из стального бруска сечением 10×15 мм, длиной 115 мм.

Магниты имеют стандартную окраску: синий цвет — северный полюс, красный цвет — южный полюс.

При хранении магнитов в пластмассовых коробках их полюса замыкают пластинами из мягкого железа.

5.23. (4.4.63) Стрелки магнитные на штативах

Стрелки магнитные (рис. 5.35) предназначены для проведения следующих демонстраций: взаимодействие полюсов магнитов; ориентация магнита в магнитном поле; определение направления магнитного меридиана и других опытов по магнетизму и электромагнетизму.

Комплект состоит из двух магнитных стрелок. Каждая стрелка устанавливается на острие отдельной подставки и представляет собой намагниченную полоску из специальной стали, расположенную го-

Рис. 5.35



ризонально в вертикальной плоскости. На середине полоски за-
прессовано латунное гнездо с подпятником для насаживания на ост-
рие иглы.

5.24. Пространственная модель магнитного поля постоянного магнита

Модель (рис. 5.36) образуют два одинаковых диска
(верхний и нижний) из оргстекла диаметром 175 мм. Эти диски соеди-
нены между собой шестью вертикальными профильными пластинами
из прозрачного оргстекла высотой 200 мм и толщиной 2 мм. Пласти-
ны размещены в вертикальной плоскости под углом 60° по отноше-
нию друг к другу. На этих пластинах установлены на осях подвижные
ферромагнитные стрелки длиной 12 мм каждая. Все они хорошо ори-
ентируются в магнитном поле магнита. Пять из шести вертикальных
пластин приклеены к дискам.



Рис. 5.36

На фотографии (см. рис. 5.36) модель собрана для демонстрации магнитного поля дугообразного магнита, который размещен в центре модели. Внизу на фотографии показана сменная (шестая) пластина.

При демонстрации магнитного поля полосового магнита дугообразный магнит заменяется полосовым и вставляется сменная пластина.

5.25. (4.4.29) Модель структуры ферромагнетика

Модель предназначена для демонстрации образования доменов в ферромагнетике и их переориентации при намагничивании.

Прибор (рис. 5.37) состоит из рамки с дном из органического стекла и установленными на нем 15 магнитными стрелками на остриях. Стрелки размещены в три ряда на равных расстояниях друг от друга.



Рис. 5.37

Сверху рамка закрыта стеклом, предохраняющим стрелки от отскакивания. Прибор приспособлен для горизонтальной проекции с помощью кодоскопа 2.1 (4).

При случайном расположении магнитных стрелок последние самопроизвольно группируются так, что в каждой группе магнитики имеют определенную ориентацию, моделируя домены ферромагнетика. Под действием внешнего магнитного поля все стрелки ориентируются вдоль его силовых линий.

5.26. (4.4.5) Звонок электрический

Звонок предназначен для демонстрации применения электромагнита в технических устройствах; изучения основных элементов электромеханического генератора с обратной связью; исполь-

зуется в качестве источника звука в демонстрации: распространение звуковых волн в разреженном воздухе.

По принципу действия представленные звонки относятся к электромеханическим генераторам с обратной связью.

1) Звонок на стойках (рис. 5.38, а).

Технические характеристики

- 1) Напряжение питания $4,5 \pm 0,5$ В.
- 2) Время непрерывной работы прибора не более 5 мин с перерывами через 15 мин.
- 3) Габаритные размеры прибора $100 \times 105 \times 188$ мм; масса не более 0,3 кг.

Для подготовки нового прибора к работе необходимо повернуть регулировочный винт и установить контактный диск якоря на расстоянии примерно 1,5 мм от сердечника электромагнита. На таком же расстоянии следует установить боек якоря от поверхности купола. Для этого достаточно повернуть купол вокруг своей оси. Затем соединительными проводами подключают прибор к источнику тока через демонстрационный выключатель и проверяют его работу. Для получения максимального звучания звонка и устойчивой его работы проводят окончательную регулировку прибора с включенным источником тока.

2) Звонок с напряжением питания 12 В (рис. 5.38, б).

Технические характеристики

- 1) Габаритные размеры прибора $165 \times 80 \times 100$ мм; масса 300 г.
- 2) Напряжение питания 12 В.
- 3) Максимальная сила тока 160 мА.



Рис. 5.38

Приборы собраны на панели из прозрачного изолирующего материала, поэтому при демонстрации устройства и принципа работы звонка можно использовать кодоскоп 2.1(4).

Во время демонстрации звонок закрепляют в муфте штатива с помощью стержня, ось которого совпадает с центром купола.

5.27. (4.4.28) Модель электромагнитного реле

Прибор предназначен для демонстрации устройства и принципа действия электромагнитного реле.

Модель (рис. 5.39) смонтирована на металлической панели размером 200×215 мм. На лицевой стороне панели размещены: реле (электромагнит с якорем и группой переключающих контактов); контактные зажимы для подключения источника питания к электромагниту и зажимы от переключающих контактов реле. Панель укреплена на ножках, удерживающих прибор в вертикальном положении.



Рис. 5.39

Для приведения реле в действие на входные клеммы прибора подают через выключатель напряжение 5–6 В от источника постоянного тока, а к зажимам переключающих контактов реле подключают потребитель (лампочку или другой электроприбор) и соответствующий источник электропитания с учетом того, что максимально допустимая сила тока во вторичной цепи не должна превышать 2 А.

5.28. (4.4.76) Электромагнит разборный

Электромагнит (рис. 5.40) предназначен для демонстрации технического применения магнитного поля тока: устройство электромагнита и оценка его подъемной силы; сборка модели электромагнита. Электромагнит может использоваться для исследования магнитного поля катушки с током, влияния на него ферромагнитного сердечника; для демонстрации явления электромагнитной индукции.

Рис. 5.40



Технические характеристики прибора

- 1) Число витков на каждой катушке 570; диаметр провода 0,8 мм.
- 2) Сопротивление каждой катушки 1,5 Ом.
- 3) Диаметр сердечника 14 мм.

5.29. (4.4.52) Прибор для демонстрации вращения рамки с током в магнитном поле (КДЭ-2)

Прибор предназначен для исследования фундаментального отличия магнитного поля от электрического.

Данный прибор используют для проведения следующих демонстраций: опыт Эрстеда; магнитное поле прямого тока; магнитное поле рамки с током; взаимодействие параллельных токов; действие магнитного поля на ток; зависимость силы Ампера от силы тока и индукции магнитного поля; поворот рамки с током в магнитном поле; устройство и принцип действия: генератора постоянного тока, генератора переменного тока, электродвигателя постоянного тока, электроизмерительного прибора магнитоэлектрической системы; явление электромагнитной индукции; зависимость ЭДС индукции от скорости изменения магнитного потока.

Прибор (рис. 5.41) составляют следующие элементы: рамка неподвижная; рамка подвижная; скоба-держатель большая; скоба-держатель малая; полюсной наконечник (2 шт.); магнит к полюсному наконечнику (4 шт.); шкала; стрелка приборная; коллектор; щеткодержатель со щетками; стрелка-указатель (2 шт.); штатив с муфтами (2 шт.);

Рис. 5.41



экран прозрачный; стрелка магнитная на подставке; магнит подковообразный; магнит полосовой; провода соединительные.

При проведении демонстраций по электромагнитной индукции используется ПКЦ с измерительным преобразователем «Гальванометр», комплект оборудования по электродинамике 5.2, цифровые приборы 2.34 с приставкой или 2.33.

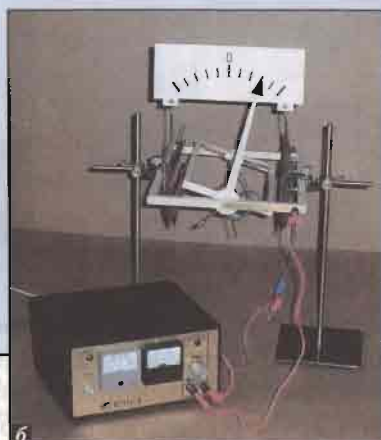
Питание прибора осуществляется от любого источника тока, обеспечивающего напряжение 0 — 12 В при силе тока до 3 А, например источника постоянного и переменного напряжений 2.4.

Основными деталями прибора являются подвижная и неподвижная рамки, состоящие из нескольких десятков витков изолированного провода, помещенные в жесткий пластмассовый каркас. Выводы катушек подключены к контактным гнездам. Подвижная рамка снабжена дополнительно латунными гнездами-подшипниками, посредством которых она устанавливается в скобе-держателе, что позволяет ей легко вращаться вокруг собственной оси. При постановке демонстраций возможны два варианта подключения подвижной рамки к электрической цепи. В частности, при демонстрации принципа работы электродвигателя постоянного тока напряжение подводится к рамке через щеточно-коллекторный узел, а при сборке модели электроизмерительного прибора — через оси и гнезда-подшипники.

Технологию проведения опыта с прибором рассмотрим на примере демонстрации принципа устройства и действия электродвигателя постоянного тока.



Рис. 5.42



Скобу-держатель в сборе устанавливают в двух штативах (рис. 5.42, а). На скобе-держателе устанавливают щеткодержатель. Магниты укрепляют на полюсных наконечниках. В осях скоб-держателей устанавливают рамку с укрепленным на ней коллектором.

На рисунке 5.42, б в показана модель электроизмерительного прибора магнитоэлектрической системы.

5.30. (4.4.51) Прибор для демонстрации взаимодействия параллельных токов¹ (Н)

Прибор предназначен для исследования явления взаимодействия параллельных токов при одинаковых и противоположных направлениях токов и используется для проведения следующих демонстраций: отталкивание параллельных проводов с током; притяжение параллельных проводов с током; прямое измерение силы отталкивания проводников с током и оценка магнитной постоянной; измерение силы Ампера и прямое измерение индукции магнитного поля постоянного магнита.

Прибор (рис. 5.43) состоит из основания и подвижной рамки. На основании расположен проводник в виде медной плоской шины,

¹ Описание составлено совместно с В. Н. Мудриченко.

Рис. 5.43



которая заканчивается двумя клеммами. Перед шиной расположена шкала с миллиметровыми делениями. Нулевое деление шкалы совпадает с шиной. На основании укреплены две уголкового опоры с клеммами и может устанавливаться стойка со шкалой. На рамке имеются две оси, выполненные в виде призм. Призмы соединены проводником в форме медной шины. На стороне рамки, вдоль которой проходит шина, имеется специальное углубление для гирь. На противоположной стороне рамки расположен груз-противовес. На коротких сторонах рамки расположены металлическое зеркало и стрелка-указатель.

Возможны два способа фиксации равновесия подвижной рамки: с использованием стрелки-указателя или лазерной указки, луч которой отражается от зеркальца на любую шкалу, например начерченную на классной доске. Указка входит в состав прибора.

Сила взаимодействия $F = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I^2}{d} l$ проводников при их отталкивании равна по модулю силе тяжести, действующей на гири, с помощью которых подвижная рамка устанавливается в равновесие так, что шины длиной l находятся на расстоянии d .

Для проведения демонстраций необходимы источник постоянного тока 2.4 или трансформатор универсальный 5.5.

5.31. (4.4.8) Катушка дроссельная

Катушка предназначена для демонстрации явлений электромагнитной индукции и самоиндукции; электромагнитных свободных и автоколебаний.



Рис. 5.44



Катушка (рис. 5.44) состоит из каркаса, на котором размещены первичная и вторичная обмотки. Отводы обмоток распаяны на панелях подключения. Вторичная обмотка с небольшим числом витков предназначена для связи с индикатором колебаний, например гальванометром 2.33 или цифровым прибором 2.34.

Катушка по размерам согласована с магнитопроводом трансформатора универсального 5.5.

Технические характеристики катушки

1) Первичная катушка.

Число витков: секция 1—2400; секция 2—1200.

Общая индуктивность двух секций без сердечника 1,0 Гн.

Общая индуктивность с замкнутым сердечником от трансформатора универсального 25 Гн.

Активное сопротивление 240 Ом.

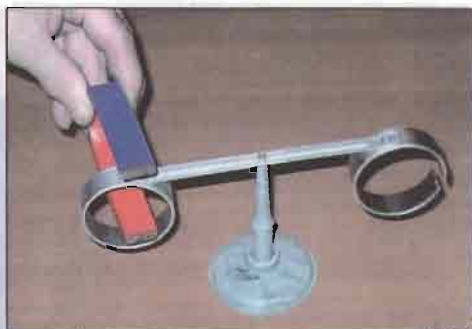
2) Вторичная катушка.

Число витков: секция 1—15; секция 2—25.

5.32. (4.4.55) Прибор для изучения правила Ленца

Прибор предназначен для исследования зависимости направления индукционного тока от характера изменения магнитного потока, вызывающего ток, и используется для проведения следующих демонстраций: сравнение взаимодействия сплошного контура и кольца с прорезью с магнитом; движение сплошного кольца при прибли-

Рис. 5.45



жении магнита к кольцу; движение сплошного кольца при выдвигании магнита из кольца.

Принцип действия основан на взаимодействии контура с индукционным током и магнита, движение которого является причиной возникновения тока.

Прибор (рис. 5.45) состоит из двух одинаковых алюминиевых колец, одно из которых имеет прорезь. Кольца закреплены на концах легкого алюминиевого коромысла длиной около 160 мм. При проведении демонстрации коромысло устанавливается на стойку с острием.

5.33. (4.4.32) Динамик (громкоговоритель)

Динамик предназначен для использования в демонстрационных экспериментах в качестве источника звуковых волн. Этот прибор используется также в экспериментах по переменному току и изучению вынужденных электромагнитных колебаний, проводимых на базе набора «Электричество-3» 5.1(3).



Рис. 5.46

Динамик (рис. 5.46) представляет собой головку динамическую, смонтированную на пластиковом основании размером 100×100 мм с помощью металлических штанг таким образом, чтобы обеспечить расположение диффузора в вертикальной плоскости. Подключение динамика к генератору или в электрическую

цепь осуществляется с помощью универсальных клемм, расположенных на верхней поверхности пластикового основания.

Технические характеристики динамика

- 1) Номинальное электрическое сопротивление 4 Ом.
- 2) Максимальная долговременная мощность 30 Вт.
- 3) Номинальный диапазон частот 63—5000 Гц.

5.34. (4.4.68) Триод и диод вакуумные (прибор «Учебный диод-триод»)¹

Прибор «Учебный диод-триод» (УДТ-2) предназначен для демонстрации принципов управления электронными пучками с использованием электрического и магнитного полей; для моделирования и исследования вакуумных диода и триода; иллюстрации применения вакуумных приборов.

С помощью прибора можно провести следующие демонстрации: наблюдение действия магнитного поля на электроны и магнитная фокусировка; наблюдение явления термоэлектронной эмиссии; исследование вольт-амперной характеристики вакуумного диода, его односторонней проводимости и влияния магнитного потока на величину анодного тока; исследование анодных и сеточных характеристик триода.

Конструкция прибора УДТ-2 (рис. 5.47) аналогична конструкции прибора УДТ-1, используемого в наборе для изучения тока в вакууме 1.62. Габаритные размеры прибора УДТ-2: 140 × 80 мм. Прибор комплектуется блоком питания.

Для измерения силы тока и напряжения при проведении демонстраций могут использоваться любые из демонстрационных электроизмерительных приборов 2.33, 2.34, 2.35.

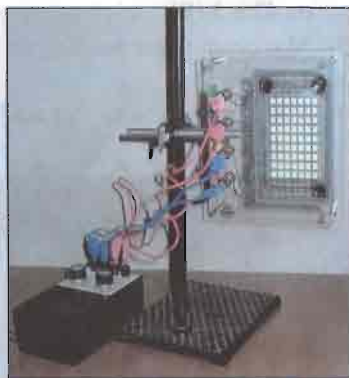


Рис. 5.47

¹ Описание составлено совместно с В. В. Семеновым.

5.35. (4.4.43) Набор по передаче электрической энергии

Набор предназначен для конструирования действующей модели линии электропередачи (ЛЭП) и исследования ее действия. Набор может использоваться также для ознакомления с устройством и принципом действия трансформатора.

Набор (рис. 5.48) состоит из панели с размещенным на ней повышающим трансформатором и панели с понижающим трансформатором. На панелях размещены также лампочки на напряжение 3,5 В. Набор комплектуется четырьмя соединительными проводниками со штепсельными наконечниками.

При сборке модели ЛЭП в качестве генератора используется машина электрическая обратимая 5.36. При ее отсутствии можно использовать лабораторный источник питания 1.7 (ВУ-4М).

Проводники линии электропередачи должны иметь сопротивление примерно 30 Ом и могут быть изготовлены из высокоомной проволоки.

Технические характеристики прибора

- 1) Напряжение, подаваемое на первичную обмотку повышающего трансформатора, $4 \pm 0,5$ (В).
- 2) Напряжение на вторичной обмотке повышающего трансформатора 42 ± 5 (В).
- 3) Максимальная мощность нагрузки понижающего трансформатора 1,12 Вт.
- 4) Максимальная сила тока через провода передающей линии 0,4 А.

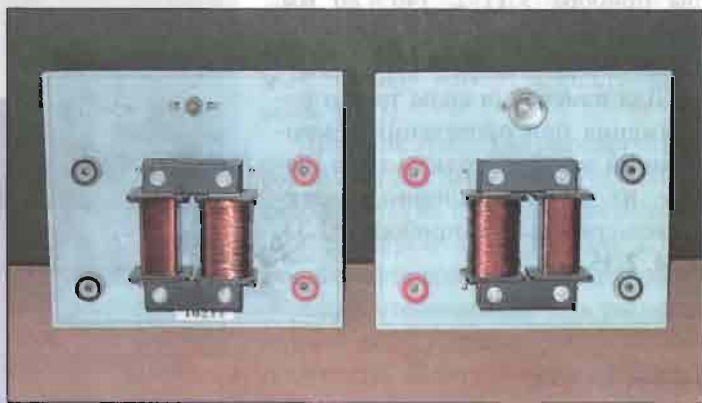


Рис. 5.48

5.36. (4.4.25) Машина электрическая обратимая

Прибор предназначен для демонстрации устройства и принципа действия простейшего генератора и электродвигателя постоянного и переменного тока.

Машина электрическая (рис. 5.49) состоит из статора и ротора.

В статоре машины укреплены на диаметрально противоположных сторонах два электромагнита, каждый из которых оканчивается профильным наконечником, благодаря которым создается магнитное поле, близкое к однородному. Ротор машины — проволоочная рамка, посаженная на ось. На этой же оси закреплен коллектор сложной формы, к обоим половинам которого припаяны концы обмотки рамки.

Если щетки прикасаются к полукольцам коллектора, то моделируется машина постоянного тока, если к кольцам, то машина переменного тока.

Прибор используется для демонстрации свойства обратимости электрических машин: работа в режиме двигателя, и генератора.

Этот прибор позволяет продемонстрировать три способа включения якоря и индуктора машины в режиме двигателя. При независимом возбуждении напряжение подается от разных источников и на электромагнит, и на рамку. При параллельном возбуждении рамка и электромагниты соединяются параллельно и на них подается напряжение от одного источника; при последовательном возбуждении рамка и электромагниты соединяются последовательно.

Для демонстрации работы машины в режиме генератора (постоянного / пульсирующего / переменного тока) на электромагниты подается напряжение, а вольтметр подключается к щеткам. Рамка приводится во вращение с помощью ручки, которая наворачивается на резьбу, имеющуюся на оси машины со стороны, противоположной коллектору.



Рис. 5.49

5.37 (4.4.72) Функциональный генератор сигналов ФГ-100Д

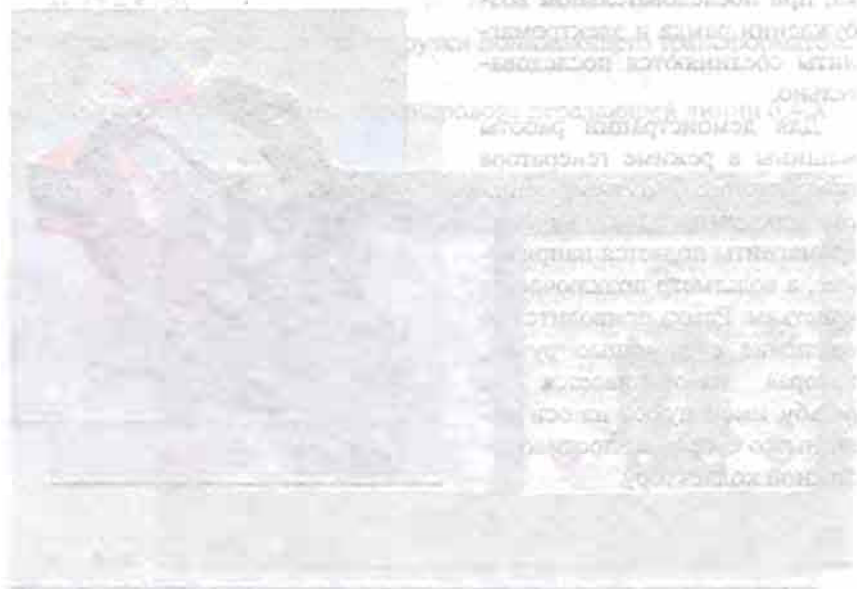
Генератор ФГ-100Д предназначен для получения гармонических и периодических напряжений треугольной и прямоугольной формы частотой до 100 кГц в работах практикума при исследовании акустических явлений, электрических цепей переменного тока с активной и реактивной нагрузками.

По принципу действия, устройству и внешнему виду генератор совпадает с генератором функциональным 1.51 для практикума (см. рис. 1.73, а).

Генератор ФГ-100Д имеет следующие технические характеристики:

Наименование	Значение
Частота	10 Гц – 100 кГц
Напряжение	0,1 – 10 В
Точность	± 1%
Время нарастания	0,1 – 10 мс
Время спада	0,1 – 10 мс
Время задержки	0,1 – 10 мс
Время установившегося	0,1 – 10 мс
Время сброса	0,1 – 10 мс
Время паузы	0,1 – 10 мс
Время выключения	0,1 – 10 мс

2) Напряжение на вторичной обмотке



Демонстрационное оборудование по оптике и квантовой физике

- Универсальные комплекты
- Тематические наборы
- Отдельные приборы

Для того чтобы продемонстрировать основные законы оптики и квантовой физики, необходимо иметь специальное оборудование. Оно должно быть удобным для использования в учебном кабинете, а также способным наглядно иллюстрировать теоретические положения. В нашей компании вы можете приобрести все необходимое для проведения демонстрационных опытов по оптике и квантовой физике. Мы предлагаем универсальные комплекты, тематические наборы и отдельные приборы, которые помогут вам эффективно преподавать эти предметы.

Универсальные комплекты содержат все необходимое для проведения демонстрационных опытов по оптике и квантовой физике. Они включают в себя источники света, линзы, призмы, дифракционные решетки, фотоэлементы и другие приборы. Тематические наборы предназначены для демонстрации конкретных явлений, таких как дифракция света, интерференция, фотоэффект и т.д. Отдельные приборы позволяют проводить демонстрации по отдельным темам, что дает возможность более глубоко изучить каждый из разделов.

Мы предлагаем оборудование, которое соответствует современным требованиям к учебным пособиям. Оно изготовлено из высококачественных материалов, что гарантирует его долговечность и надежность. Кроме того, все приборы имеют четкую маркировку и инструкцию по эксплуатации, что облегчает их использование. Мы также предлагаем услуги по ремонту и обслуживанию оборудования, что позволит вам всегда иметь в наличии исправные приборы.

Если вы хотите приобрести демонстрационное оборудование по оптике и квантовой физике, пожалуйста, свяжитесь с нами. Мы поможем вам выбрать наиболее подходящий комплект или набор, а также предоставим все необходимые консультации. Мы гарантируем высокое качество нашей продукции и быстрое выполнение заказов.

Формирование систем демонстрационного оборудования по механике, молекулярно-кинетической теории и термодинамике, электродинамике осуществляется на основе оптимального сочетания классического и современного оборудования.

По отношению к оборудованию по оптике и квантовой физике такой подход использовать не представляется возможным. Такое оборудование может быть сформировано только на базе новой учебной техники.

В период до реализации государственной программы «Учебная техника» базовым по геометрической оптике являлся прибор для изучения законов геометрической оптики. По волновой оптике были разработаны и выпускались высококачественные наборы по интерференции и дифракции, по поляризации, согласованные со специальным оптическим фонарем.

Все это оборудование уже давно не выпускается; состояние сохранившихся экземпляров в кабинетах физики крайне запущенное. Проведение демонстрационных опытов с ним требует от учителей незаурядного экспериментального мастерства.

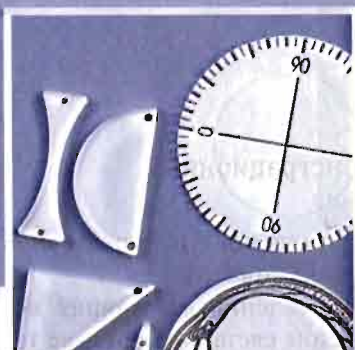
Так же обстоит дело и с оборудованием по квантовой физике. Например, последний по времени комплект спектральных трубок был выпущен 20 лет назад и только недавно удалось восстановить их производство (см. прибор 1.45).

В этих условиях для восстановления экспериментальной базы преподавания оптики и квантовой физики есть только одна возможность — формировать тематические наборы на основе универсальных комплектов 6.1, 6.2, 6.3. При этом взаимосвязанных и конструктивных подсистем может быть три.

Одна такая подсистема состоит из комплектов 1.45, 6.1, 6.2, 6.11, 6.12. При этом следует иметь в виду, что комплект 6.1 в высшей степени эргономичен, оптические схемы собираются на классной доске и опыты не требуют времени на подготовку; комплект 6.2 использует в качестве источника света графопроектор, а постоянная Планка определяется с помощью набора 6.11 на основе представлений о зонной теории твердого тела.

Основой второй подсистемы является комплект 6.3.

Третья подсистема может быть сформирована из наборов 6.4 и 6.5.



УНИВЕРСАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКТЫ

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
6.1	4.4.54	Комплект демонстрационный «Геометрическая оптика»	350
6.2	5.53	Комплект демонстрационный «Волновая оптика»	352
6.3		Комплект демонстрационного оборудования по квантовой физике на базе комбинированной цифровой системы измерений 1) Набор «Фотоэффект» 2) Набор со счетчиком Гейгера—Мюллера	355



6.1. (4.4.54) Комплект демонстрационный «Геометрическая оптика»

Комплект предназначен для демонстрации законов геометрической оптики и работы оптических устройств.

Данный комплект используют для проведения следующих демонстраций: прямолинейное распространение света; образование тени и полутени; зеркальное отражение света; диффузное отражение света; исследование отражения света; формирование понятия мнимого источника света; иллюстрация принципа действия углового отражателя; иллюстрация понятия «Оптическая плотность вещества»; преломление света; исследование закономерностей преломления света; обратимость хода световых лучей; полное внутреннее отражение; распространение света в слоистой структуре; демонстрация модели световода; принцип действия: поворотной призмы, оборотной призмы; прохождение света через плоскопараллельную пластину; прохождение света сквозь треугольную призму; введение понятия линзы; введение понятий фокуса и фокусного расстояния линзы; введение понятия фокальной плоскости линзы; иллюстрация понятия мнимого фокуса линзы; ход основных лучей, используемых при построении изображений в линзах; зависимость фокусного расстояния линзы от показателя преломления внешней среды; связь расстояния от предмета до линзы с расстоянием от линзы до его изображения; сферическая аберрация; хроматическая аберрация; действие оптической системы глаза; дефекты зрения; получение изображения в фотоаппарате; ход лучей: в проекционном аппарате, в микроскопе, в трубе Галилея, в трубе Кеплера.

Комплект реализует способ визуализации световых лучей, основанный на рассеянии света при скользящем падении луча на поверхность, и объединяет его с принципом размещения элементов демонстрационной экспериментальной установки на вертикальной классной доске с металлической основой. Комплект (рис. 6.1, а) составляют следующие элементы: осветитель (3 шт.); соединительная колодка; плоскопараллельная пластина; полуцилиндрическая пластина; трехгранная прямоугольная призма; собирающая линза (3 шт.); рассеивающая линза; кювета; светофильтр (2 шт.); плоское зеркало; диафрагма с одной щелью (3 шт.); диафрагма с двумя щелями (2 шт.); лимб; модель глаза; модель световода; полоска магнитной резины (2 шт.).

Рис. 6.1



Для проведения опытов необходимо дополнительное оборудование: металлическая классная доска и источник питания **2.4.**

Элементы комплекта, внутри которых распространяется свет, выполнены из прозрачного пластика — органического стекла (оргстекла), имеют полированную верхнюю и белую нижнюю (обращенную к доске) поверхности и магниты для закрепления. Благодаря полированной верхней поверхности луч хорошо виден внутри всех прозрачных объектов. В комплекте используются три собирающие и одна рассеивающая линзы, а также полуцилиндрическая пластина. Выбранный способ визуализации световых лучей предполагает использование цилиндрических линз, поскольку они фокусируют свет только в одной плоскости.

В осветителях использованы лампы накаливания. Они, так же как и остальные элементы, устанавливаются на поверхность классной доски с помощью магнитов. В осветителях применены лампы с прямой нитью накала, что позволяет, установив лампу определенным образом, получить разную расходимость излучения в плоскости, параллельной доске, и в перпендикулярной плоскости. В результате, когда нить лампы помещается в фокусе линзы осветителя, параллельный пучок света получается только в плоскости доски. В перпендикулярном направлении пучок остается расходящимся. Это приводит к тому, что луч, распространяясь вдоль поверхности доски, все время скользит по ней, оставляя светящуюся полосу. Три осветителя с двумя вариантами съемных шелковых диафрагм (одна прорезь / две прорези) и регулируемой формой светового пучка (параллельный / расходящийся) обеспечивают все необходимые в экспериментах конфигурации падающего на объект пучка света. Для того чтобы выделить какой-либо определенный луч и проследить за его распространением, применя-

Рис. 6.2



ются входящие в набор светофильтры, благодаря которым луч окрашивается в голубой или красный цвет.

Распространение световых пучков через элементы комплекта представлено на рисунке 6.2.

6.2. (4.4.53) Комплект демонстрационный «Волновая оптика»

Комплект предназначен для проведения демонстрационных экспериментов по следующим темам волновой оптики: изучение дисперсии света в веществе; эффекты, связанные с разложением света в спектр; поглощение света в веществе; получение поляризованного излучения и его применение; интерференция и дифракция световых волн.

Эксперименты, которые можно продемонстрировать с помощью этого комплекта: дисперсия света; сложение спектральных цветов; неразложимость в спектр монохроматического света; поглощение света веществом; поляризация света; вращение плоскости поляризации в растворе сахара; поляризация света при его отражении от диэлектрика; интерференция света с использованием бипризмы Френеля, зеркала Ллойда, схемы Юнга; наблюдение колец Ньютона в естественном свете; в монохроматическом свете; интерференция света в мыльной пленке; дифракция параллельного (расходящегося) пучка света на щели; дифракция параллельного (расходящегося) пучка света на нити; дифракция параллельного (расходящегося) пучка света на круглом отверстии; разложение естественного света в спектр с помощью дифракционной решетки; дифракция монохроматического света: на одномерной дифракционной решетке, на двумерной дифракционной структуре.

Комплект обеспечивает свободное восприятие картины изучаемого явления (интерференционной или дифракционной картины, спектра или изображения в поляризованном свете) из любой точки класса и позволяет учащимся видеть все оптические элементы, через которые проходит световой луч.

При проведении экспериментов, связанных с разложением света в спектр, изучением поляризованного излучения, используется кодоскоп 2.1(4). Для опытов по интерференции и дифракции в состав комплекта входит полупроводниковый лазер, работающий на длине волны 670 нм. Лазер питается от сети переменного тока через адаптер и имеет корпус, позволяющий устанавливать его на магнитный держатель или закреплять в оправе.

Комплект «Волновая оптика» (рис. 6.3) составляют следующие элементы: полупроводниковый лазер с блоком питания; линза собирающая $F = 5$ см, $d = 1,5$ см; линза собирающая $F = 12$ см, $d = 5$ см; стеклянная пластина; призма из стекла «Флинт»; светофильтр красный; кювета; лимб; комплект по поляризации: поляроиды — (2 шт.), образец из оргстекла для демонстрации механических напряжений в поляризованном свете; комплект элементов для демонстрации интерференции: бипризма Френеля, сборка «Кольца Ньютона», оправка с двумя щелями (щели для опыта Юнга), зеркало плоское (зеркало Ллойда), рамка для наблюдения интерференции в мыльной пленке; набор объектов для демонстрации дифракции: дифракционные решетки 50 штрихов на миллиметр ($d = 0,02$ мм) и 150 штрихов на миллиметр ($d = 0,0067$ мм), двумерная дифракционная структура, оправка со щелью шириной 0,3 мм, оправка со щелью шириной 0,6 мм, оправка с нитью диаметром 0,2 мм, оправка с отверстием диаметром 0,8 мм; комплект принадлежностей для закрепления оптических элементов: оптический столик для графопроектора, рабочее поле



Рис. 6.3

размером 20 × 30 см со специальными креплениями, детали штатива (основание, стойка — 2 шт., зажим — 3 шт.), оправа для линзы и поляроида (2 шт.), оправа для малых оптических элементов, магнитный держатель (3 шт.); диафрагмы: шелловая диафрагма для оптического столика, экран малый с прорезью.

Для проведения экспериментов необходимы: графопроектор; экран.

Оптические элементы, входящие в состав набора, выполнены в едином стиле. Элемент представляет собой тонкий цилиндр-оправку из пластика, внутрь которой вставлена оптическая деталь (линза, дифракционная решетка и т. п.). Цилиндр с одного из торцов закрыт металлическим кольцом. Собранные оптические элементы малого размера имеют внешний диаметр 35 мм, а элементы большего размера — диаметр 70 мм. При сборке оптической схемы элементы устанавливаются в оправы, которые фиксируются в штативе или закрепляются в магнитном держателе, стоящем на металлической поверхности.

Призма из стекла «Флинт» смонтирована на подставке — цилиндре из пластика высотой 23 мм и диаметром 42 мм, в основании которой запрессованы магниты. Стеклопластиковая пластина и плоское зеркало имеют приклеенные к ним стальные пластины, что позволяет устанавливать их на магнитном держателе.

Оправы выполнены в форме квадрата со стороной 11 см и изготовлены из темного пластика толщиной 6 мм. В комплект входят две оправы для линзы и поляроидов с отверстием диаметром 45 мм; оправа, на которой смонтирована сборка «Кольца Ньютона»; оправа для малых оптических элементов (диаметр отверстия 20 мм).

Малые оптические элементы могут быть установлены на магнитные держатели, применяемые в том случае, когда оптическая схема собирается на рабочем поле. Магнитный держатель представляет собой стойку высотой 45 мм, смонтированную на основании размером 70 × 35 мм. Основание и стойка магнитного держателя изготавливаются из пластика. В основание запрессованы магниты для фиксации его на металлической поверхности, а стойка имеет магниты для удержания оптических элементов. Применение магнитов позволяет точно устанавливать элементы и плавно изменять их взаимное расположение, т. е. проводить юстировку оптической схемы.

В экспериментах, где источником света является графопроектор, на его кадровое окно ставится специальный оптический столик, который предназначен для закрепления оптических элементов. Оптический столик изготовлен из стального листа и имеет круглое отверстие диаметром 100 мм — окно для выделения центральной части светового пучка графопроектора. Втулка с резьбой, вставленная в оптический

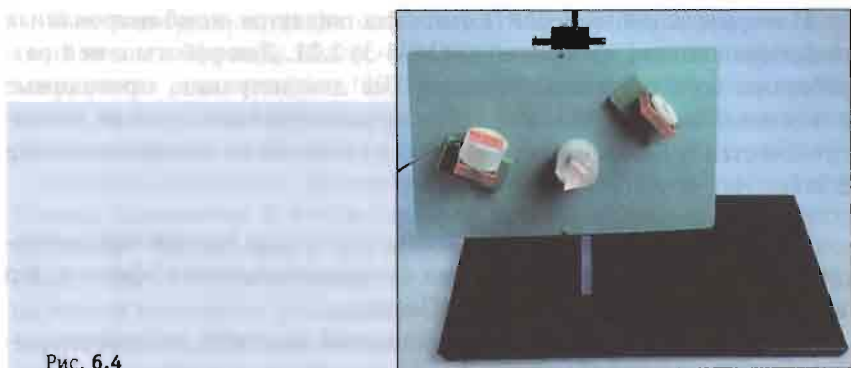


Рис. 6.4

столик, позволяет закреплять на нем стойку штатива. Положение стойки штатива выбирается с учетом того, чтобы центры оптических элементов, установленных на штативе, располагались на оптической оси графопроектора.

Все эксперименты, выполняемые с помощью полупроводникового лазера, используют в качестве экрана рабочее поле — металлический лист размером 20×30 см, закрепленный на стойке штатива в вертикальной плоскости. Полупроводниковый лазер, линза и объекты для демонстрации дифракции и интерференции устанавливаются на рабочее поле с помощью магнитных держателей.

В качестве примера работы с комплектом «Волновая оптика» на рисунке 6.4 представлен эксперимент, демонстрирующий неразложимость в спектр монохроматического света. Луч лазера направляется на призму и после преломления в ней попадает на экран. Характер наблюдаемой при этом на экране картины не зависит от того, проходит ли луч через призму или попадает на экран напрямую. На пути луча можно установить дифракционную решетку и тогда на экране будут наблюдаться только точки красного цвета, разделенные большими несвещенными промежутками.

6.3. Комплект демонстрационного оборудования по квантовой физике на базе комбинированной цифровой системы измерений

Комплект предназначен для исследования на количественном и качественном уровнях явления фотоэффекта и радиоактивных излучений.

Комплект состоит из двух наборов: набор «Фотоэффект» и набор со счетчиком Гейгера—Мюллера с дополнительными модулями.

Измерительной основой комплекта является комбинированная цифровая система измерений (КЦСИ-3) 2.21. Для работы с ней разработаны дополнительные модули. Все демонстрации, проводимые с помощью комплекта, собираются на универсальном стенде, аналогичном стенду базового комплекта оборудования по электродинамике 5.2(1).

1) **Набор «Фотоэффект»** предназначен для проведения демонстрационных опытов при изучении фотоэлектрического эффекта, его законов и измерения постоянной Планка.

Набор (рис. 6.5, а) составляют: цинковая пластина; медная пластина; оправа с металлической сеткой; осветитель в корпусе; высоковольтный преобразователь; вакуумный фотоэлемент в корпусе; измерительный преобразователь «Усилитель фототока»; излучатель ультрафиолетового света УФК-01у; прозрачное стекло; набор светофильтров 6.8; модуль с потенциометром; соединительные провода; кабель с разъемом для ПКЦ.

Этот набор используют для проведения следующих демонстраций: фотоэлектрический эффект (на установке с цинковой пластиной); опыт Столетова; зависимость фототока от напряжения; зависимость фототока от светового потока; зависимость задерживающего напряжения от частоты света; определение постоянной Планка.

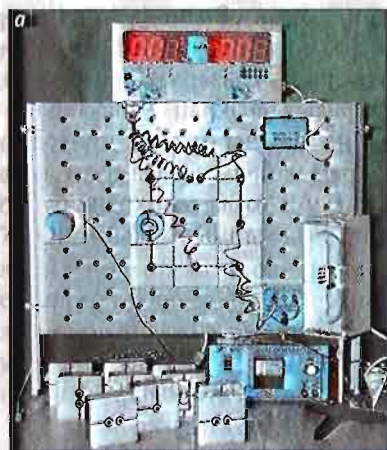


Рис. 6.5



В демонстрациях по фотоэффекту ПКЦ работает в режиме, когда на левом цифровом индикаторе высвечивается значение анодного напряжения (максимально 120 В), а на правом индикаторе — значение силы фототока (максимально 300 мкА). ПКЦ переводится в этот режим нажатием кнопки «1» на пульте дистанционного управления.

Опыт Столетова и демонстрация по определению постоянной Планка проводятся с измерительным преобразователем «Усилитель фототока». На рисунке 6.5, б показана базовая установка элементов комплекта для демонстрации по определению постоянной Планка на основе измерения запирающего напряжения при освещении фотоэлемента светом с известной длиной волны. Для этого перед фотоэлементом устанавливают оранжевый и фиолетовый светофильтры из набора 6.8.

2) Набор со счетчиком Гейгера—Мюллера составляют: панель со счетчиком Гейгера—Мюллера; высоковольтный преобразователь; соединительные провода и кабель с разъемами для ПКЦ; светодиод на колодке.

Для работы с набором также необходим низковольтный блок питания БПН.

С помощью набора можно провести следующие демонстрации: принцип действия счетчика Гейгера—Мюллера; обнаружение космического фона и радиоактивного излучения; сравнение интенсивности излучения двух источников; поглощение радиоактивных излучений различными веществами; отклонение β -частиц магнитным полем.

Основная часть набора — счетчик Гейгера (типа СТС-5), укрепленный горизонтально на двух стандартных модулях с помощью пружинных зажимов. На передней панели модулей изображена принципиальная схема включения газоразрядного счетчика, а также две пары гнезд. Левые гнезда служат для подачи на счетчик постоянного напряжения 350–400 В от высоковольтного преобразователя. Правые гнезда — для подключения усилителя низкой частоты с громкоговорителем, либо любого другого регистрирующего устройства, например светодиода на колодке.

Высоковольтный преобразователь, входящий в набор, представляет собой малогабаритное устройство. При входном напряжении 22–26 В устройство на выходе обеспечивает регулируемое постоянное напряжение от 0 до 500 В при силе тока до 1 мА. Выход прибора также имеет среднюю точку, позволяющую получать от преобразователя регулируемое напряжение 0 ± 250 (В) при той же силе тока.

Счетчик снабжен разъемом и кабелем, с помощью которого он соединяется с соответствующим входным разъемом на корпусе ПКЦ.

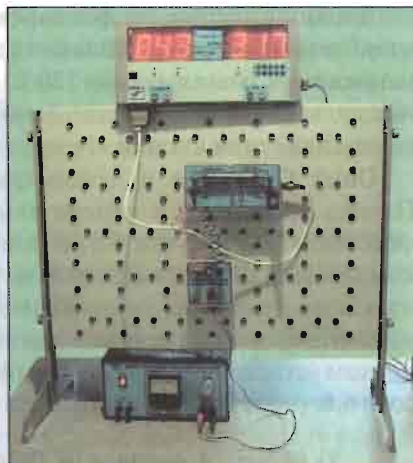


Рис. 6.6

Поскольку импульс напряжения, снимаемый со счетчика, может иметь амплитуду от нескольких вольт до нескольких десятков вольт, внутри дополнительного модуля, на котором укреплен счетчик, встроен формирователь импульсов, приводящий их амплитуду и длительность к значениям, необходимым для нормальной работы пересчетного устройства. Питание формирователя импульсов осуществляется по кабелю от блока питания ПКЦ.

При достаточно высокой активности излучения прибор переходит в режим радиометра и над цифровыми индикаторами на передней панели ПКЦ появляется горизонтальный светящийся столбик аналоговой шкалы, показания которой пропорциональны интенсивности излучения в условных единицах.

В качестве примера на рисунке 6.6 приведена демонстрация регистрации естественного радиоактивного фона.



ОТДЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Коды		Наименование оборудования	Стр.
в пособии	в перечне		
6.4	4.4.62	Школьная оптическая скамья (Н)	360
6.5	4.4.62	Набор по волновой и геометрической оптике на основе лазера	361
6.6	4.4.42	Набор дифракционных решеток	363
6.7	4.4.42	Голографическая дифракционная решетка (Н)	364
6.8	4.4.41	Набор светофильтров	365
6.9		Призмы дисперсионные (крон и флинт)	366
6.10		Прибор «Кольца Ньютона»	367
6.11		Набор демонстрационный «Определение постоянной Планка»	368
6.12	4.5.8	Газоразрядный счетчик	369

6.4. (4.4.62) Школьная оптическая скамья (Н)

Прибор предназначен для проведения следующих демонстраций по волновой и геометрической оптике: прямолинейное распространение света; законы отражения света; ход лучей в линзах; ход лучей в оптических аппаратах; законы преломления света; полное отражение света; поляризация света; дифракция света; интерференция света.

Прибор состоит из металлической направляющей рейки; четырех съемных опорных ножек; лазерного излучателя и набора оптических элементов.

Рейка установлена на опорных ножках и зафиксирована на них стопорными винтами.

В отдельном корпусе размещены лазерный излучатель, его микросхема и гальванические элементы. Лазерный излучатель установлен на одном конце рейки, а на другом ее конце — экран в виде диска со шкалой.

Оптические элементы размещены в рейтерах и вместе с ними установлены на рейке. Рейтеры можно перемещать по направляющей рейке.

В состав набора оптических элементов входят различные линзы, зеркала, призмы, поляроиды, приборы и приспособления для наблюдения дифракции и интерференции света.

На рисунке 6.7 показана оптическая скамья с излучателем, экраном и некоторыми оптическими элементами.

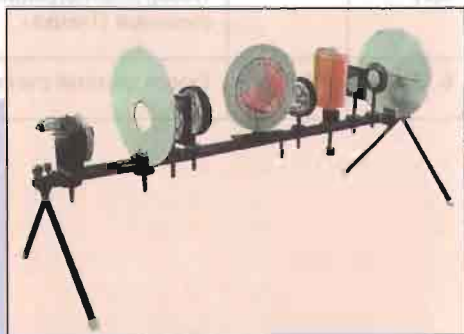


Рис. 6.7

Кроме оптических элементов, в состав прибора входят прозрачный экран из гибкого пластика для обвертывания элементов, установленных на скамье, и прозрачная кювета для жидкости. Они предназначены для выделения пучков света лазера и улучшения их видимости. Во время опытов прозрачный экран наполняют дымом, а в кювету наливают жидкость со светящимся порошком.

Технические характеристики прибора

- 1) Длина волны излучаемого лазером света 635 нм (красная область спектра видимого излучения).
- 2) Габаритные размеры скамьи в сборе без принадлежностей не более $800 \times 350 \times 250$ мм; масса не более 1,3 кг.
- 3) Габаритные размеры упаковки не более $350 \times 150 \times 200$ мм.
- 4) Длина рейки 810 мм; диаметр 50 мм.
- 5) Общая масса скамьи с принадлежностями не более 2,8 кг.

6.5. (4.4.62) Набор по волновой и геометрической оптике на основе лазера¹

Набор предназначен для исследования законов геометрической оптики и их применения в оптических приборах, наблюдения волновых свойств света.

Этот набор используют для проведения следующих демонстраций: преломление и отражение света; распространение света в однородной и неоднородной среде; деление пучка света призмой; линзы; сборка моделей оптических систем; опыты по интерференции и дифракции в свете лазера: бипризма Френеля, интерференция двух сходящихся лазерных пучков; интерференция с большой разностью хода; дифракция на сетке и стержне; дифракция на щели в непрозрачном экране; дифракция Френеля и дифракция Фраунгофера; дифракция на различных дифракционных решетках (50, 100, 350 штрихов на миллиметр); дифракция света лазера на двух скрещенных дифракционных решетках; дифракция на случайных неоднородностях.

Набор (рис. 6.8) составляют: полупроводниковый лазер мощностью 6 мВт с длиной волны излучения 650 нм; шесть стеклянных линз диаметром от 25 до 70 мм; делительная призма, расщепляющая пучок лазера на два луча, параллельно идущих на расстоянии 20 мм друг от друга; бипризма Френеля (используется оптическое стекло типа К-8); две стеклянные пластины из плавленого кварца; три голографи-

¹ Описание составлено Н. И. Ескиным.

Рис. 6.8



ческие дифракционные решетки на стеклянных фотопластинах размером 40×45 мм; сетки; щели и другие образцы; небольшой столик для установки параллельных пластин; сосуд из оргстекла с тремя зеркалами и стеклянной трубкой для его заполнения водой. Все объекты набора находятся в оправках и на рейтерах. Предусмотрено их хранение на специальной подставке.

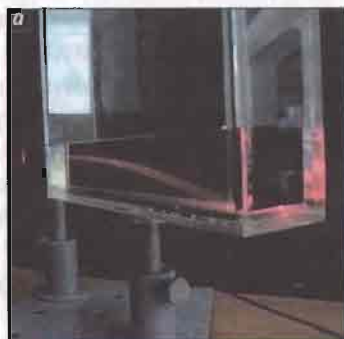


Рис. 6.9



Эргономические свойства набора таковы, что предварительная подготовка многих демонстраций практически не требуется, и настройка осуществляется в процессе объяснения. Отличается от аналогов наличием полноформатных плакатов, схем и таблиц, иллюстрирующих каждую из демонстраций.

На рисунке 6.9, *а* показана демонстрационная установка по наблюдению распространения света в неоднородной среде. В опыте наблюдается искривление хода светового луча при распространении в неоднородной среде, созданной в прозрачном сосуде с водой при медленном заливании на его дно через трубку 200 мл концентрированного раствора поваренной соли.

На границе воды и раствора возникает область с переменным показателем преломления. Луч лазера, проходя через эту область, отклоняется в сторону большего показателя преломления.

Наблюдение этого явления очень важно для формирования представления о границах применимости закона прямолинейного распространения света.

На рисунке 6.9, *б* показана демонстрационная установка по наблюдению интерференции с использованием бипризмы Френеля.

6.6. (4.4.42) Набор дифракционных решеток

Набор голографических дифракционных решеток (рис. 6.10) предназначен для наблюдения дифракции; исследования зависимости характера дифракционного спектра от параметров решетки и измерения длины световой волны.



Рис. 6.10

Таблица 6.1

№ решетки в наборе	Число штрихов на мм длины	Способ модуляции прозрачности	Дифракционная эффективность, %
1	25	Фазовая	50
2	300	Амплитудная	30
3	250	Фазовая	50
4	300	Фазовая	50
5	50	Фазовая	40
6	500	Фазовая	40
7	1200	Фазовая	30
8	1200	Рельефно-фазовая	60

Технические характеристики решеток приведены в таблице 6.1.

Решетки 1—7 — пропускающие, 8 — отражающая; решетки 4 и 5 — двумерные, остальные — одномерные.

6.7. (4.4.42) Голографическая дифракционная решетка¹ (Н)

Амплитудная дифракционная решетка с периодом 0,001 мм изготавливается голографическим методом на фотопленке высокой разрешающей способности. Такая решетка называется голографической. Она дает яркие протяженные спектры главным образом первого порядка. Дифракционная решетка размером 24 × 24 мм смонтирована в стандартной диапозитивной рамке и может быть использована как в демонстрационных, так и во фронтальных экспериментах.

Голографическая дифракционная решетка используется в демонстрациях: получение на экране сплошного спектра излучения источника белого света; измерение длины световой волны; исследование спектров поглощения твердых, жидких и газообразных тел; линейчатые спектры излучения; изучение сущности спектрального анализа;

¹ Описание и фотографии представлены В. В. Майером.

подтверждение справедливости теории Бора атома водорода прямым экспериментом; изучение явления дисперсии света; построение модели дифракционного спектроскопа; наблюдение фраунгоферовых линий в солнечном спектре и др.

На рисунке 6.11 показан прибор для демонстрации дисперсионной кривой призмы прямого зрения из спектроскопа 1.46. Призма дает сплошной спектр белого света, отклоняя в вертикальном направлении свет разных длин волн на углы, пропорциональные ее эффективному показателю преломления. Дифракционная решетка в рамке установлена перед призмой и разворачивает этот спектр в горизонтальном направлении на углы, пропорциональные длине световой волны.

В результате на экране наблюдается изогнутый спектр, представляющий собой дисперсионную кривую — зависимость показателя преломления вещества от длины волны света.

На сделанной непосредственно с экрана фотографии (см. рис. 6.11) сверху слева виден дисперсионный спектр, который дает призма, а справа изображена дисперсионная кривая, полученная из этого спектра с помощью голографической дифракционной решетки. В опыте в качестве источника света можно использовать любой осветитель, дающий на экране изображение спирали лампы.

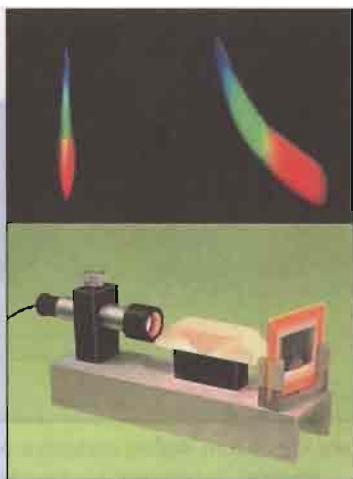


Рис. 6.11

6.8. (4.4.41) Набор светофильтров

Набор предназначен для исследования спектрального состава белого света; наблюдения интерференции и дифракции в монокроматическом свете; спектров поглощения; аддитивного смешения двух и трех цветов.

В состав набора (рис. 6.12) входят 7 светофильтров; 3 диафрагмы и 2 черно-белых слайда «девушки с зонтиками», снятые через разные светофильтры: один — через синий, другой — через желтый. Эти слайды используются для демонстрации аддитивного смешения двух цветов.

Рис. 6.12



Технические характеристики светофильтров приведены в таблице 6.2.

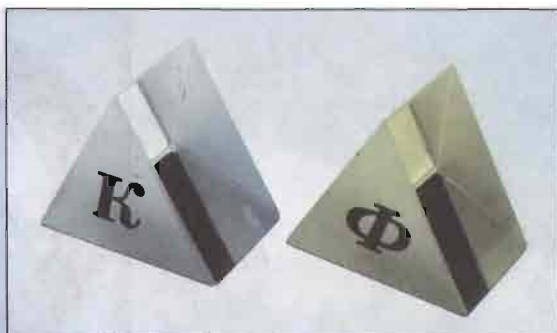
Таблица 6.2

№ свето- фильтра	Название	Марка стекла	Спектральный интервал пропускания, нм
1	Красный	KC11	600—700
2	Оранжевый	OC5	580—620
3	Желтый	ЖС18	540—600
4	Зеленый	ЗС8	520—560
5	Голубой	C3C21	450—520
6	Синий	CC1	400—500
7	Фиолетовый	ФС1	380—420

6.9. Призмы дисперсионные (крон и флинт)

Призмы дисперсионные (крон и флинт) предназначены для проецирования на экран сплошного спектра таких размеров, чтобы его можно было свободно наблюдать в классе. С их помощью можно показать для сравнения сразу два спектра от призм из различных сортов оптического стекла.

Рис. 6.13



Обе призмы (рис. 6.13) равносторонние и одинаковые по размерам: высота около 20 мм, длина преломляющего ребра около 25 мм. Одна из призм изготовлена из легкого стекла (кронглас), другая — из тяжелого (флинтглас). Обе призмы имеют хорошо отполированные боковые грани.

Технические характеристики призм приведены в таблице 6.3. В этой таблице показатель преломления: n_F — на длине волны 486,1 нм; n_C — на длине волны 656,3 нм; n_E — на длине волны 546,1 нм.

Таблица 6.3

Наименование	Материал	Средняя дисперсия ($n_F - n_C$) 10^5	Показатель преломления n_E
Призма «Крон» дисперсионная	Стекло К8	806	1,5183
Призма «Флинт» дисперсионная	Стекло ТФ4	2628	1,7462

6.10. Прибор «Кольца Ньютона»

Прибор (рис. 6.14) предназначен для наблюдения интерференции света.

Основными оптическими элементами прибора являются плоскопараллельная пластина и плосковыпуклая линза с большим 1,5 — 3,0 м радиусом кривизны. Каждый из элементов вклеен в металлическую оправу, а между собой они находятся в оптическом контакте. Обе оправы стянуты тремя юстировочными винтами и пружинами, которые обеспечивают более равномерное сжатие оптических элементов между собой.

Рис. 6.14



С целью предупреждения несанкционированного рассоединения деталей оправы дополнительно стянуты в трех местах неразъемными соединениями.

6.11. Набор демонстрационный «Определение постоянной Планка»

Набор предназначен для определения постоянной Планка на основе измерения напряжения включения полупроводникового лазера и длины волны излучаемого им света.

Данный набор используют для проведения следующих демонстраций: определение длины волны полупроводникового лазера; определение постоянной Планка.

Набор (рис. 6.15) состоит из платформы, на которой смонтированы полупроводниковый лазер и электрическая цепь, обеспечивающая плавную регулировку напряжения питания; дифракционной решетки и линейки, на которой производится регистрация дифракционного спектра. Платформа и линейка имеют магниты для закрепления их на вертикальной поверхности классной доски. Закрепление лазера и дифракционной решетки на платформе также выполнено с использованием магнитов, что обеспечивает возможность настройки оптической схемы.

В состав набора также входят следующие элементы: платформа с лазером и двумя батарейками типа АА; дифракционная решетка 150 штрихов на миллиметр; линейка с магнитами.

Для проведения экспериментов необходимо дополнительное оборудование: комплект цифровых измерителей силы тока и напряжения 2.35, метр демонстрационный 2.29.

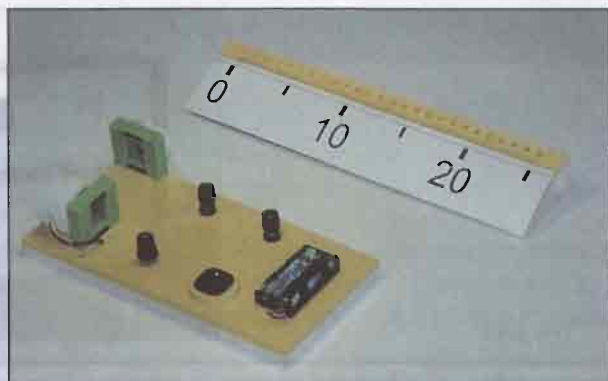


Рис. 6.15

В эксперименте по измерению постоянной Планка длина волны излучения определяется с помощью дифракционной решетки с известным числом штрихов. Напряжение на полупроводниковом лазере создается переменным резистором и измеряется цифровым вольтметром. Напряжение, при котором включается лазер, измеряется с точностью 0,1 В. Определение значения постоянной Планка производится на основе соотношения $h\nu = eU$, откуда $h = eU/\nu$.

6.12. (4.5.8) Газоразрядный счетчик

Прибор обеспечивает демонстрацию регистрации, счета и индикации естественных ионизирующих β - и γ -излучений.

В приборе (рис. 6.16) используется газоразрядный самогасящийся счетчик Гейгера—Мюллера типа СБМ-20, обеспечивающий регистрацию β - и γ -излучений с энергией от 0,1 до 1,25 МэВ.

Более подробные сведения о СБМ-20 приведены в описании дозиметра 1.52.

На передней панели прибора изображена принципиальная схема включения счетчика. Между электродами счетчика создается высокое напряжение 350—400 В от источника питания, представляющего собой умножитель напряжения 42 В, 50 Гц. Ионизация газового промежутка детектора под действием β - или γ -излучений сопровождается появлением короткого импульса положительной полярности на резисторе нагрузки R . Этот импульс поступает на вход счетчика, цифровой индикатор которого фиксирует каждый импульс тока детектора. Счет ведется до заполнения счетчика, т. е. до 99, затем счет продолжается, вновь начинаясь с нуля, и т. д. Этот же импульс поступает

ПРИЛОЖЕНИЕ

Перечень учебного оборудования

Общие цели по формированию и развитию у учащихся общеобразовательных учреждений научных знаний и умений по физике могут быть достигнуты, если обучение базируется на физическом эксперименте.

Для организации коллективных и индивидуальных наблюдений физических явлений и процессов, измерения физических величин и установления законов, подтверждения теоретических выводов необходимы:

- систематическая постановка демонстрационных опытов учителем;
- выполнение лабораторно-практических и других экспериментальных работ учащимися.

Номенклатура учебного оборудования по физике определяется стандартами физического образования (с учетом профилей), минимумами содержания, базисными программами основного и среднего общего образования. В основу отбора номенклатуры оборудования для основной школы положен следующий концептуальный подход: понятия и физические величины, вводимые в школьный курс физики, получают конкретный смысл при условии, что с ними связываются определенные приемы (способы, методы) наблюдения и (или) измерения, иначе они не смогут найти применения в исследованиях реальных физических явлений и процессов.

При подборе оборудования для старшей профильной школы учитывается необходимость наблюдения фундаментальных явлений, экспериментального подтверждения эмпирических законов и теоретических следствий.

В соответствии с этим подходом технология выявления необходимого и достаточного учебного оборудования определяется следующей логической цепочкой: выделение понятий в базовых программах — определение состава демонстрационных опытов и лабораторно-практических работ — определение состава учебного оборудования для их постановки — интеграция учебного оборудования и структурирование его списка по разделам как базисных, так и профильных программ.

Особенностью настоящих перечней является то, что они отвечают требованиям стандарта физического образования в основной и средней (полной) общеобразовательной школе и примерным учебным программам.

В целом перечни учебного оборудования для первоочередного приобретения — это совокупность взаимно согласованных учебных приборов, оборудования, принадлежностей и приспособлений, электронных и печатных пособий, призванная обеспечить изучение физических понятий, законов и теорий, предусмотренных федеральным компонентом государственного стандарта, на экспериментальной основе. В то же время — это открытая система, поскольку одни компоненты перечня могут исключаться, другие, созданные с учетом передового педагогического опыта, в научных и промышленных лабораториях и освоенные промышленностью, включаться.

Открытый характер перечней означает также, что приборы и комплекты, имеющиеся в школах и вновь выпускаемые, но не включенные в настоящий перечень, являются заменой (аналогами) его элементов, если они обеспечивают адекватное экспериментальное изучение явлений, физических величин, законов, входящих в стандарты физического образования и базисные программы. Аналогами же являются изделия практически с одинаковыми функциональными возможностями, но выпускаемые различными предприятиями, а также отдельные приборы и приспособления промышленного и бытового назначения.

В перечни включены не только учебная техника и наглядные средства обучения, выпускаемые в настоящее время, но и оборудование, подлежащее модернизации, а также перспективное оборудование, которое предстоит разработать и освоить в производстве, с целью наполнения материально-технической базы, поддерживающей государственный образовательный стандарт. После названия таких приборов в перечне поставлен индекс (Н). В перечни также включены объекты оборудования, которые на момент подготовки перечня к изданию разработаны, прошли опытную проверку в учебном процессе, изготовлены их опытные образцы. Такое оборудование может быть изготовлено по специальному заказу образовательных учреждений.

В соответствии с федеральным компонентом государственного стандарта в 10—11 классах учреждений среднего (полного) общего образования выделяются базовый (2 ч/нед.) и профильный (5 ч/нед.) уровни изучения физики.

Углубленный уровень реализуется при увеличении числа часов до 6 ч/нед. и более на изучение физики за счет школьного компонента.

Оборудование, необходимое для изучения физики на углубленном уровне, представлено в 7-м столбце таблицы.

Перечень составлен таким образом, что для постановки демонстраций достаточно одного экземпляра (кроме специально обозначенных случаев) оборудования.

Оборудование для самостоятельного эксперимента выделено в перечне в отдельный раздел «Лабораторное оборудование». При этом учитывается, что проведение фронтальных лабораторных работ регламентируется и в основной школе, и на всех уровнях старшей профильной школы. Практикум проводится только при профильном и углубленном уровнях изучения физики.

Для фронтальных лабораторных работ приобретается не менее одного экземпляра (набора, комплекта) оборудования на двоих учащихся.

Оборудование для практикума приобретается в соответствии с выбранной учителем формой его проведения. Практикум проводится как с использованием оборудования для фронтального эксперимента, так и со специальным оборудованием, приведенным в отдельном разделе перечня.

Дифференцированный по профилям обучения перечень учебного оборудования по физике для общеобразовательных учреждений РФ составлен вперые.

В столбце «Аналоги» указаны взаимозаменяемые элементы. Оборудование-аналог из данного раздела обозначено одним числом, указывающим номер наименования; оборудование-аналог из другого раздела обозначено двумя числами, первое из которых — номер раздела, второе — номер наименования (разделены черточкой). Если аналогов данного оборудования несколько, то они разделены знаком «;».

1. Перечень оборудования		2. Аналог		3. Примечание	
1	Батарея	1	Батарея	1	Батарея
2	Батарея	2	Батарея	2	Батарея
3	Батарея	3	Батарея	3	Батарея
4	Батарея	4	Батарея	4	Батарея
5	Батарея	5	Батарея	5	Батарея
6	Батарея	6	Батарея	6	Батарея
7	Батарея	7	Батарея	7	Батарея

**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ
ПЕЧАТНЫЕ, АУДИОВИЗУАЛЬНЫЕ
И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ПОСОБИЯ
ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ
ПРИБОРЫ ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ**

п/п	Наименование учебного оборудования	Аналоги	Общеобразовательные учреждения основного общего образования	Учреждения среднего (полного) общего образования (10—11 классы)		
				Уровень образовательной программы		
				Базовый (2 ч/нед.)	Профильный (5 ч/нед.)	Углубленный (6 и более ч/нед.)
1	2	3	4	5	6	7

1. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ

1	Видеомагнитофон		+	+	+	+
2	Кодоскоп (оверхед-проектор)		+	+	+	+
3	Диaproектор (слайд-проектор)		+	+	+	+
4	Персональный компьютер		+	+	+	+
5	Телевизор		+	+	+	+
6	Устройство для зашторивания окон		+	+	+	+
7	Цифровая видеокамера с принадлежностями		+	+	+	+
8	Экран		+	+	+	+
9	Доска комбинированная на металлической основе		+	+	+	+

1	2	3	4	5	6	7
2. ПЕЧАТНЫЕ, АУДИОВИЗУАЛЬНЫЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ПОСОБИЯ						
1	Комплект тематических таблиц	2; 6	+	+	+	+
2	Комплекты тематических материалов на фоллиях	1	+	+	+	+
3	Компьютерные обучающие программы		+	+	+	+
4	Подвижная карта звездного неба		+	+	+	—
5	Портреты выдающихся физиков		+	+	+	+
6	Слайды	1; 2	+	+	+	+
7	Таблица «Международная система единиц»		+	+	+	+
8	Таблица «Шкала электромагнитных волн»		+	+	+	+
9	Учебные видеокурсы по разделам физики		+	+	+	+
3. ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ						
1	Воздуходувка		+	+	+	+
2	Генератор звуковой частоты		+	+	+	+
3	Груз наборный на 1 кг		+	+	+	+
4	Источник постоянного и переменного напряжения (0 — [30 ÷ 36] В; 6 ÷ 10 А)		+	+	+	+

1	2	3	4	5	6	7
5	Комплект электроснабжения кабинета физики		+	+	+	+
6	Комплект соединительных проводов		+	+	+	+
7	Комплект посуды и принадлежностей к ней		+	+	+	+
8	Комплект инструментов и расходных материалов (для учителя)		+	+	+	+
9	Машина электроформная	4.4—8	+	+	+	+
10	Микрофон		—	—	+	+
11	Насос вакуумный с тарелкой, манометром и колпаком		+	+	+	+
12	Насос воздушный ручной		+	+	+	+
13	Осветитель для теневого проецирования		+	+	+	+
14	Осциллограф электронный с принадлежностями	4.1—11	—	+	+	+
15	Плитка электрическая		+	+	+	+
16	Прибор «Воздушный стол» с принадлежностями (Н)		—	—	+	+
17	Сосуд для воды с прямоугольными стенками (аквариум)		+	+	+	+
18	Столики подъемные (2 шт.)		+	+	+	+
19	Трансформатор универсальный		+	+	+	+

1	2	3	4	5	6	7
20	Трубка вакуумная	4.2–34	+	+	+	+
21	Штатив универсальный физический		+	+	+	+
22	Усилитель низкой частоты		+	+	+	+
4. ПРИБОРЫ ДЕМОСТРАЦИОННЫЕ						
4.1. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ						
1	Амперметр с гальванометром демонстрационный	11; 17; 4.4–5; 4.4–14	+	+	+	+
2	Барометр-анероид		+	+	+	+
3	Весы с открытым механизмом и с гирями		+	+	+	+
4	Вольтметр с гальванометром демонстрационный	11; 17; 4.4–5; 4.4–14	+	+	+	+
5	Гигрометр	11; 4.3–4	+	+	+	+
6	Динамометры демонстрационные (пара) с принадлежностями	18; 4.2–17	+	+	+	+
7	Динамометр чувствительный проекционный с принадлежностями (Н)		–	–	+	+
8	Дозиметр		+	+	+	+
9	Измеритель перемещений (Н)		–	+	+	+
10	Комплект ареометров (700–1400)		+	+	+	+
11	Компьютерная измерительная система с датчиками	1; 4; 19; 21; 22	+	+	+	+

1	2	3	4	5	6	7
12	Манометр жидкостный демонстрационный		+	+	+	+
13	Манометр металлический	4.3—2, 4.3—4	+	+	+	+
14	Метр демонстрационный		+	+	+	+
15	Метроном	3—2	+	+	+	+
16	Модель счетчика электрической энергии		+	+	+	+
17	Мультиметр цифровой демонстрационный	1; 4; 4.4—4	+	+	+	+
18	Набор динамометров пружинных	6; 4.2—17	—	—	+	+
19	Психрометр	11; 4.3—4	+	+	+	+
20	Стробоскоп с принадлежностями		—	—	+	+
21	Счетчик-секундомер цифровой с датчиками	11	+	+	+	+
22	Тахометр демонстрационный (Н)	4.2—10	—	—	—	+
23	Термометр демонстрационный жидкостный		+	+	+	+
24	Термометр демонстрационный электрический	11; 4.3—4	—	—	+	+
25	Цилиндр измерительный		+	+	+	+
4.2. МЕХАНИКА						
1	Ведро Архимеда		+	+	+	+
2	Гироскоп		—	—	—	+

1	2	3	4	5	6	7
3	Держатели со спиральными пружинами (Н)		+	+	+	+
4	Камертоны на резонирующих ящиках с молоточком		+	+	+	+
5	Комплект «Акустика» (Н)		+	+	+	+
6	Комплект пружин для демонстрации волн (Н)		+	+	+	+
7	Комплект приборов для изучения вращения твердых тел (Н)	8	—	—	—	+
8	Комплект «Вращение»		+	—	+	+
9	Набор «Вращательное движение»		+	—	+	+
10	Комплект «Механика» для работы с компьютерной измерительной системой	25; 26; 35; 36	+	+	+	+
11	Комплект по гидро-, аэродинамике (Н)		—	—	+	+
12	Комплект по преобразованию движения, сил и моментов	22; 23; 26	—	—	+	+
13	Конус двойной, катящийся вверх		+	—	+	+
14	Маятник Максвелла		+	+	+	+
15	Действующая модель гидравлического пресса (Н)		+	—	—	—
16	Комплект «Механика демонстрационная КДМ-1»		+	—	+	+
17	Набор по статике с магнитными держателями	4.1—6	—	—	+	+

1	2	3	4	5	6	7
18	Модель системы отсчета	26; 22	+	+	+	+
19	Набор из трех шариков	23	—	—	+	+
20	Набор тел равной массы и равного объема		+	+	+	+
21	Пистолет баллистический		+	—	+	+
22	Прибор для демонстрации независимости действия сил		+	+	+	+
23	Комплект для изучения колебаний (Н)		+	+	+	+
24	Прибор для демонстрации волновых явлений (Н)	6	+	+	+	+
25	Прибор для демонстрации законов механики на воздушной подушке	10	+	+	+	+
26	Прибор для демонстрации закона сохранения импульса (Н)	10	+	+	+	+
27	Прибор для демонстрации давления в жидкости		+	+	+	+
28	Прибор для демонстрации атмосферного давления		+	+	+	+
29	Прибор для демонстрации невесомости (Н)		+	+	+	+
30	Призма наклоняющаяся с отвесом		+	+	+	+
31	Рычаг демонстрационный	9	+	+	+	+
32	Сосуды сообщающиеся		+	+	+	+

1	2	3	4	5	6	7
33	Стакан отливной		+	+	+	+
34	Трубка Ньютона		+	+	+	+
35	Тележки легкоподвижные с принадлежностями (пара)		+	+	+	+
36	Трибометр демонстрационный	9; 10	+	+	+	+
37	Уровень демонстрационный		+	+	+	+
38	Центробежная дорога		—	—	—	+
39	Центробежная машина с принадлежностями (Н)		+	+	+	+
40	Шар Паскаля		+	+	+	+

4.3. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

1	Комплект «Тепловые явления» для работы с компьютерной измерительной системой	4; 10; 13; 17; 18; 4.1—24	+	+	+	+
2	Комплект «Газовые законы и свойства насыщенных паров»		—	—	+	+
3	Модель давления газов		+	+	+	+
4	Комплект приборов по молекулярной физике и термодинамике (КДТ)	1; 2; 8; 14; 16; 18; 4.1—24	—	—	+	+
5	Модель двигателя внутреннего сгорания		+	+	+	+
6	Модель для демонстрации распределения молекул по скоростям (Н)	2—3	—	—	+	+

1	2	3	4	5	6	7
7	Модели кристаллических решеток		—	—	+	+
8	Модель броуновского движения	2—3	+	+	+	+
9	Набор капилляров		+	+	+	+
10	Огниво воздушное	2; 4	+	+	+	+
11	Пластина биметаллическая	4	+	+	+	+
12	Прибор для демонстрации броуновского движения (Н)		—	+	+	+
13	Прибор для демонстрации теплопроводности тел	2; 4	+	+	+	+
14	Прибор для сравнения теплоемкости тел (Н)	2; 4	+	—	—	—
15	Прибор для демонстрации видов деформации		—	—	+	+
16	Прибор для изучения газовых законов	2; 4	—	+	+	+
17	Теплоприемники (пара)	2; 4	+	+	+	+
18	Трубка для демонстрации конвекции в жидкости	2; 4	+	+	+	+
19	Цилиндры свинцовые со стругом		+	+	+	+
20	Шар для взвешивания воздуха		+	+	+	+
21	Шар с кольцом		+	+	+	+

1	2	3	4	5	6	7
4.4. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА						
1	Батарея конденсаторов (Н)	14; 18	+	+	+	+
2	Батарея солнечная	14; 17	+	+	+	+
3	Ванна электролитическая		—	—	+	+
4	Набор цифровых измерителей тока и напряжения	4.1—1; 4.1—5; 4.1—17	+	+	+	+
5	Звонок электрический демонстрационный		+	+	+	+
6	Индикатор индукции магнитного поля		—	—	—	+
7	Источник высокого напряжения (25 кВ)	3—9	+	+	+	+
8	Катушка дроссельная	14; 18	+	+	+	+
9	Катушка для демонстрации магнитного поля тока (2 шт.) (Н)	14	+	+	+	+
10	Комплект полосовых, дугообразных и кольцевых магнитов		+	+	+	+
11	Комплект приборов для демонстрации свойств электромагнитных волн		+	+	+	+
12	Комплект приборов для изучения принципов радиоприема и радиопередачи		—	—	+	+
13	Комплект оборудования по электродинамике (КДЭ-1)	4; 19; 23; 26; 35; 37; 43; 46; 49; 59; 76; 4.1—1; 4.1—4; 4.1—17	+	+	+	+

1	2	3	4	5	6	7
14	Комплект оборудования по электростатике (КДЭ-С)	20; 21; 22; 27; 48; 61; 75; 77				
15	Комплект «Электричество-1»	14; 23; 26; 35; 49; 59	+	+	+	+
16	Комплект «Электричество-2»	2; 14; 31; 37; 40; 57; 58; 66; 3—22	—	—	+	+
17	Комплект «Электричество-3»	11; 12; 14; 20; 28; 33	—	—	+	+
18	Комплект «Электричество-4»		—	—	+	+
19	Комплект выключателей	14	+	+	+	+
20	Конденсатор переменной емкости	15	+	+	+	+
21	Конденсатор разборный	15	—	—	+	+
22	Кондуктор конусообразный	15	—	—	+	+
23	Лампочка (12В) на подставке (пара)	14; 16	+	+	+	+
24	Линзы наливные (Н)		—	—	—	+
25	Машина электрическая обратимая		+	+	+	+
26	Магазин резисторов демонстрационный	14; 16	+	+	+	+
27	Маятники электростатические (пара)	15	+	+	+	+
28	Модель электромагнитного реле		—	—	—	+

1	2	3	4	5	6	7
29	Модель структуры ферро-магнетика		—	—	+	+
30	Модель электрической дуги		—	—	—	+
31	Модель фотореле		—	—	—	+
32	Громкоговоритель		—	—	+	+
33	Модели радиоприемников		+	+	+	+
34	Модель спидометра (Н)		—	—	—	+
35	Набор ползунковых реостатов	14; 16	+	+	+	+
36	Набор линз и зеркал (Н)	54	+	+	+	+
37	Набор полупроводниковых приборов (Н)	14; 16	+	+	+	+
38	Набор стерженьков ферро-, пара- и диамагнетиков (Н)		—	—	—	+
39	Набор по дифракции, интерференции и поляризации света (Н)	53	—	+	+	+
40	Набор по изучению распределения энергии в спектре (Н)	17	—	—	+	+
41	Набор светофильтров	54	+	+	+	+
42	Набор дифракционных решеток	53	—	—	+	+
43	Набор по передаче электрической энергии	14	—	—	+	+

1	2	3	4	5	6	7
44	Набор по флуоресценции и люминесценции (Н)		—	+	+	+
45	Набор спектральных трубок с источником питания		—	—	+	+
46	Набор по электролизу	14	—	—	+	+
47	Осветитель ультрафиолетовый (Н)		—	—	+	+
48	Палочки из стекла, эбонита и др.	15	+	+	+	+
49	Панель с лампочками и плавким предохранителем	14	+	+	+	+
50	Плоское зеркало	54	+	+	+	+
51	Прибор для демонстрации взаимодействия параллельных токов (Н)		+	+	+	+
52	Прибор для демонстрации вращения рамки с током в магнитном поле (КДЭ-2)		+	+	+	+
53	Комплект демонстрационный «Волновая оптика»	39; 42; 62	—	+	+	+
54	Комплект демонстрационный «Геометрическая оптика»	24; 36; 50; 60; 62; 65; 70; 71	+	+	+	+
55	Прибор для изучения правила Ленца		+	+	+	+
56	Прибор для изучения свойств электронных пучков (Н)		—	+	+	+

1	2	3	4	5	6	7
57	Прибор для демонстрации законов фотометрии (Н)		—	—	—	+
58	Прибор для демонстрации зависимости сопротивления металла от температуры		—	+	+	+
59	Прибор для демонстрации зависимости сопротивления проводника от его длины, сечения и материала (Н)	14	+	+	+	+
60	Светопровод	54	+	+	+	+
61	Сетка по электростатике	15	—	—	—	+
62	Скамья оптическая с источником света и принадлежностями		—	—	+	+
63	Стрелки магнитные на штативах (2 шт.)		+	+	+	+
64	Султаны электрические (2 шт.)	15	+	+	+	+
65	Сферическое зеркало	54	—	—	—	+
66	Термопара демонстрационная	14	+	+	+	+
67	Термостолбик		—	—	—	+
68	Триод и диод вакуумные		—	—	+	+
69	Трубка с двумя электродами (Н)		—	—	+	+
70	Фильтр ультрафиолетовый (Н)		—	—	+	+
71	Фильтр инфракрасный (Н)		—	—	+	+

1	2	3	4	5	6	7
72	Функциональный генератор сигналов		—	+	+	+
73	Штативы изолирующие (2 шт.)		+	+	+	+
74	Экран флуоресцирующий (Н)		—	+	+	+
75	Электрометры с принадлежностями (пара)	15	+	+	+	+
76	Электромагнит разборный	14	+	+	+	+
77	Электроскоп демонстрационный	15	+	+	+	+
4.5. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА						
1	Камера для демонстрации следов α -частиц (Н)		+	+	+	+
2	Комплект приборов по фотоэффекту (Н)		—	+	+	+
3	Комплект для измерения постоянной Планка		—	—	+	+
4	Комплект для демонстрации опыта Франка—Герца (Н)		—	—	—	+
5	Лазер учебный с принадлежностями (Н)		—	—	+	+
6	Модель опыта Резерфорда (Н)		+	+	+	+
7	Набор голограмм (Н)		—	+	+	+
8	Газоразрядный счетчик (панель с газоразрядным счетчиком)		+	+	+	+

ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

п/п	Наименование учебного оборудования	Аналоги	Общеобразовательные учреждения основного общего образования	Учреждения среднего (полного) общего образования		
				Уровень образовательной программы		
				Базовый (2 ч/нед.)	Профильный (5/нед.)	Углубленный (6 и более ч/нед.)
1	2	3	4	5	6	7

5.1. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ФРОНТАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1	Амперметры лабораторные с пределом измерения 2 А для измерения в цепях постоянного тока	26	+	+	+	+
2	Амперметры лабораторные с пределом измерения 2 А для измерения в цепях переменного тока	26	+	—	+	+
3	Весы учебные с гирями		+	+	+	+
4	Вольтметры лабораторные с пределом измерения 6 В для измерения в цепях постоянного тока	26	+	+	+	+
5	Вольтметры лабораторные с пределом измерения 6 В для измерения в цепях переменного тока	26	+	—	+	+
6	Электромагнитное реле		—	—	+	+
7	Динамометры лабораторные 1 Н, 4 Н (или 5 Н)	17; 24	+	+	+	+
8	Источники постоянного и переменного тока (4В, 2А)		+		+	+

1	2	3	4	5	6	7
9	Источник света с линейчатым спектром		+	+	—	—
10	Калориметры		+	+	+	+
11	Катушка-моток	37; 39; 49	+	+	+	+
12	Ключи замыкания тока	39	+	+	+	+
13	Компасы	39	+	+	+	+
14	Комплект по электродинамике «Экспериментальные задачи»	15	—	—	+	+
15	Комплект для изучения полупроводников		—	—	+	+
16	Комплект измерительных инструментов	24	+	+	+	+
17	Комплект лабораторный по механике	7; 21; 27; 31; 43; 47; 52; 54; 56	+	+	+	+
18	Комплект линз (Н)	38	+	+	+	+
19	Комплекты проводов соединительных	39	+	+	+	+
20	Комплект фотографий треков заряженных частиц (Н)		+	+	+	+
21	Желоб дугообразный	17; 24	+	+	—	—
22	Желоб прямой	17; 47	+	+	—	—
23	Набор прямых и дугообразных магнитов		+	+	+	+
24	Микролаборатория-1	7; 16; 21; 27; 34; 52; 57; 59	+	—	—	—

1	2	3	4	5	6	7
25	Миллиамперметры	26	+	+	+	+
26	Мультиметры цифровые	1; 2; 4; 5; 25; 55	—	—	+	+
27	Набор грузов по механике	17; 24	+	+	+	+
28	Набор по электролизу	39	—	+	+	+
29	Набор для исследования изопроцессов в газах	36	—	+	+	+
30	Набор «Кристаллизация»	36	+	—	+	+
31	Наборы пружин с различ- ной жесткостью	17	+	—	+	+
32	Наборы резисторов прово- лочные	39	+	+	+	+
33	Наборы тел по калоримет- рии	36	+	—	+	+
34	Набор тел равного объема и равной массы	24	+	—	—	—
35	Набор полосовой резины	36	—	—	+	+
36	Набор «Молекулярная фи- зика и термодинамика»	10; 29; 30; 36; 40; 55	+	+	+	+
37	Набор «Электромагнетизм и переменный ток»	11; 13; 23; 26; 62	—	—	+	+
38	Набор «Оптика»	18; 41; 45; 60; 61	+	+	+	+
39	Набор «Электричество»	12; 13; 19; 28; 32; 42; 49; 51	+	+	+	+
40	Нагреватели электриче- ские		+	+	+	+

1	2	3	4	5	6	7
41	Плоскопараллельные пластины со скошенными гранями		+	+	+	+
42	Потенциометр	39	+	—	+	+
43	Прибор для изучения движения тел по окружности	17	—	—	+	+
44	Прибор для изучения зависимости сопротивления металлов от температуры	39	—	—	—	+
45	Прибор для измерения длины световой волны с набором дифракционных решеток	38	—	+	+	+
46	Приборы для изучения прямолинейного движения тел	17	+	+	+	+
47	Радиоконструктор для сборки радиоприемников		+	—	+	+
48	Рамка вращающаяся для исследования магнитного поля	11; 37	—	—	+	+
49	Реостаты ползунковые	39	+	+	+	+
50	Проволока высокоомная на колодке для измерения удельного сопротивления	39	—	—	+	+
51	Рычаг-линейка	17; 24	+	+	+	+
52	Спектроскоп лабораторный		+	+	+	+
53	Секундомер	17	+	+	+	+
54	Термометры лабораторные	36	+	+	+	+

1	2	3	4	5	6	7
55	Трибометры лабораторные	17; 24	+	+	+	+
56	Шарики 25 мм металлические	24	+	+	+	+
57	Штативы лабораторные		+	+	+	+
58	Цилиндры измерительные с принадлежностями	24	+	+	+	+
59	Экраны со щелью	38	+	+	+	+
60	Электроосветители с колпачками	38	+	+	+	+
62	Электромагниты разборные с деталями	37	+	+	+	+
63	Электродвигатель с редуктором		+	—	+	+
64	Электродвигатель разборный		+	—	—	—

п/п	Наименование учебного оборудования	Учреждения среднего (полного) общего образования	
		Уровень образовательной программы	
		Профильный (5 ч/нед.)	Углубленный (6 и более ч/нед)
1	2	3	4

5.2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИКУМА

1	Автономные цифровые измерители: давления и температуры, постоянного и переменного магнитных полей	+	+
2	Весы технические	+	+

1	2	3	4
3	Генератор низкой частоты	+	+
4	Источник питания для практикума	+	+
5	Набор приборов для измерения влажности	+	+
6	Комплект по механике для практикума (Н)	+	+
7	Комплект лабораторный для исследования принципов радиопередачи и радиоприема	+	+
8	Комплект для изучения фотоэффекта и измерения постоянной Планка (Н)	+	+
9	Дозиметр	+	+
10	Комплект для исследования уравнения Клапейрона—Менделеева (Н)	+	+
11	Комплект «Электродинамика»	+	+
12	Набор для моделирования оптических приборов (Н)	+	+
13	Набор для изучения свободных и вынужденных механических колебаний (Н)	+	+
14	Набор для исследования свободных и вынужденных электромагнитных колебаний (Н)	+	+
15	Набор электроизмерительных приборов постоянного тока	+	+
16	Набор электроизмерительных приборов переменного тока	+	+
17	Набор конденсаторов и катушек индуктивности	+	+

1	2	3	4
18	Прибор для исследования электро-двигателя и генератора постоянного тока	+	+
19	Осциллограф лабораторный с комплектом принадлежностей (Н)	+	+
20	Пистолет баллистический	+	+
21	Прибор «Магнитное поле Земли»	+	+
22	Конструктор машин и механизмов (Н)	—	+
23	Прибор для зажигания спектральных трубок с набором трубок	+	+
24	Прибор для изучения деформации растяжения	+	+
25	Набор для изучения тока в вакууме	+	+
26	Прибор для наблюдения броуновского движения (Н)	—	+
27	Прибор для исследования превращения механической энергии во внутреннюю (Н)	—	+
28	Реохорд для мостика Уитстона	—	+
29	Спектроскоп двухтрубный (Н)	—	+
30	Счетчик-секундомер лабораторный (Н)	+	+
31	Трансформатор разборный	—	+
32	Электронный конструктор	—	+

Содержание

Предисловие	3
<i>Раздел 1. Лабораторное оборудование</i>	7
Оборудование для фронтальных лабораторных работ	12
Оборудование для практикума	94
<i>Раздел 2. Демонстрационный комплекс кабинета физики</i> ..	135
Оборудование общего назначения и рабочей зоны учителя	138
Измерительный комплекс кабинета физики	172
<i>Раздел 3. Демонстрационное оборудование по механике</i> ...	201
Универсальные комплекты	204
Тематические наборы	214
Отдельные приборы	230
<i>Раздел 4. Демонстрационное оборудование по молекулярной физике и термодинамике</i>	254
Универсальные комплекты	257
Отдельные приборы	265
<i>Раздел 5. Демонстрационное оборудование по электродинамике</i>	281
Универсальные комплекты	284
Тематические наборы	299
Отдельные приборы	316
<i>Раздел 6. Демонстрационное оборудование по оптике и квантовой физике</i>	347
Универсальные комплекты	349
Отдельные приборы	359
<i>Приложение</i>	371
Перечень учебного оборудования	374

Учебное издание

**Дик Юрий Иванович
Песоцкий Юрий Сергеевич
Никифоров Геннадий Гершкович и др.**

УЧЕБНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КАБИНЕТОВ ФИЗИКИ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Зав. редакцией *Е. Н. Тихонова*
Ответственный редактор *И. Г. Власова*
Оформление *М. О. Орлова*
Художник *А. В. Марков*
Художественный редактор *А. А. Шувалова*
Технический редактор *С. А. Толмачева*
Компьютерная верстка *Г. А. Фетисова*
Корректор *Е. Е. Никулина*

Санитарно-эпидемиологическое заключение
№ 77.99.15.953.Д.005481.08.04 от 25.08.2004.

Подписано к печати 25.07.05. Формат 60×90^{1/16}.
Бумага офсетная. Гарнитура «Ньютон». Печать офсетная.
Усл. печ. л. 25,0. Тираж 3000 экз. Заказ № 12512 (л-г).
ООО «Дрофа». 127018, Москва, Сушеvский вал, 49.

Предложения и замечания по содержанию и оформлению книги
просим направлять в учебную редакцию издательства «Дрофа»:
127018, Москва, а/я 79. Тел.: (095) 795-05-41. E-mail: chief@drofa.ru

По вопросам приобретения продукции
издательства «Дрофа» обращаться по адресу:
127018, Москва, Сушеvский вал, 49.

Тел.: (095) 795-05-50, 795-05-51. Факс: (095) 795-05-52.

Торговый дом «Школьник». 109172, Москва, Малые Каменщики,
д. 6, стр. 1А. Тел.: (095) 911-70-24, 912-15-16, 912-45-76.

Сеть магазинов «Переplетные птицы».
Тел.: (095) 912-45-76.

Отпечатано с диапозитивов заказчика на ФГУП «Смоленский
полиграфический комбинат» Федерального агентства по печати и массовым
коммуникациям. 214020, Смоленск, ул. Смольянинова, 1.

СБОРНИКИ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ



«Сборник нормативных документов для образовательных учреждений Российской Федерации, реализующих программы общего образования».

Сост. Э. Д. Днепров, А. Г. Аркадьев.

В настоящем издании представлен федеральный компонент государственного стандарта общего образования, разработанный в соответствии с Законом РФ «Об образовании» и Концепцией модернизации российского образования на период до 2010 года, утвержденной распоряжением Правительства РФ № 1756-р от 29 декабря 2001 г., а также федеральный базисный учебный план и примерные учебные планы для образовательных учреждений, реализующих программы общего образования.

«Сборник нормативных документов. Физика».

Сост. Э. Д. Днепров, А. Г. Аркадьев.

Сборник включает документы, адресованные учителям физики: федеральный компонент государственного стандарта общего образования, федеральный базисный учебный план и примерные учебные планы для базового и профильного уровня.

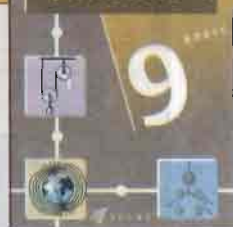
В пособие включены авторские программы, соответствующие федеральному компоненту государственного стандарта общего образования.



Н. С. Пурышева, Н. Е. Важеевская

«ФИЗИКА»

Учебно-методический комплект для 7–9 классов
общеобразовательных учреждений



Учебники по физике для 7, 8 и 9 классов авторов Н. С. Пурышевой и Н. Е. Важеевской составляют новый учебно-методический комплект.

Учебники написаны по авторской программе, отражающей требования к минимальному содержанию физического образования в основной школе. Большое внимание в учебниках уделяется вопросам методологии.

В учебнике 7 класса рассматриваются механические, звуковые и оптические явления, изучение которых не требует знания внутреннего строения вещества.

В учебник 8 класса включены разделы: «Первоначальные сведения о строении вещества», «Механические свойства жидкостей, газов и твердых тел», «Тепловые явления», «Изменение агрегатных состояний вещества», «Тепловые свойства газов, жидкостей и твердых тел», «Электрические явления», «Электрический ток».

В учебник 9 класса (выходит в 2005 г.) включены следующие разделы: «Законы Ньютона», «Механические колебания и волны», «Электромагнитные явления», «Электромагнитные колебания и волны», «Элементы квантовой физики», «Вселенная».

Учебники отличаются четким, лаконичным изложением материала, разнообразием заданий, большим количеством экспериментальных работ.

В комплект входят методическое пособие и рабочая тетрадь к каждому учебнику.

Учебники рекомендованы Министерством образования РФ.

Г. А. Чижов, Н. К. Ханнанов, Т. А. Ханнанова

«ФИЗИКА»

Учебно-методический комплект для классов физико-математического профиля

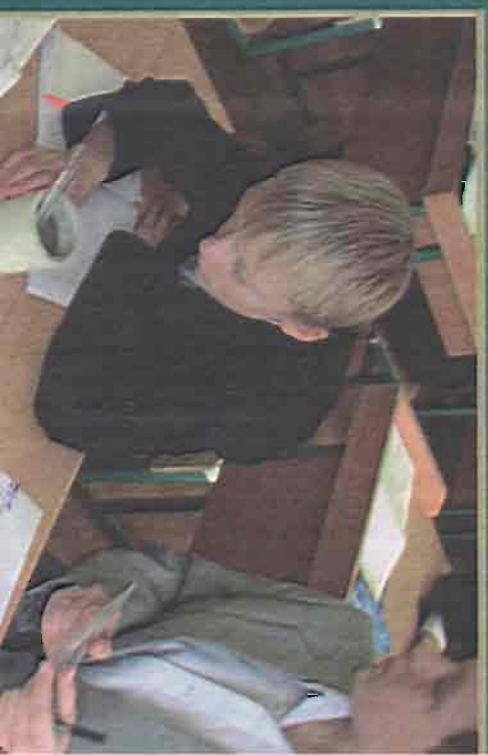
Учебно-методический комплект — победитель конкурса по созданию учебников нового поколения для средней школы, проводимого Национальным фондом подготовки кадров и Министерством образования России, состоит из учебника, задачника, методического пособия для учителя.

Авторы стремились показать, что важную роль в физической науке играет моделирование реальных процессов. Использование при изучении разных тем курса модельно-аксиоматического подхода, с одной стороны, и силового и энергетического — с другой, позволяет показать, что физика — наука цельная. Включение в учебник в качестве примеров результатов исследований современных ученых позволяет показать, что физика — наука «живая». Большое внимание уделяется методам решения задач.

Задачник структурно соответствует учебнику. В отличие от традиционных задачников, в него включены и достаточно простые задачи. Это позволяет использовать его в классах с разной степенью исходной подготовки школьников. Каждый раздел начинается с примера решения типовых задач. Задачи для самостоятельного решения расположены по возрастанию сложности.

Методическое пособие для учителя содержит поурочное планирование, описание необходимых демонстраций, контрольные работы, а также подробное решение наиболее сложных задач из учебника и задачника.







ISBN 5-7107-9023-0



9 785710 790236



дрофа