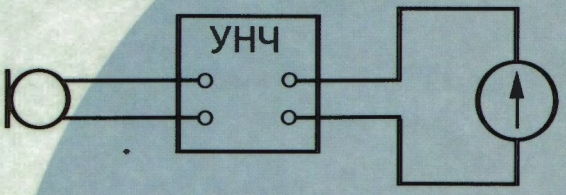
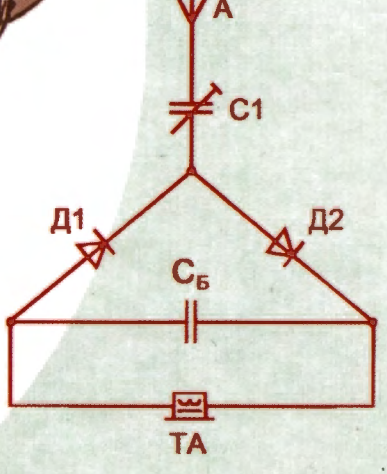


В.Ф. Шилов

ФИЗИКА

Тетрадь для лабораторных работ



9

ПРОСВЕЩЕНИЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО

В.Ф. Шилов

ФИЗИКА

Тетрадь для лабораторных работ

для 9 класса общеобразовательных учреждений

3 - издание

Москва «Просвещение» 2008

УДК 373.167.1:53
ББК 22.3я72
Ш59

Тетрадь содержит лабораторные работы
к учебнику «Физика» для 9 класса
под редакцией **А. А. Пинского** и **В. Г. Разумовского**

Учебное издание

Шилов Валентин Федорович

ФИЗИКА

Тетрадь для лабораторных работ

для 9 класса
общеобразовательных учреждений

Зав. редакцией *В. И. Егудин*
Редактор *О. В. Серышева*
Художник *В. С. Давыдов*
Художественный редактор *Т. В. Глушкова*
Технические редакторы *Г. В. Субочева, С. Н. Терехова*
Корректор *Г. Н. Смирнова*

Налоговая льгота — Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93—953000. Изд. лиц. Серия ИД № 05824 от 12.09.01. Подписано в печать с диапозитивов 16.10.07. Формат $70\times90^{1}/_{16}$. Бумага офсетная. Гарнитура Школьная. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 3,58. Тираж 10 000 экз. Заказ № 25333.

Открытое акционерное общество «Издательство «Просвещение».
127521, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Отпечатано в ОАО «Саратовский полиграфкомбинат».
410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 59. www.sarpk.ru

ISBN 978-5-09-018915-6

© Издательство «Просвещение», 2005
© Художественное оформление.
Издательство «Просвещение», 2005
Все права защищены

Советы учителю и родителям

Современная техника, в том числе и бытовая,— это результат работы инженерной мысли по воплощению знаний по физике в реальную конструкцию. Вокруг каждого из нас находится множество механических, электрических и электронных устройств, а также всевозможных приборов и инструментов, использование которых не только значительно облегчает физический и интеллектуальный труд, но и создает комфортные условия для жизнедеятельности человека. Например, на основании учебного материала по физике 9 класса создано большое количество изделий бытового назначения. Так, законы колебаний маятника и автоколебания заложены в основу работы маятниковых часов; звук и ультразвук — в основу работы музыкальной открытки, плеера, магнитофона, одометра — автоматического измерителя расстояний, ультразвуковой установки для отпугивания мышей; электромагнитные волны и радиосвязь заложены в основу работы СВЧ-печи, пейджера, радиотелефона, сотового и спутникового телефонов; инфракрасные, ультрафиолетовые, рентгеновские лучи, а также видимые — в основу работы пульта дистанционного управления к видеотелевизионной технике, лазерной указки или звукоснимателя, косметического аппарата «Фотон», телевизора. На основе законов геометрической оптики сконструированы очки, бинокль, фотоаппарат, телевизионная камера. Радиоактивное излучение определяется дозиметром.

Этот ряд примеров указывает на то, что необходимо получать знания для понимания принципа работы современной техники, а следовательно, для умелого управления ею. Адаптация физических знаний на широкий спектр современной бытовой техники происходит более естественно и быстро, если преподавание физики осуществляется на базе физического эксперимента, который не заканчивается на уроке, а продолжается и в домашней обстановке под контролем родителей.

Пока в школьной практике не было тетрадей для лабораторных работ, проведение этих работ ограничивалось школьной обстановкой. Тетради дали возможность систематически ставить лабораторные опыты и в домашних условиях. Формирование экспериментальных умений и навыков учащихся с помощью тетрадей осуществляется в три этапа: подготовительный, основной, развивающий, или контрольный.

Подготовительный этап дает возможность учащимся ознакомиться с приборами и экспериментальными установками по рисункам, а также выполнить расчеты или решить какую-либо проблему, если данные, приведенные в задании, являются результатами объективного эксперимента, аналогичного тому, который предусмотрен в лабораторной работе.

Основной этап позволяет учащимся начать выполнение лабораторной работы в школе под руководством и наблюдением учителя. На этом этапе учитель дает следущие профессиональные наставления: указывает на цели и задачи лабораторной работы, учит обращению с конкретными приборами и инструментами, учитывая их характеристики, показывает, как собрать конкретную экспериментальную установку, как по алгоритму провести опыт и снять показания приборов, как обработать результаты измерений и наблюдений и оценить их достоверность.

Работа на этих двух этапах возможна даже при условии, если число лабораторных установок ограничено.

Развивающий (контрольный) этап продолжает формирование умений и навыков самостоятельным выполнением лабораторной работы в домашних условиях.

Цели и задачи этой работы те же, что и на уроке. Отличие лишь в том, что дома дети пользуются бытовыми измерительными приборами и инструментами, которые могут оказаться более точными и совершенными, чем в кабинете физики. Вот почему на этом этапе детям нужна поддержка и помощь со стороны членов семьи.

Помощь родителей нужна и при выполнении лабораторных работ, связанных с конструированием экспериментальных установок, разных моделей и принадлежностей. Эта помощь необходима, если в доме появился новый прибор для углубленного изучения явлений природы или для рационального ведения домашнего хозяйства.

Однако таких работ немного. Большинство же лабораторных работ связано с воссозданием, идентификацией и описанием физических явлений, изучением какого-либо устройства и его принципа действия, а также сферой применения измерительных приборов. Кроме этого, многие лабораторные работы связаны с измерением физических величин для установления закономерностей и условий выполнения физических законов.

Опыт работы автора в школе показал, что правильное и систематическое использование тетради для организации продуктивной деятельности учащихся, а также контроль и оценка этой деятельности позволяют полнее развить способности учащихся в области экспериментальной физики.

Тетрадь позволяет увеличить время учащихся на продуктивную работу (проведение и осмысление опытов, выполнение расчетов, формулирование и запись выводов по результатам эксперимента, трактовка выводов с теоретических позиций учебника) за счет сокращения непроизводительных временных затрат — записи выполняемых процедур, вычерчивания таблиц и т. д.

У детей появляется возможность ознакомиться с самыми современными приборами и инструментами и перевести свои знания и умения из кабинетной сферы применения на природные и технические объекты. В результате изучаемые объекты, а также процессы окружающей действительности станут для каждого ученика вполне понятными и объяснимыми. Тогда физика будет изучаться детьми не только для ответа учителю, но и для применения их знаний в разнообразных ситуациях.

Наибольшая эффективность использования тетради будет достигнута в том случае, если систематически будет осуществляться контроль и оценка за выполнением экспериментальных заданий не только со стороны учителя, но и со стороны родителей. В отдельных случаях при выполнении заданий желательно как присутствие, так и совместное творчество детей и родителей.

Советы учащимся

В тетради каждая лабораторная работа разделена на три этапа: *подготовительный, основной, развивающий (контрольный)*. Технология выполнения заданий на каждом этапе примерно одинаковая.

На *подготовительном этапе* формируются умения по обработке результатов объективного эксперимента, ранее кем-то проведенного. Последовательность снятия показаний с нарисованных приборов, а также последовательность их записи и обработки выбрана такой, что вы сможете ею пользоваться при выполнении лабораторной работы в классе и дома. Так как на этом этапе эксперимент вами пока не проводится, то основной упор сделан на математическую обработку показаний нарисованных приборов и на анализ этих показаний.

На *основном этапе* лабораторная работа выполняется фронтально под руководством учителя, который не только формулирует задание и контролирует его выполнение, но и помогает справиться с многочисленными затруднениями, возникающими при работе с конкретными приборами. Вполне естественно, что учитель обращает внимание на правильное использование приборов и оборудования, а также на сборку и проверку экспериментальной установки. Он же указывает на реальность полученных результатов, оценку абсолютной и относительной погрешностей измерения и формулировку обобщающих выводов. Эти и другие профессиональные замечания и разъяснения учителя на основном этапе лабораторной работы способствуют успешному выполнению контрольного этапа.

На *контрольном этапе* каждый ученик персонально (при поддержке родителей) в домашней обстановке выполняет экспериментальное задание, предложенное в данной тетради. Новизна этого этапа не только в полной самостоятельности школьника, но еще и в том, что экспериментальные умения, полученные на уроке, переносятся на приборы бытового назначения.

Для всех трех этапов характерно то, что показания приборов и анализ полученных результатов с помощью математической обра-

ботки заносятся в рубрики тетради, где имеются заранее подготовленные пропуски, таблицы, координатные оси и т. д.

Информацию по заполнению пропусков после соответствующих рубрик, например таких, как «Цель работы», «Метод измерения», «Приборы и материалы», «Выводы» и т. д., учащиеся находят либо в названии лабораторной работы, либо в тексте учебника, а также в указаниях к данной лабораторной работе (они имеются в тетради) и в пояснениях учителя.

Систематическое и аккуратное выполнение лабораторных работ, предлагаемых тетрадью, позволит вам постепенно преодолеть стену между теоретическими знаниями по физике и умениями использовать эти знания в реальном мире. Вы сможете уверенно ставить сами, а может быть, и придумывать физические опыты, выполнять измерения различных физических величин, представлять результаты этих измерений в виде таблиц и графиков, т. е. в виде, удобном для выявления эмпирической закономерности.

Кроме того, вы научитесь владеть множеством приборов и с их помощью осуществлять профилактический осмотр многочисленной бытовой техники, научитесь проводить мелкий и более серьезный ремонт этой техники.

Постепенно вы создадите свою лабораторию с самыми современными измерительными приборами и начнете проводить исследования по той или иной тематике, связанной с техникой и экологией, а также займетесь ремонтом этой техники на договорных началах.

В итоге вы сможете подготовить самостоятельное экспериментальное исследование и защитить его в виде проекта вместо устного экзамена по физике.

Новое оборудование для фронтальных лабораторных работ

Для постановки фронтальных лабораторных работ используют как традиционное, так и новое лабораторное оборудование. Ниже приводятся краткие описания отдельных лабораторных комплектов, которые появились в последние годы на рынке школьных товаров.

Комплект по механике. Он состоит из прибора (рис. 1) для изучения прямолинейного движения. В комплект входят следующие детали: *1* — направляющая; *2* — каретка; *3* — секундомер с двумя датчиками; *4* — рычаг с осью и балансирами; *5* — два крючка; *6* — дугообразный желоб (трубка); *7* — штатив с муфтой и лапкой; *8* — неподвижный блок; *9* — подвижный блок; *10* — грузы (4 шт.); *11* — стальной шарик; *12* — пленка отметчика; *13* — деревянная подложка; *14* — тесьма; *15* — динамометр; *16* — пластиковый коврик.

Основу прибора для изучения прямолинейного движения составляет направляющая, у которой на боковой стороне, где имеются миллиметровые деления, размещена полоска магнитной резины. Она необходима для удержания датчиков секундомера.

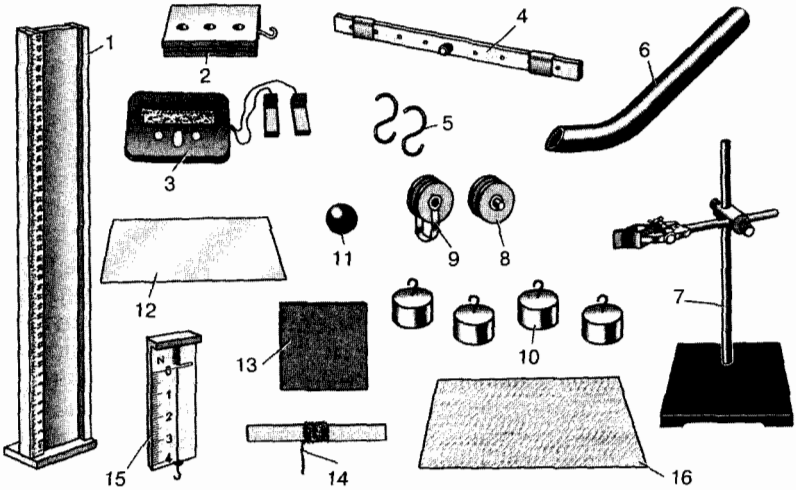


Рис. 1

На поверхности каретки имеются три отверстия для установки грузов, а в выступающей части запрессован постоянный магнит с вертикальной ориентацией магнитного поля. Метка на каретке — это центр магнита.

Секундомер с герконовыми нормально разомкнутыми датчиками служит для автоматического отсчета времени движения каретки. Датчики соединены параллельно и с помощью разъема присоединяются к пусковой кнопке секундомера. Контакты геркона замыкаются под действием магнитного поля постоянного магнита каретки. При прохождении каретки мимо верхнего датчика (рис. 2) секундо-

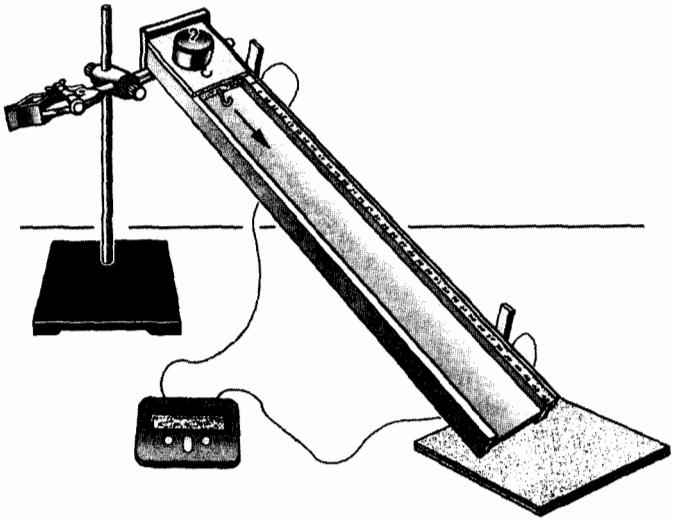


Рис. 2

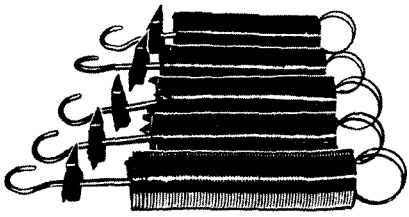


Рис. 3

мер включается автоматически, а при прохождении каретки мимо нижнего датчика секундомер автоматически останавливается. Зная время движения каретки между датчиками и расстояние между последними (оно определяется по шкале линейки), можно вычислить среднюю скорость или ускорение.

Комплект приборов по механике (см. рис. 1), у которого большинство компонентов традиционны, позволяет поставить значительное число лабораторных работ, в том числе и те, которые предлагаются программой, например: измерение силы трения скольжения и сравнение ее с весом тела; определение КПД при подъеме тела по наклонной плоскости; измерение средней и мгновенной скоростей; измерение ускорения при движении тела по наклонной плоскости; определение КПД подвижного и неподвижного блоков; условие равновесия рычага; изучение движения тела, брошенного горизонтально; измерение ускорения свободного падения при помощи маятника и др.

Набор пружин. Основные характеристики пружин (рис. 3) приведены в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Длина намотки витков, мм	Диаметр витка, мм	Жесткость пружины, Н/м
1	75	21	2,5
2	71	19	5,0
3	62	18	10
4	62	15	15
5	40	16	25

Каждая пружина на одном конце имеет кольцо для подвешивания на штативе или на вбитом в стену гвоздике. На другом конце пружины укреплен проволочный крючок, оснащенный стрелочным указателем, перемещающимся вдоль проволоки крючка.

С помощью набора таких пружин ставят ряд фронтальных лабораторных работ, таких, как свободные колебания под действием силы тяжести и упругости, гармонические колебания, измерение периода колебаний пружинного маятника, измерение жесткости пружины, изучение колебаний пружинного маятника и др.

Лабораторный комплект «Оптика». Этот комплект (рис. 4) состоит из собирающих линз, фокусные расстояния которых равны 60 мм и 25 мм, а также из рассеивающей линзы с фокусным расстоянием 25 мм. В комплект входят прозрачный полуцилиндр, плоское зеркало, прозрачная пластинка со скошенными гранями, дифракционная

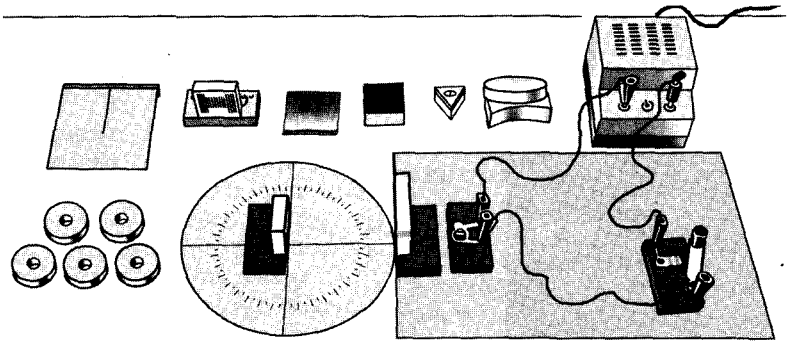


Рис. 4

решетка, два поляроида, прямоугольная кювета с прозрачными стенками, лист и лимб с разметками, магнитные держатели и т. д.

При выполнении лабораторных работ экспериментальные установки собирают на металлическом планшете, где удобно крепить оптические элементы, оснащенные магнитными держателями.

Данный комплект позволяет ставить лабораторные опыты по изучению законов отражения и преломления света, определению показателя преломления вещества, измерению фокусного расстояния и оптической силы линзы, сборке моделей микроскопа и телескопа, наблюдению дифракции и интерференции, поляризации света, а также по измерению длины световой волны и многие другие опыты.

Измеритель индуктивности и емкости. Такой измеритель (рис. 5) позволяет измерять емкость конденсатора и индуктивность катушки прямым методом, причем на разных пределах за счет изменения частоты генератора, вмонтированного внутрь прибора.

Частота вмонтированного генератора и пределы измерения на этой частоте емкостей и индуктивностей приведены в таблице 2.

Таблица 2

Частота ν	Емкость C	Индуктивность L
10 Гц	10—100 мкФ	—
100 Гц	0,1—10 мкФ	10—1000 мГн
1000 Гц	1—100 нФ	100 мкГн — 10 мГн
100 кГц	100—1000 пФ	10—100 мкГн
1000 кГц	0,1—100 пФ	0,1—10 мкГн

На рисунке 5 цифрами обозначены управление и индикация прибора: *1* — сигнал разрядки батареи; *2* — жидкокристаллический дисплей; *3* — светодиодная индикация пределов измерения; *4* — клавиша для измерения емкостей выше 10,0 мкФ; *5* — входные гнезда для штекеров при измерении емкостей конденсаторов (C_x); *6* — входные

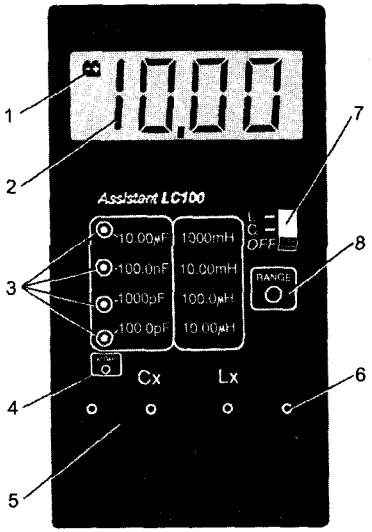


Рис. 5

гнезда для штекеров при измерении индуктивностей катушек (L_x); *7* — выключатель питания и переключатель рода работ (C_x или L_x); *8* — клавиша переключения пределов измерения.

При измерении емкости включают прибор переключателем *7* и устанавливают вид измеряемой величины (C_x). Клавишей *8* выбирают предел измерения, затем подключают штекеры прилагаемых проводов в гнезда «C_x», а другие концы этих проводов с помощью зажимов типа «крокодил» подключают к конденсатору. На дисплее прибора должно появиться значение емкости конденсатора.

При измерении емкости выше 10 мкФ выбирают предел 10 мкФ и нажимают *клавишу 4, удерживая ее до появления* значения измеряемой емкости на дисплее прибора.

Действия по проведению измерения индуктивности аналогичны, только переключатель *7* ставят в положение «L_x», а штекеры подводящих проводов устанавливают в гнезда «L_x».

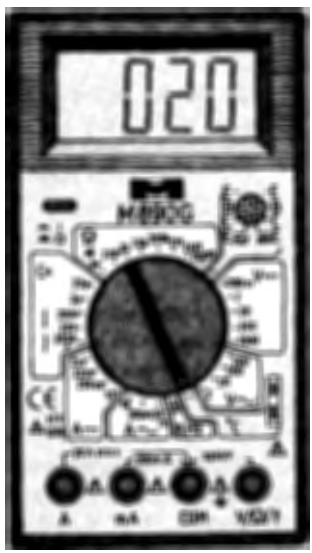


Рис. 6

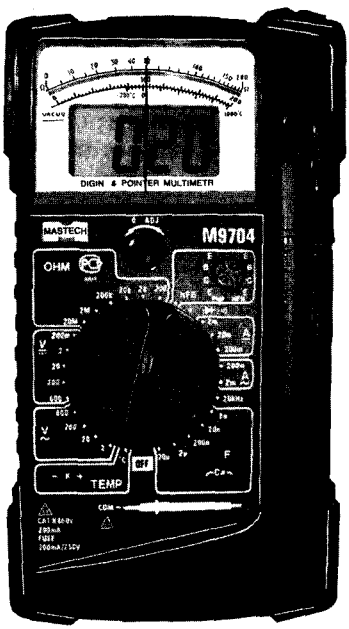


Рис. 7

Следует заметить, что короткое замыкание внутри проверяемого конденсатора отображается на дисплее нулевыми показаниями, а короткое замыкание внутри катушки снижает показания прибора в 20—30 раз.

Данный прибор можно использовать в качестве генератора прямоугольных импульсов со стабилизированными частотами, приведенными в таблице 2.

При отсутствии данного прибора емкость конденсатора можно измерить с помощью мультиметра M890G (рис. 6) или M9704 (рис. 7). Оба эти прибора хороши тем, что они многофункциональны и многопредельны, к тому же последний имеет двойную индикацию — аналоговую и цифровую.

Основные параметры этих приборов приведены в таблице 3.

Таблица 3

№ п/п	Диапазоны измерения физических величин	Модель	
		M890G	M9704
1	Диапазон измерения напряжения постоянного тока	200 мВ — 1000 В	200 мВ — 600 В
2	Диапазон измерения напряжения переменного тока	2—700 В	2—600 В
3	Диапазон измерения постоянного тока	2 мА — 10 А	2—200 мА
4	Диапазон измерения переменного тока	20 мА — 10 А	2—200 мА
5	Диапазон измерения сопротивления	200 Ом — 200 МОм	200 Ом — 20 МОм
6	Диапазон измерения емкости	2 нФ — 20 мкФ	2 нФ — 20 мкФ
7	Диапазон измерения частоты	2 Гц — 20 кГц	2 Гц — 20 кГц
8	Диапазон измерения температуры	−50 ... +1000 °С	−50 ... +1000 °С
9	Диапазон измерения коэффициента усиления транзистора по току	1—1000	1—1000

Продолжение

№ п/п	Диапазоны измерения физических величин	Модель	
		M890G	M9704
10	Допустимое сопротивление, при котором работает режим прозвонки	Менее 30 Ом	Менее 30 Ом
11	Напряжение источника питания	9 В	9 В
12	Дополнительные возможности	Диодный тестер, звуковая прозвонка	Диодный тестер, звуковая прозвонка

Дозиметры. В 1989 г. Национальная комиссия по радиационной защите при Минздраве СССР приняла концепцию системы радиационного контроля, осуществляемого населением (СРКН). Эта концепция дает возможность измерять индивидуальные дозы внешнего γ-излучения и оценивать мощность этой дозы, а также контролировать радиоактивную загрязненность продуктов питания и кормов по внешнему γ-излучению.

Рынок товаров массового спроса предлагает дозиметры различных типов, таких, как «Белла», «Квартекс», «РКСБ-104», «Сосна» и др.

Первые два типа предназначены в основном для измерения мощности дозы γ-излучения. Измерительные возможности дозиметров двух последних типов значительно шире. С их помощью можно измерять мощность полевой эквивалентной дозы γ-излучения, плотность потока β-излучения с какой-либо поверхности, удельную активность радионуклида цезия-137 в веществах.

Рассмотрим описание прибора «РКСБ-104» как наиболее современного устройства. На его лицевой панели (рис. 8, *а*) размещены дисплей на жидкокристаллическом индикаторе и переключатели S_1, S_2, S_3.

Включают переключатель S_1, а переключатели S_2 и S_3 переводят вверх. Прибор начинает регистрировать внешний радиационный фон. Этот процесс длится всего 28 с. Время определяет внутренний таймер. Затем в течение 14 с следует звуковой прерывистый сигнал. Далее осуществляется автоматический сброс показаний и последующий счет ионизирующих частиц.

Для получения результата измерения какой-либо физической величины показания прибора умножают на пересчетный коэффициент, который указан для каждой физической величины и каждого под-

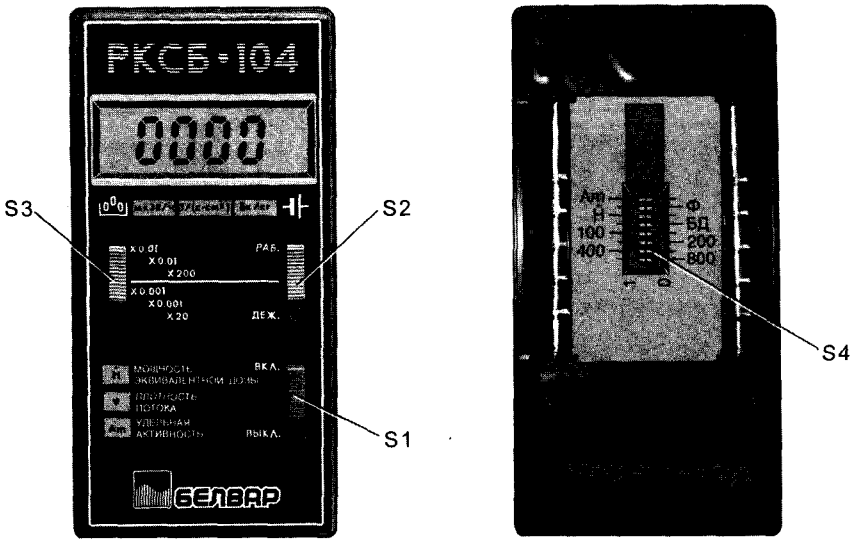


Рис. 8

а) б)

диапазона измерений на лицевой панели прибора (справа от тумблера S_3). Результат получают в единицах, которые обозначены под дисплеем прибора. Измеряемая физическая величина, ее единицы и значение пересчетного коэффициента обозначены на панели прибора, т. е. нанесены маркировочные обозначения: H — мощность эквивалентной дозы; φ — плотность потока; A_m — удельная активность.

Эти обозначения находятся в разноцветных прямоугольниках.

Перед эксплуатацией прибора необходимо определить режим его работы с помощью кодового переключателя S_4, установленного под съемной задней крышкой (рис. 8, *б*).

Рассмотрим подробнее ряд измерений, производимых этим прибором.

Измерение мощности полевой эквивалентной дозы γ-излучения. Сначала снимают заднюю крышку-фильтр, а движки кодового переключателя выводят так, как показано на рисунке 9. Положения переключателей на передней панели показаны на рисунке 10. После включения переключателя S_1 через какой-то промежуток времени, установленный внутренним таймером прибора, на дисплее появляется число — показание прибора в микрорентгенах в час (мкР/ч). Для определения мощности полевой

Рис. 9

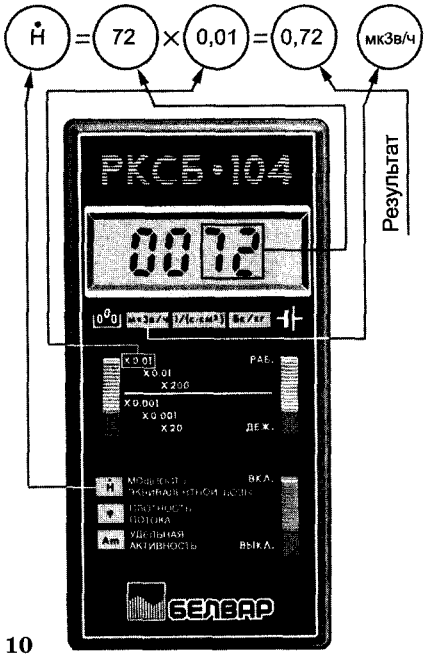


Рис. 10

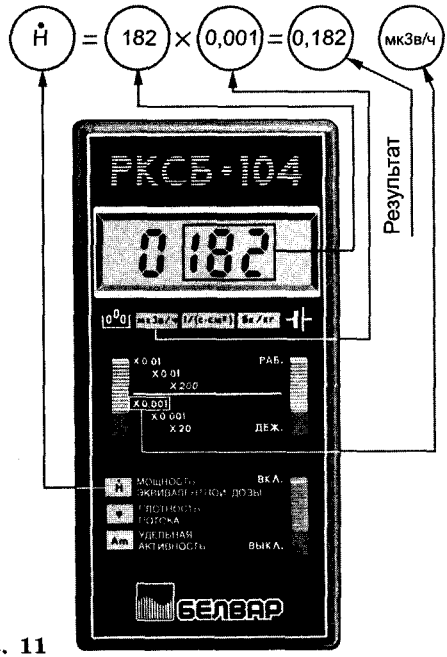


Рис. 11

эквивалентной дозы γ-излучения это число умножают на пересчетный коэффициент, равный 0,01, и получают результат в микрозивертах в час (мкЗв/ч). Эта операция показана на рисунке 10 в верхней части.

Если интенсивность γ-излучения высокая, то переключатель S_3 переводят в нижнее положение. При этом время счета увеличивается до 280 с. Рисунок 11 иллюстрирует это измерение.

Измерение загрязненности поверхностей β-излучающими радионуклидами. При таком измерении движки кодового переключателя S_4 устанавливают, как показано на рисунке 12. Положения переключателей на лицевой панели и результат измерения прибором, находящимся от исследуемой поверхности на расстоянии 100—120 см, показаны на рисунке 13. Результат измерения этим же прибором, находящимся от исследуемой поверхности на расстоянии 1 см при открытой задней крышке (см. рис. 8, *б*), показан на рисунке 14.

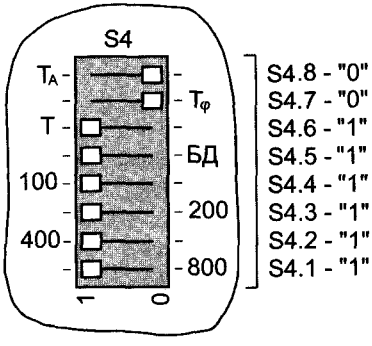


Рис. 12

По приведенным результатам измерений определяют загрязненность поверхности β-излучающими радионуклидами:

$$\varphi = K1\,(\varphi_к - \varphi_ф),$$

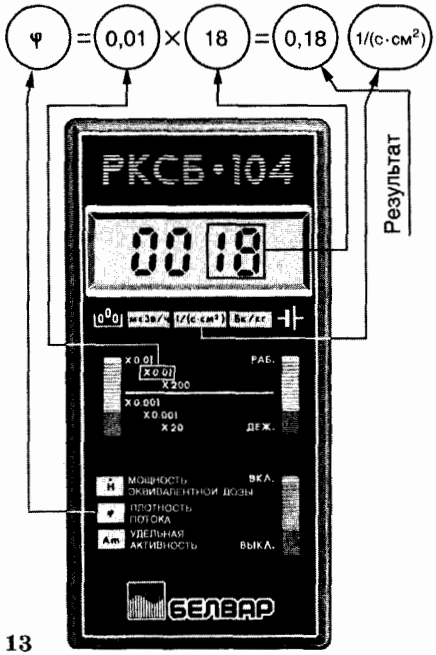


Рис. 13

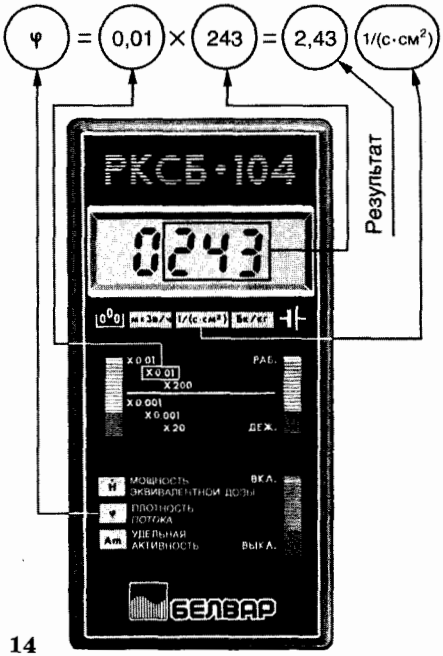


Рис. 14

где φ — плотность потока β-излучения с поверхности, выраженного в частицах за секунду с квадратного сантиметра; *K1* — коэффициент, равный 0,01; $\varphi_к$ — показание прибора со снятой крышкой; $\varphi_ф$ — показание прибора, соответствующее внешнему радиационному фону γ-излучения (задняя крышка закрыта).

Далее определяют плотность потока β-излучения:

$$\varphi = 0{,}01\,(243 - 18) = 2{,}25\,[1/с \cdot см^2] = 2{,}25 \cdot 60 = 135\,[\beta\text{-частиц/мин} \cdot см^2].$$

При большей интенсивности излучения измерение производят при нижнем положении переключателя S_3.

Измерение удельной активности радионуклида цезия-137. На рисунке 15 показаны положения движков кодового переключателя S_4, при которых начинают измерение. На рисунке 16 это положения переключателей на лицевой панели. Кювету (нижняя часть пластикового футляра дозиметра) заполняют наполовину чистой (в радиационном отношении) водой. Дозиметр кладут на бортик поперек кюветы и включают прибор, переводя тумблер в

Рис. 15

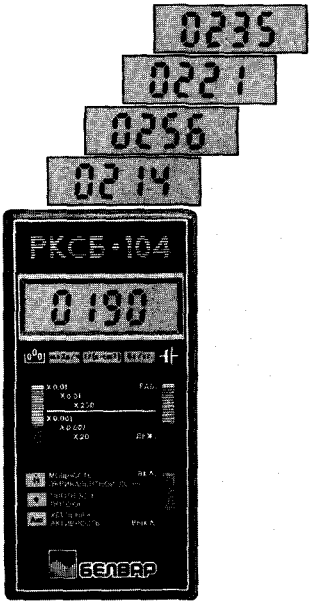


Рис. 16

положение «ВКЛ». После каждого срабатывания таймера и звукового сигнала записывают показания прибора. Они соответствуют естественному радиационному фону. Затем производят расчет среднего арифметического значения фоновых показаний по следующей формуле:

$$A_{ф} = \frac{A_{ф1} + A_{ф2} + A_{ф3} + A_{ф4} + A_{ф5}}{5}.$$

Далее сухую кювету заполняют исследуемым веществом до той же отметки. Вновь устанавливают прибор на кювету (рис. 17), включают его и по сигналу таймера снимают пять показаний. Находят их среднее арифметическое значение:

$$A_{изм} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5}{5}.$$

Далее по формуле

$$A_m = K2(A_{изм} - A_{ф}),$$

где $K2 = 20$, рассчитывают удельную активность A_m радионуклида цезия-137 в веществе, выражают ее в беккерелях на килограмм (Бк/кг).

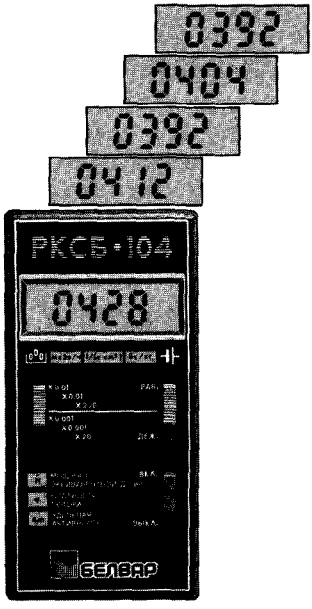


Рис. 17

Современные бытовые приборы для постановки персональных (домашних) опытов

В процессе экспериментального изучения законов механики возникает необходимость измерения расстояний, размеров тел, времени и массы. Рынок товаров предлагает самые современные приборы для измерения этих и других физических величин. Приведем краткое описание некоторых из них.

Штангенциркуль с электронным дисплеем. Этот штангенциркуль (рис. 18) отличается от типового отсутствием нониуса. Вместо него вмонтирован жидкокристаллический дисплей, на котором появляется результат измерения с точностью до 0,01 мм. Это означает, что новый прибор заменяет сразу два традиционных прибора — штангенциркуль и микрометр.

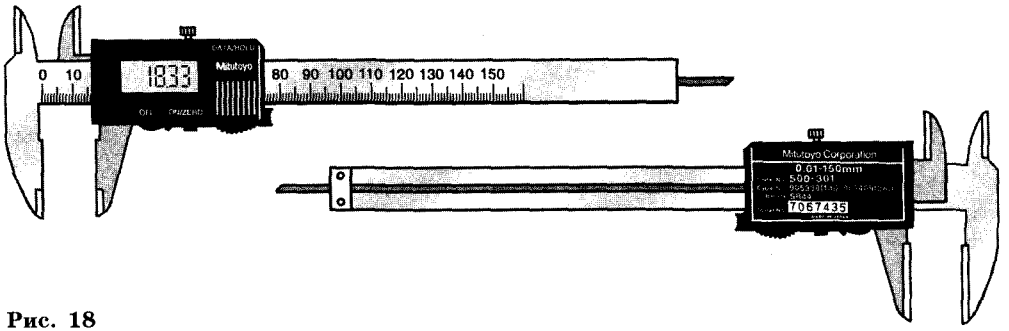


Рис. 18

Одометр. Этот прибор (рис. 19) автоматически измеряет расстояние, площадь и объем. Его характеристика и примеры использования в практике приведены автором в тетради по физике для лабораторных работ (7 класс).

Часы электронные наручные. На рисунке 20 показаны часы, которые могут работать в качестве секундомера и измерять время с точностью до 0,01 с. Их устройство таково, что секундомер можно запускать и останавливать нажатием одной и той же клавиши, что весьма удобно, например, при измерении времени падения тела, которое брошено вертикально, горизонтально или под углом к горизонту. Им же удобно измерять период колебаний пружинного или математического маятника.

Гигротермометр с часами. Прибор предназначен для измерения температуры в помещении и на улице (рис. 21), а также влажности воздуха в помещении. Он может работать в качестве часов.

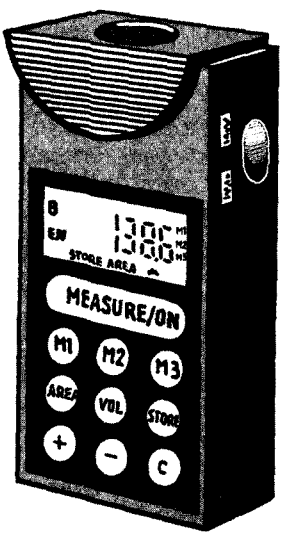


Рис. 19

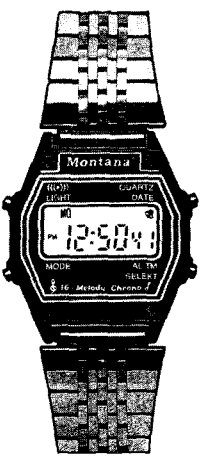


Рис. 20

Рис. 21

Жидкокристаллический дисплей прибора разделен на три секции: верхняя показывает относительную влажность воздуха и время, средняя — температуру внутри помещения, когда прибор находится в тепловом равновесии со средой (воздухом) помещения, нижняя — температуру внешней среды, т. е. той среды, в которую помещен выносной (на проводе длиной до 3 м) датчик.

Такой гигротермометр не имеет отдельного выключателя питания. При помещении двух гальванических элементов в специально предусмотренный отсек с задней стороны прибора на дисплее во всех трех секциях появляются показания: на верхней — относительная влажность, на средней — комнатная температура при условии, если прибор находился до этого в комнате и был удален от окон, прямых солнечных лучей и обогревательных приборов, на нижней — температура воздуха на улице или в другом помещении, куда был выставлен выносной датчик. Например, при размещении прибора на письменном столе, когда на него не падают солнечные лучи или лучи света от настольной лампы, а выносной датчик находится в застекленной лоджии, гигротермометр показывает относительную влажность, равную 55%, комнатную температуру, равную 23,3 °С, а температуру снаружи — 16,4 °С. Точность измерения этого прибора следующая: относительная влажность может отклоняться на 1%, температура — на 0,1 °С. Показания прибора можно снимать и в темноте. Для этого необходимо нажать, а затем отпустить клавишу «LIGHT». Дисплей подсвечивается. Через несколько секунд подсветка автоматически выключается.

С правой от дисплея стороны размещены четыре клавиши. Клавиша CL K/RH — переключатель. При нажатии клавиши MEMORY сбрасывают режим памяти максимальных или минимальных показаний. Первое нажатие клавиши MAX/MIN дает максимальные значения во всех секциях дисплея, второе нажатие этой клавиши дает минимальные значения во всех секциях дисплея, а третье нажатие дает текущие значения в этих секциях. Клавиша AL EPT активизирует или сбрасывает режим предупреждения.

На задней панели прибора размещены две кнопки — ADY и SET. Это режим установки текущего времени.

При переводе верхней секции дисплея с показаний относительной влажности на текущее время нажимают и удерживают клавишу CL K/RH в течение 3 с, а затем отпускают. На верхней секции дисплея появляется показание 0:00 и число секунд при условии, если придерживание клавиши было более 3 с. Далее нажимают и удерживают клавишу SET до тех пор, пока в первом (слева) разряде не появится мерцающая цифра 0. Затем периодическим нажатием клавиши SET устанавливают часы текущего времени и нажимают клавишу ADY. В разряде, где указаны минуты, появляются мигающие 00. Быстрым периодическим нажатием клавиши ADY устанавливают минуты текущего времени. После этого нажимают клавишу SET. Таким образом часы настроены и показывают текущее время с индикацией часов, минут и секунд.

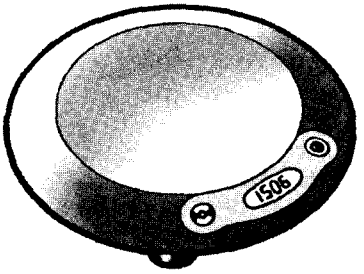


Рис. 22

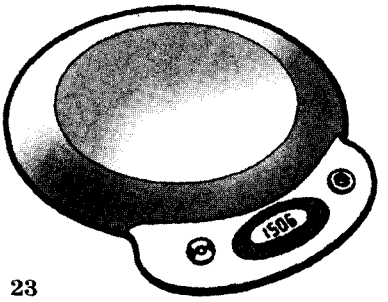


Рис. 23

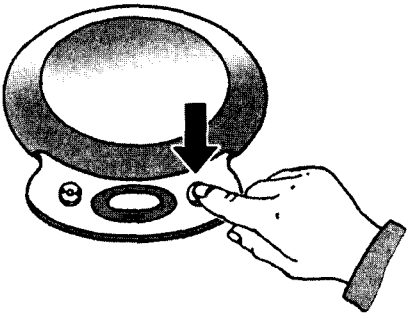


Рис. 24

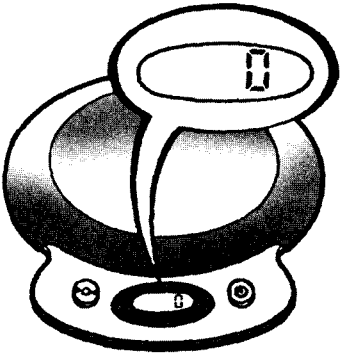


Рис. 25

Возможность сброса показаний часов, установки нуля и нового запуска позволяет использовать часы в качестве секундомера при персональных опытах по механике, а также использовать часы с отсчетом минут при опытах по тепловым явлениям.

Электронные весы. На рисунке 22 показаны электронные весы модели HR2387, а на рисунке 23 — модели HR2388/9. У первой модели предел измерения массы равен 3 кг, цена деления равна 2 г, у второй модели предел измерения массы равен 5 кг, цена деления равна 1 г.

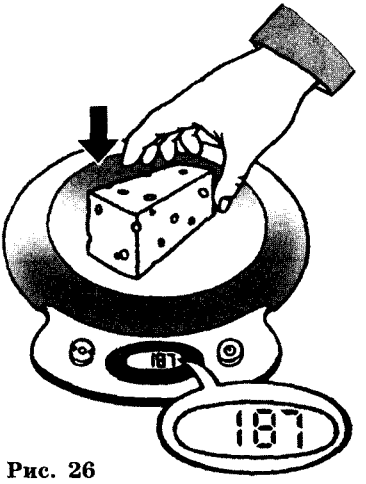


Рис. 26

Весы устанавливают на горизонтальную поверхность. Нажимают клавишу для включения (рис. 24). Через 3 с весы готовы к работе, как показано на рисунке 25. Груз помещают на чашу весов, и результат взвешивания сразу появляется на дисплее (рис. 26).

Такие весы очень удобны для демонстрационных и лабораторных опытов по разным разделам курса физики. В отличие от рычажных весов они не требуют уравновешивания, набора гирь, или разновеса,

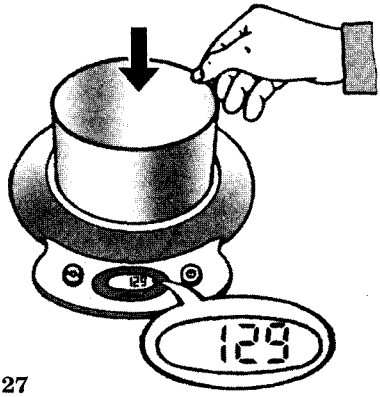


Рис. 27

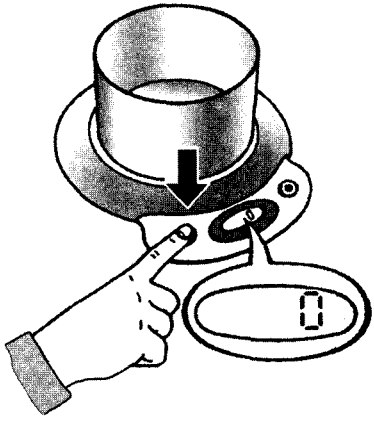


Рис. 28

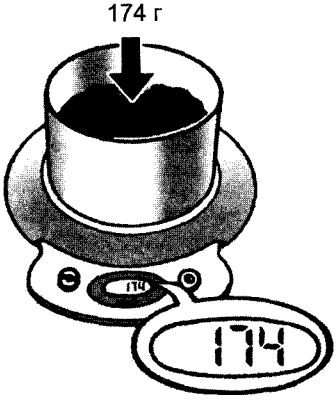


Рис. 29

а также подсчета совокупной массы гирь. Кроме того, они мгновенно выдают результат и обладают функцией исключения массы тары. Например, необходимо определить массу жидкости. Для этого ставят сосуд на весы (рис. 27), и на дисплее появляется значение его массы. Нажимают клавишу сброса (рис. 28), и на дисплее высвечивается нуль. Затем в сосуд наливают жидкость. Дисплей показывает массу жидкости в граммах (рис. 29).

При эксплуатации не допускается попадание на весы воды и других жидкостей, установка весов около микроволновой печи (рис. 30) или мобильного телефона (рис. 31), а также установка на весах посторонних предметов.

Витафон. Этот прибор (рис. 32) предназначен для лечения различных заболеваний. Он представляет собой звуковой

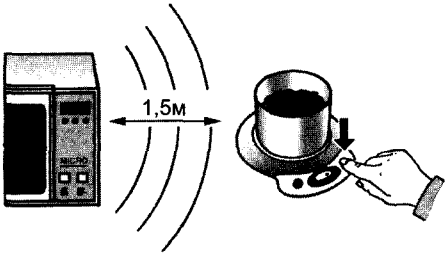


Рис. 30

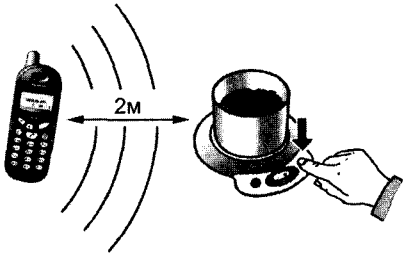


Рис. 31

генератор, у которого автоматически перестраивается частота. Состоит из электронного блока *1* и сетевой вилки *2*. Мембраны *3* принадлежат телефонам *4*, присоединенным к электронному блоку. На его лицевой поверхности размещены переключатели режимов работы *5* и *6*. На панели *7* указаны положения переключателей для каждого режима работы, т. е. переключатель *5* управляет амплитудной микровибрацией, а переключатель *6* включает импульсную модуляцию частоты.

Изменение частоты в заданных пределах (от 30 Гц до ультразвуковой) и переход от одного поддиапазона на другой происходят автоматически по заранее заданной программе.

С данным аппаратом можно провести ряд весьма интересных персональных опытов. Если телефоны отключить и на их место подключить два проводника, соединенные с мультиметром (рис. 33), настроенным на измерение частоты, то можно проследить, как меняется частота колебаний при работе аппарата, который позволяет фиксировать изменение индуктивного и емкостного сопротивлений в зависимости от частоты переменного тока. Собирают электрическую цепь (рис. 34), где к выходу аппарата последовательно присоединяют две катушки с железными сердечниками от лабораторного набора по электромагнетизму, лампочку МН-6,3×0,3 А и громкоговоритель. При низких частотах наблюдают яркое горение лампочки, а при высоких частотах — угасание. Собирают электрическую цепь с конденсатором и той же лампочкой (рис. 35) и наблюдают обратную картину: на высоких частотах лампочка ярко горит, а на низких гаснет. Далее от результа-

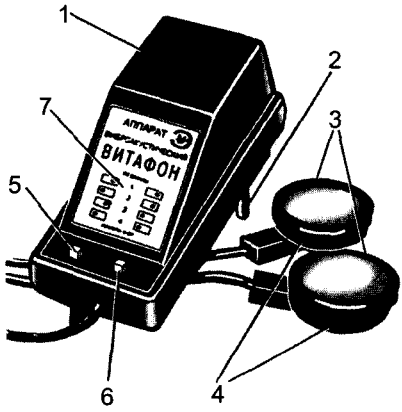


Рис. 32

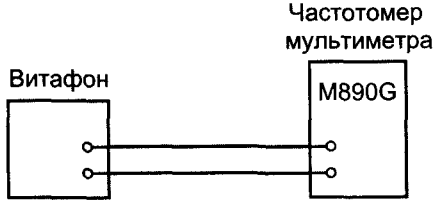


Рис. 33

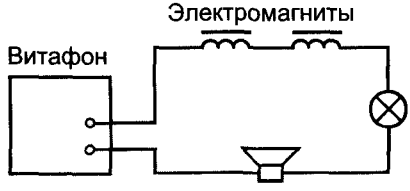


Рис. 34

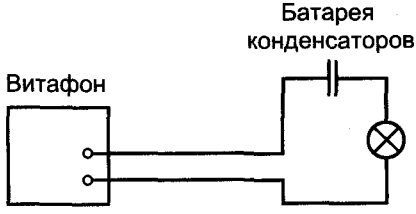


Рис. 35

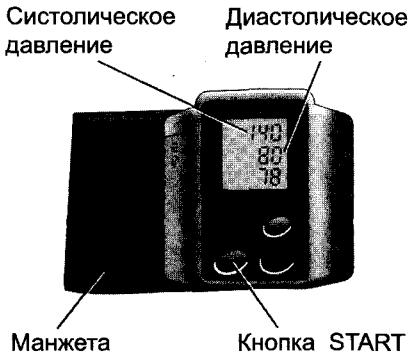


Рис. 36

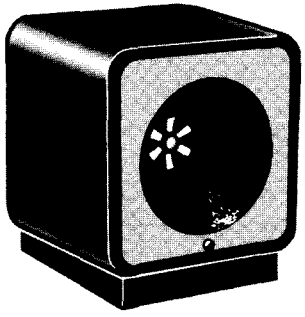


Рис. 37

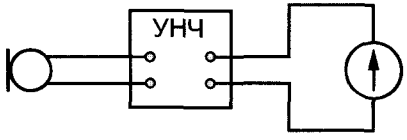


Рис. 38

тов эксперимента переходят к математическому описанию зависимости индуктивного и емкостного сопротивлений от частоты переменного тока. Эти и другие опыты полезны пользователю телефона витафона.

При изучении различных колебательных и волновых процессов важно уметь выделять не только источник колебаний (генератор), но и их приемник. Витафон — это источник звуковых колебаний, а приемник этих колебаний — человеческое ухо или другие части тела.

Тонометр. Сердце человека — это низкочастотный генератор колебаний, а тонометр (рис. 36) — приемник этих колебаний. В тонометре используется осциллометрический метод, при котором микроколебания давления в манжете, возникающие при пульсации артерий, передаются по воздушной трубке и преобразуются специальным датчиком в электрические сигналы. Встроенный в него микрокомпьютер обрабатывает эти сигналы и выдает их в числовой форме на дисплее. Таким образом он измеряет верхнее и нижнее артериальное давление и пульс — частоту сердечных сокращений.

Излучатель ультразвука. Этот прибор (рис. 37) может помочь в борьбе с грызунами и насекомыми. Он является источником ультразвуковых колебаний при проведении персональных опытов. Это также автоматически перестраиваемый генератор, у которого частота излучения находится в диапазоне от 24 до 50 кГц, а интенсивность излучения равна 130 дБ. Приемником ультразвуковых колебаний служит экспериментальная установка (рис. 38), состоящая из пьезоэлектрического микрофона, усилителя и измерительного прибора на выходе.

Рассмотрим еще небольшой ряд приборов, помогающих проводить интересные опыты.

Источниками радиоволн являются стационарные радиостанции и телевизионные станции. Приемниками этих волн являются радиоприемники и телевизоры. В последние годы широкое применение находят сотовые и спутниковые радиотелефоны. Один из таких аппаратов представлен на рисунке 39. Это портативная радиостанция,

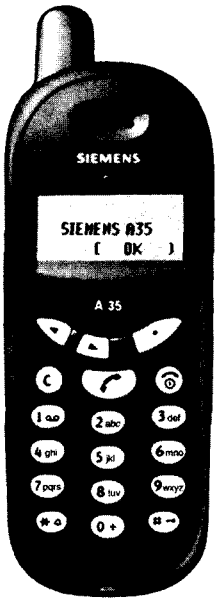


Рис. 39

Рис. 40

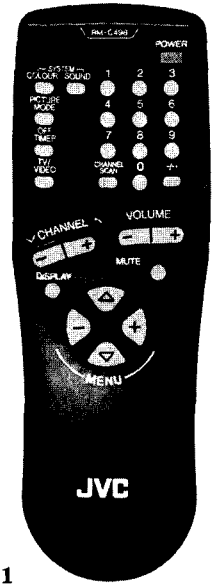


Рис. 41

т. е. прибор, имеющий в своем составе радиопередатчик и радиоприемник. К тому же этому прибору даны дополнительные возможности, такие, как отправка и получение электронной почты с помощью встроенного модема, роль калькулятора и конвертера валют, диктофона, памяти на 100 телефонных номеров и др. Сотовые телефоны работают на частотах 900 МГц и 1800 МГц.

Современные модели видеомагнитофонов и телевизоров оснащены пультами беспроводного дистанционного управления. Передача информации с пульта, показанного на рисунке 40, на видеомагнитофон, а также с пульта (рис. 41) на телевизор осуществляется с помощью инфракрасных лучей. Система дистанционного управления (в самом грубом приближении) состоит из пульта управления, куда входит автономный источник питания, и фотоприемника в видеомагнитофоне, телевизоре с селектором команд, а также модулей счетчиков и формирователей.

При нажатии на одну из соответствующих кнопок в пульте дистанционного управления формируется периодически повторяющаяся серия импульсов, число которых зависит от выбранной команды управления. При этом через светодиоды, установленные на выходе схемы, протекают импульсы электрического тока, которые преобразуются в инфракрасные лучи. Эти лучи воздействуют на фотоприемники (фотодиоды) телевизора, преобразующие сигнал управления в импульсные электрические сигналы. После усиления эти сигналы поступают в селектор команд, обрабатываются цифровым способом и направляются в модуль счетчиков, которые включают и переключают телевизионные каналы.

Рис. 42

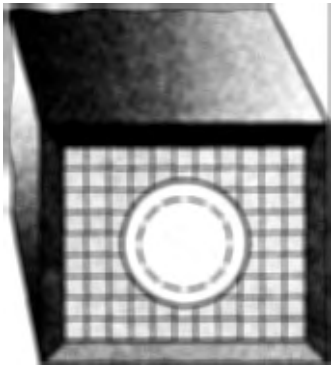


Рис. 43

С помощью различных пультов управления, работающих на инфракрасных лучах, можно убедиться в прямолинейности распространения света, доказать его законы отражения и выявить вещества, прозрачные для инфракрасных лучей.

В качестве источника видимого монохроматического излучения может послужить лазерная указка (рис. 42), а в качестве приемника этого излучения — человеческий глаз.

Благодаря малым габаритам, автономному источнику питания и значительной мощности излучения лазерная указка удобна при экспериментальном изучении законов отражения и преломления света, а также волновых свойств света, таких, как интерференция, дифракция, поляризация. Для определения длины световой волны лазерная указка тоже очень удобна.

Интересен тот факт, что косметический прибор «Фотон» (рис. 43) является источником ультрафиолетовых лучей. Он излучает волны длиной 230—290 нм. Приемником этого излучения служит экран, покрытый люминофором, дающий ярко-зеленое свечение. Идентифицировать ультрафиолетовое излучение можно с помощью некоторых елочных игрушек или красок типа флюоресцентного акрила.

Источником рентгеновских лучей (мягкая компонента) является экран телевизора, а индикатором их обнаружения — люминесцирующий экран. Если вплотную между экраном работающего телевизора и экраном индикатора поместить раскрытую ладонь руки с металлическим кольцом на пальце, то через несколько минут можно обнаружить на люминесцирующем экране четкую тень кисти руки.

Об абсолютной и относительной погрешностях измерения

Выполнение лабораторных работ связано с измерением различных физических величин и последующей обработкой его результатов.

Измерение — это нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. Измерение физических величин всегда проходит с определенной погрешностью, т. е. результат любого измерения оказывается приближенным.

Измерение может быть прямым или косвенным.

Прямое измерение — это определение значения физической величины непосредственно какими-либо средствами. Так, масса измеряется весами, сила — динамометром, скорость — спидометром и т. д.

Косвенное измерение — это определение значения физической величины по формуле, связывающей ее с другими физическими величинами, которые находятся прямыми измерениями. Например, определение плотности твердого тела связано с прямыми измерениями массы и объема этого тела. Затем по формуле $\rho = m/V$ производят вычисления плотности твердого тела.

Так как измерить абсолютно точно физическую величину невозможно, то определяют относительную погрешность измерения этой величины. Для этого приближенное значение физической величины обозначают буквой $A_{пр}$, а абсолютную погрешность этой же величины обозначают ΔA. Тогда относительная погрешность измерения физической величины будет определяться по формуле $\varepsilon = \frac{\Delta A}{A_{пр}} \cdot 100\%$.

Существует еще максимальная абсолютная погрешность (ΔA) прямых измерений, которая складывается из абсолютной инструментальной погрешности ($\Delta_и A$) и абсолютной погрешности отсчета ($\Delta_о A$) при отсутствии других погрешностей. Таким образом, максимальная абсолютная погрешность равна $\Delta A = \Delta_и A + \Delta_о A$.

У каждого прибора имеется еще своя инструментальная погрешность: например, у измерительной ленты она равна $\pm 0{,}5$ см, а у механического секундомера ± 1 с. Эта погрешность определяется конструкцией прибора. Мы не будем учитывать инструментальную погрешность при измерении физических величин, как вы ее не учитываете при выполнении разных измерений на уроках математики, технологии, а также в повседневной жизни. Например, при покупке продуктов вы не интересуетесь инструментальной погрешностью весов, мерной кружки, рулетки, метра и т. д.

Итак, *при измерении физических величин необходимо находить абсолютную погрешность отсчета.* В большинстве случаев она равна половине цены деления прибора. Для примера определим цену деления линейки, которая показана на рисунке 44, где видно, что A и B — числа у соседних оцифрованных делений; N — число мелких делений между ними. Цену деления определяют по формуле $C = \frac{B-A}{N}$. Следовательно, цена деления линейки равна $C = \frac{7\text{ см} - 6\text{ см}}{10\text{ дел}} = 0{,}1\text{ см} = 1\text{ мм}$.

Тогда погрешность измерения $\Delta A = 0{,}5$ мм.

При измерении линейку располагают параллельно измеряемой линии, нулевую отметку совмещают с началом измеряемого отрезка, глаз должен находиться на линии, перпендикулярной шкале прибора и проходящей через другой конец измеряемого отрезка. Как видно, длина отрезка равна:

$$l = A + Cn,$$

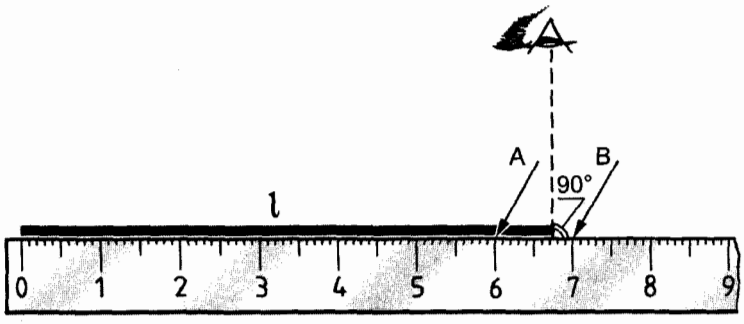


Рис. 44

где n — число делений, лежащих между отметкой A и концом измеряемого отрезка. Таким образом, длина измеряемого отрезка на рисунке 44 с учетом погрешности равна:

$$l = \underset{\substack{\downarrow \\ \text{показание} \\ \text{линейки}}}{67\ \text{мм}} \pm \underset{\substack{\downarrow \\ \text{погрешность} \\ \text{измерения}}}{0{,}5\ \text{мм}}.$$

Относительная погрешность ε характеризует точность измерения. Чем меньше относительная погрешность, тем точность измерения выше. Относительная погрешность равна отношению абсолютной погрешности измерения ΔA к измеряемому значению $A_{изм}$ физической величины. Обычно ее выражают в процентах. Если вернуться к результатам измерений на рисунке 44, то можно подсчитать относительную погрешность при измерении длины линейкой. Она равна $\varepsilon = \frac{0{,}5}{67} \cdot 100\% = 0{,}7\%$.

Относительную погрешность косвенных измерений определяют так, как показано в таблице 4.

Таблица 4

Вид функции	Абсолютная погрешность	Относительная погрешность
$A = B \pm C$	$\Delta(B+C) = \Delta B + \Delta C$	$\varepsilon_A = \frac{\Delta B + \Delta C}{B+C}$
$A = BC$	$\Delta(BC) = B\Delta C + C\Delta B$	$\varepsilon_A = \varepsilon_B + \varepsilon_C$
$A = \frac{B}{C}$	$\Delta\left(\frac{B}{C}\right) = \frac{B\Delta C + C\Delta B}{C^2}$	$\varepsilon_A = \varepsilon_B + \varepsilon_C$

В этой таблице приведены отдельные обобщенные формулы для вычисления относительной погрешности. Зная относительную погрешность, определяют абсолютную погрешность косвенных измере-

ний по следующей формуле: $\Delta A = \varepsilon A$, где A оказывается приближенным числом. Как правило, эта погрешность выражается десятичной дробью.

При измерении физических величин цифровыми измерительными приборами точность измерения составляет плюс, минус процент отсчета и плюс число единиц отсчета. Для каждого цифрового измерительного прибора процент отсчета указан в техническом описании к прибору. Число единиц отсчета указано там же, но оно относится к разрешающей способности прибора.

Например, при измерении напряжения постоянного тока мультиметром M890G точность измерения составляет $\pm 0{,}5\%$ от предела диапазона, равного 200 В; ± 1 — знак разрешающей способности, т. е. 100 мВ. Следовательно, точность отсчета при измерении напряжения на адаптере, у которого предел равен 12 В, составляет $\Delta U = \left(\frac{0{,}5}{100} \cdot 12 + 0{,}1\right) = 0{,}16$, что означает: истинное значение измеряемого напряжения находится в интервале $(12 - 0{,}16 < U < 12 + 0{,}16)$ или $11{,}84\ \text{В} < U < 12{,}16\ \text{В}$.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1. ИЗМЕРЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ПРУЖИНЫ

I. Подготовительный этап

На рисунке 45 показаны стадии растяжения одной и той же пружины под действием силы тяжести. Как видно, к этой пружине поочередно подвешиваются одинаковые грузы. Масса одного груза равна 1 кг. С помощью миллиметровой линейки измерьте удлинение пружины в каждом опыте.

Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 5.

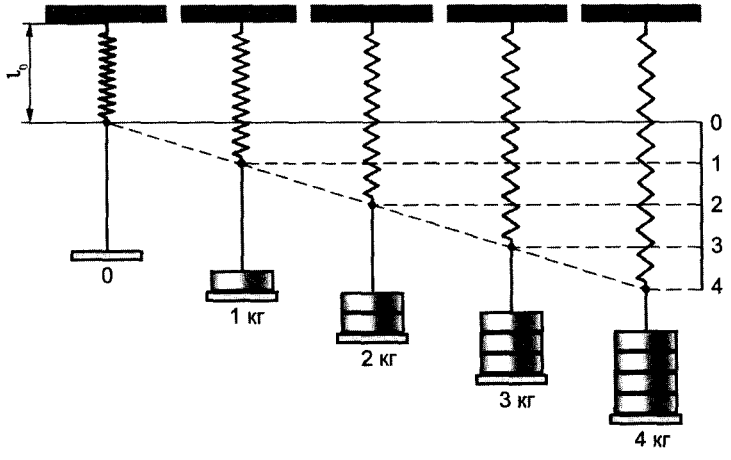


Рис. 45

Таблица 5

Масса груза, кг	0	1	2	3	4
Сила тяжести, Н					
Сила упругости пружины, Н					
Удлинение пружины, м					
Жесткость пружины, Н/м					

По данным таблицы постройте график зависимости силы упругости пружины от ее удлинения.

Вычисления

_____

_____

_____

_____

II. Основной этап

Цель работы. _____

_____

_____

Метод измерения. _____

_____

Приборы и материалы. _____

_____

Указания к работе

1. Возьмите одну из пружин набора (см. рис. 3) или динамометр лабораторный с закрытой шкалой.

2. В лапке штатива закрепите один конец пружины, а лапку поверните так, чтобы пружина была расположена вертикально. Измерьте длину пружины без груза.

3. К свободному концу пружины подвесьте груз массой 100 г и измерьте еще раз длину пружины. Затем определите ее удлинение.

Примечание. На груз массой 100 г действует сила тяжести, равная 0,98 Н, что с погрешностью в 2% равно 1 Н.

4. Последовательно один за другим подвесьте еще три груза одной и той же массы. Каждый раз поочередно измеряйте удлинение пружины и вычисляйте силу тяжести.

5. Найдите жесткость пружины.

6. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 6.

Таблица 6

Номер опыта	Масса груза, кг	Сила		Удлинение пружины, м	Жесткость пружины, Н/м
		тяжести, Н	упругости, Н		
1					
2					
3					
4					

7. По данным таблицы постройте график зависимости силы упругости пружины от ее удлинения.

8. По графику определите среднее значение жесткости пружины. _____

_____

_____

9. Для одного любого измерения определите относительную погрешность по следующей формуле:

$$\frac{\Delta k}{k} = \frac{\Delta F_{упр}}{F_{упр}} + \frac{\Delta x}{x}.$$

Вычисления

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

III. Контрольный этап

Цель работы. _____

_____

_____

Метод измерения. _____

_____

Приборы и материалы. _____

_____

Указания к работе

1. Возьмите бытовые пружинные весы или резиновую нить.
2. Зацепите верхний крючок пружинных весов (или резиновую нить) за какую-нибудь вешалку или гвоздь, вбитый в стену. Можно использовать поперечины стола и стула, а также дверную ручку. Начинайте медленно растягивать пружину рукой. Когда указатель окажется против оцифрованного деления шкалы, измерьте удлинение пружины (или резиновой нити). Такой опыт проделайте несколько раз.
3. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 7.

Таблица 7

Масса, кг	0	1	2	3	4	5
Сила, Н						
Удлинение пружины, м						

Примечание. При проведении опытов с резиновой нитью вместо тарированных грузов можно воспользоваться какой-либо градуированной посудой, например бутылочкой из-под молока, мерной кружкой, шприцем и др. Во время опыта в сосуд надо доливать определенное (заранее известное) количество воды.

4. По данным таблицы постройте график зависимости силы упругости пружины (резиновой нити) от ее удлинения.

5. По графику определите среднее значение жесткости пружины (резиновой нити).

6. По результатам измерений одного из опытов определите относительную погрешность измерения жесткости пружины (резиновой нити).

Вычисления

_____

_____

_____

_____

Оценка учителя. _____

_____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2.
ИЗМЕРЕНИЕ ПЕРИОДА КОЛЕБАНИЙ ПРУЖИННОГО МАЯТНИКА

I. Подготовительный этап

С помощью экспериментальной установки (рис. 46) был получен график зависимости координаты колеблющегося тела от времени (рис. 47).

В этой установке масса тележки с капельницей равна 1 кг, а жесткость пружины — 10 Н/м.

По графику и формуле периода колебаний пружинного маятника определите амплитуду колебаний, их период и частоту.

Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 8.

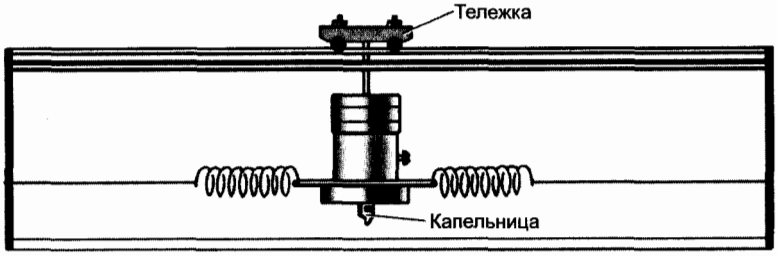


Рис. 46

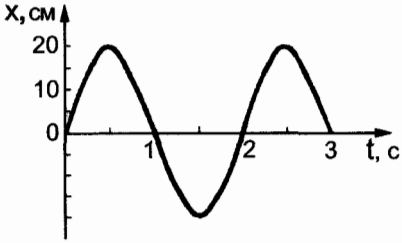


Рис. 47

Таблица 8

Жесткость пружины, Н/м	Масса маятника, кг	Период колебаний, с	Частота колебаний, Гц	Амплитуда колебаний, м

Вычисления

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

II. Основной этап

Цель работы. _____

_____

_____

Метод измерения. _____

_____

Приборы и материалы. _____

_____

Указания к работе

1. Один конец пружины (резиновой нити) закрепите в лапке штатива, а к другому концу подвесьте груз известной массы. По удлинению пружины и массе груза определите жесткость пружины.

Примечание. Можно использовать пружину от лабораторного динамометра. Петельку этого динамометра закрепите в лапке штатива, а стержень с крючком выведите из прорези. На крючок подвесьте калориметрическое железное или латунное тело и поверните лапку штатива так, чтобы указатель с пружиной не касался шкалы прибора.

2. Груз выведите из положения равновесия, оттягивая его вниз, а затем отпустите. Подсчитайте число полных колебаний груза и время каждого колебания.

3. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 9.

Таблица 9

Жесткость пружины, Н/м	Масса маятника, кг	Период колебаний, с

Примечание. Жесткость пружины вы определили в лабораторной работе 1.

4. Поставьте два опыта с маятниками разной массы.

5. По измеренным параметрам маятника и формуле периода колебания произведите расчет этого периода и сравните его с измеренным периодом колебаний.

Вычисления

_____

_____

_____

III. Контрольный этап

Цель работы. _____

_____

_____

Метод измерения. _____

_____

Приборы и материалы. _____

_____

Примечание. Формула периода колебаний пружинного маятника

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

позволяет определить жесткость *резиновой нити*:

$$k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$$

или массу колеблющегося тела:

$$m = \frac{kT^2}{4\pi^2}.$$

Определение жесткости резиновой нити

Указания к работе

1. Возьмите резиновую нить длиной 50—60 см и завяжите петельки на ее концах. Одну петельку наденьте на гвоздик, вбитый посередине верхнего косяка дверного проема. К другой петельке прицепите завязанный полиэтиленовый пакетик с отмеренным количеством воды (например, 100 г). Именно так вы получите пружинный маятник с известной массой.

2. Измерьте линейкой длину свободно висящей резиновой нити, а затем длину этой же нити с грузом массой 100 г (массу пакетика не учитывайте).

3. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 10.

Таблица 10

Сила упругости, Н	Удлинение резиновой нити, м	Жесткость, Н/м

Определение массы тела

Указания к работе

1. Вместо пакетика с водой к свободному концу нити прицепите картофелину средних размеров. Можно взять любой другой плод из овощей или фруктов, массу которого вы желаете узнать.

2. Приведите картофелину (маятник) в колебательное движение и подсчитайте число полных колебаний (не менее 5—7). С помощью часов с секундной индикацией измерьте время этих колебаний.

3. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 11.

Таблица 11

Число колебаний n	Время колебаний t, с	Период колебаний T, с	Жесткость пружины k, Н/м	Масса тела (плода) m, кг

Примечание. Жесткость возьмите из таблицы 10.

4. Измерьте массу картофелины с помощью весов и сравните полученный результат с расчетным.

5. Определите (в процентах) отклонение значения массы картофелины, измеряемого с помощью пружинного маятника, от значения массы, полученного с помощью весов.

Вычисления

_____

_____

_____

Оценка учителя. _____

_____

_____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3. ИЗМЕРЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА

I. Подготовительный этап

Маятник Фуко, много лет висевший в Исаакиевском соборе Санкт-Петербурга, был установлен для обнаружения вращения Земли. Маятник выводили из положения равновесия, и он колебался в плоскости, проходящей через начальную точку, в которую был отведен груз, и положение равновесия. Опыт показывал, что со временем плоскость круга, разделенная на градусы и размещенная на поверхности пола (Земли), постепенно поворачивалась относительно плоскости колебания маятника. Это объяснялось вращением Земли вокруг своей оси.

Длина маятника Фуко была равна 100 м. За один час он совершал 180 полных колебаний. Определите ускорение свободного падения на широте Санкт-Петербурга.

Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 12.

Таблица 12

Длина маятника, м	Время колебаний, с	Число колебаний	Период колебаний, с	Ускорение свободного падения, м/с^2

Вычисления

_____

_____

_____

_____

II. Основной этап

Цель работы. _____

_____

_____

Метод измерения. _____

_____

Приборы и материалы. _____

_____

Указания к работе

1. Установите на краю стола штатив и закрепите на верхней части стержня кольцо таким образом, чтобы нить, пропущенная через маленькое отверстие и закрепленная заостренной спичкой, не задевала стола.

2. На свободный конец нити, длина которой равна 1 м (не менее), за петельку прицепите груз массой 100 г или калориметрическое тело. Вы получите математический маятник, длину которого измерьте линейкой или измерительной лентой от точки подвеса до центра тяжести груза.

3. Отведите маятник на 5—8 см от положения равновесия и отпустите его. По часам с секундной индикацией заметьте время 20—25 полных колебаний.

4. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 13.

Таблица 13

Длина маятника, м	Время колебаний, с	Число колебаний	Период колебаний, с	Ускорение свободного падения, м/с^2

5. По формуле

$$\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta t}{t}$$

рассчитайте относительную погрешность измерения ускорения свободного падения.

Вычисления

_____

_____

_____

III. Контрольный этап

Цель работы. _____

_____

_____

Метод измерения. _____

_____

Приборы и материалы. _____

_____

Указания к работе

1. Изготовьте математический маятник, используя нить длиной до 180 см с грузом. Это может быть луковица, картофелина или яблоко. Нить можно закрепить в дверном проеме.

2. Отклоните вначале груз на 5 см от положения равновесия, а затем на 10 см и измерьте время 20 полных колебаний. Запишите вывод о зависимости периода колебаний маятника от амплитуды.

Вывод. _____

3. Определите период колебаний и частоту колебаний маятника. Затем укоротите маятник в 2 раза и снова определите период колебаний и частоту колебаний.

4. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 14.

Таблица 14

Длина маятника, м	Время колебаний, с	Число колебаний	Период колебаний, с	Частота колебаний, Гц

5. Сформулируйте зависимость периода колебаний маятника от длины. _____

Вычисления

_____

_____

_____

_____

Оценка учителя. _____

_____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4. ИЗМЕРЕНИЕ УСКОРЕНИЯ ТЕЛА ПРИ РАВНОУСКОРЕННОМ ДВИЖЕНИИ

I. Подготовительный этап

На рисунке 48 показана подвижная тележка, скатывающаяся вниз. На ней установлена капельница. Капли падают равномерно через 0,5 с и оставляют на плоскости следы. Если на плоскость положить полоску бумаги и после проведения опыта ее снять, то получают картину, показанную на рисунке 49. Используя масштаб, приведенный на этом рисунке, определите расстояние между каплями и вычислите ускорение тележки.

Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 15.

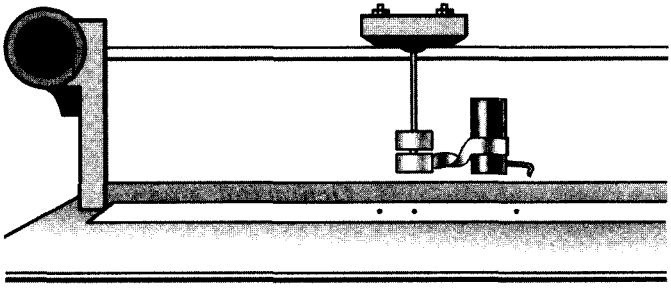


Рис. 48

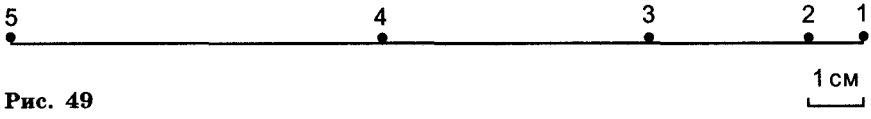


Рис. 49

Таблица 15

Расстояние между каплями, м	Время движения тележки, с	Ускорение тележки, м/с^2
1—2		
1—3		
1—4		
1—5		

Вычисления

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

II. Основной этап

Цель работы. _____

_____

_____

Метод измерения. _____

_____

Приборы и материалы.

Указания к работе

1. Соберите экспериментальную установку, показанную на рисунке 50. На нижний конец желоба положите металлический цилиндр.

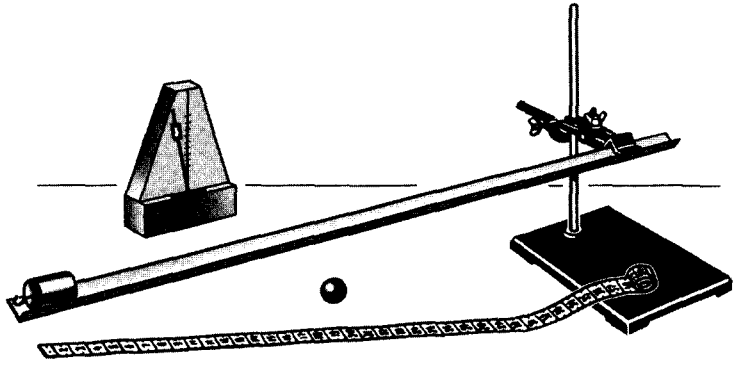


Рис. 50

2. С верхнего конца желоба пустите шарик одновременно с ударом метронома. Подсчитайте число ударов метронома до столкновения шарика с цилиндром. Опыт надежнее проводить при 120 ударах метронома в минуту.

3. Изменяя угол наклона желоба к горизонту и производя небольшие передвижения металлического цилиндра, добейтесь того, чтобы между моментом пуска шарика и моментом столкновения его с цилиндром было четыре удара метронома. Время движения шарика зафиксируйте.

4. Сантиметровой лентой измерьте перемещение шарика. Не изменяя наклона желоба (условия опыта должны оставаться неизменными), повторите опыт три—пять раз, добиваясь снова совпадения четвертого удара метронома о металлический цилиндр. Цилиндр можно немного передвигать.

5. По формуле

$$s_{ср} = \frac{s_1 + s_2 + s_3 + s_4}{4}$$

найдите среднее значение перемещения, а затем по формуле

$$a = \frac{2s_{ср}}{t^2}$$

рассчитайте среднее значение ускорения.

6. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 16.

Таблица 16

Номер опыта	Перемещение, м	Перемещение среднее, м	Время движения шарика, с	Ускорение среднее, м/с^2

Вычисления

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

III. Контрольный этап

Цель работы. _____

_____

_____

Метод измерения. _____

_____

Приборы и материалы. _____

_____

Указания к работе

1. Выберите место для проведения опыта по определению ускорения свободного падения. Им может быть высокий мост, глубокий овраг или балкон многоэтажного дома.

2. Возьмите круглый камень небольшого размера и под счет «один, два, пуск» отпустите его из рук, предоставляя ему возможность свободно падать. Если вы стоите у оврага, то камень бросьте горизонтально. Секундомером измерьте время падения камня, а затем по известной вам формуле найдите ускорение свободного падения.

Примечание. В качестве секундомера предпочтительнее использовать многофункциональные электронные часы, которые имеют функцию работы секундомера с точностью до 0,01 с.

3. Повторите опыт несколько раз с разными телами и убедитесь в том, что ускорение свободного падения не зависит от массы падающего тела.

4. Результаты измерения и вычислений запишите в таблицу 17.

Таблица 17

Номер опыта	Высота падения, м	Время падения, с	Ускорение свободного падения, м/с^2

Примечание. Высоту, с которой падает камень, можно довольно точно измерить с помощью одометра (см. рис. 19) или приблизительно с помощью альтиметра, а также с помощью барометра-анероида. Известно, что при изменении высоты на 12 м атмосферное давление изменяется на 1 мм рт. ст. Для уменьшения погрешности при измерении высоты отсчет давления по барометру лучше производить в миллибарах или гектопаскалях. Например, изменению давления на один миллибар будет соответствовать изменение высоты на 9 м.

Вычисления

Оценка учителя. _____

_____

_____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5. ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА ПО ОКРУЖНОСТИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛЫ УПРУГОСТИ И СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

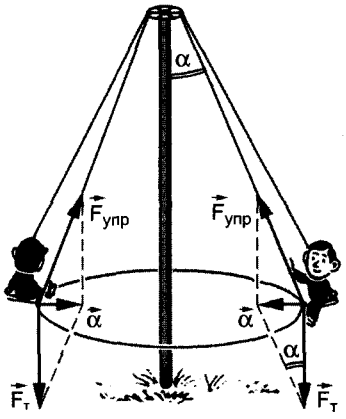


Рис. 51

I. Подготовительный этап

На рисунке 51 схематически показаны качели, известные под названием «гигантские шаги». Найдите центростремительную силу, радиус, ускорение и скорость обращения человека на качелях вокруг столба. Длина веревки равна 5 м, масса человека равна 70 кг. Столб и веревка при обращении образуют угол 30°. Определите период, если частота обращения качелей равна 15 мин$^{-1}$.

Примечание. На тело, обращающееся по окружности, действуют сила тяжести $\vec{F}_т$ и сила упругости нити $\vec{F}_{упр}$. Их равнодействующая сила равна:

$$\vec{F} = \vec{F}_т + \vec{F}_{упр}.$$

Сила $\vec{F}$ сообщает телу центростремительное ускорение:

$$a = \frac{4\pi^2 R}{T^2},$$

где R — радиус окружности, по которой движется груз; T — период.

Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 18.

Таблица 18

Время обращения, с	Число оборотов	Период обращения, с	Радиус обращения, м	Масса тела, кг	Центростремительная сила, Н	Скорость обращения, м/с	Центростремительное ускорение, м/с^2

Вычисления

_____

_____

_____

II. Основной этап

Цель работы. _____

_____

_____

Метод измерения. _____

_____

Приборы и материалы. _____

_____

Указания к работе

1. К грузу массой 100 г привяжите нить длиной 45—50 см, а свободный конец нити закрепите в отверстии кольца штатива.

2. Под висящим грузом положите лист бумаги с начерченной на нем окружностью радиусом 15—20 см. Центр окружности расположите на отвесной линии, проходящей через точку подвеса маятника (рис. 52).

3. У точки подвеса возьмите двумя пальцами нить и приведите маятник во вращательное движение. Старайтесь вращать с такой скоростью, чтобы радиус вращения маятника был равен радиусу окружности, изображенной на листе бумаги.

4. Приведите маятник во вращательное движение, подсчитайте число оборотов (не менее 40) и с помощью часов с секундной индикацией зафиксируйте время этих оборотов.

5. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 19.

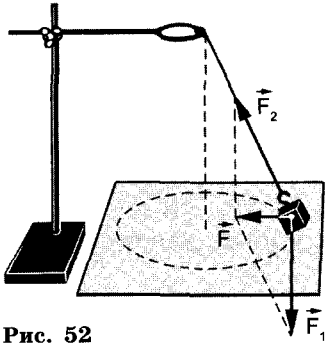


Рис. 52

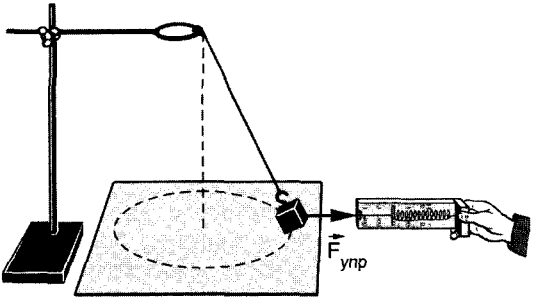


Рис. 53

Таблица 19

Время вращения, с	Число оборотов	Период вращения, с	Радиус вращения, м	Масса тела, кг	Центростремительная сила, Н	Скорость вращения, м/с	Центростремительное ускорение, м/с^2

6. Сравните значение вычисленной центростремительной силы со значением этой силы, измеренной динамометром (рис. 53).

Вычисления

_____

_____

_____

III. Контрольный этап

Цель работы. _____

_____

_____

Метод измерения. _____

_____

Приборы и материалы. _____

_____

Примечание. При отсутствии тела известной массы и динамометра цель работы в домашних условиях может быть изменена. Она может быть сформулирована следующим образом: измерение линейной скорости и центростремительного ускорения при равномерном движении по окружности.

Указание к работе

1. Возьмите иголку с двойной ниткой длиной 20—25 см. Острие иголки воткните в ластик, маленькую луковицу или пластилиновый шарик. Вы получите маятник.

2. Поднимите этот маятник за свободный конец нити над листом бумаги (рис. 54), лежащим на столе, и приведите его в равномерное

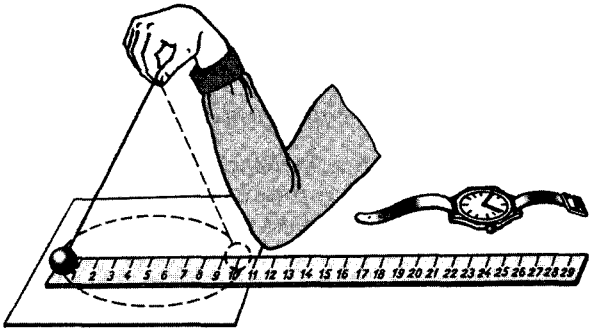


Рис. 54

движение по окружности, изображенной на листе бумаги. Измерьте радиус окружности, по которой движется маятник.

3. Добейтесь устойчивого вращения шарика по заданной окружности. По часам с секундной индикацией зафиксируйте время, полные обороты маятника (30 или более). По известным вам формулам рассчитайте модули линейной скорости и центростремительного ускорения.

4. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 20.

Таблица 20

Время вращения, с	Число оборотов	Период вращения, м	Линейная скорость, м/с	Центростремительное ускорение, м/с^2

Вычисления

Оценка учителя.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6.
ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ И ПРЕВРАЩЕНИЯ ЭНЕРГИИ

I. Подготовительный этап

На рисунке 55 показана установка, где на левом штативе горизонтально укреплен лабораторный динамометр, а на правом штативе находится шарик массой 100 г. Шарик нитью прикреплен к динамометру. Высота H положения шарика равна 40 см, жесткость пружины динамометра равна 40 Н/м. Как видно на рисунке, пружина динамометра растянута и указатель показывает силу, равную 3 Н. При таких данных шарик опускают, и он падает с правого штатива. Место его падения фиксируют. Затем сравнивают измеренное расстояние s с рассчитанным по закону сохранения энергии.

Такой эксперимент проделайте и вы вместе с учителем.

Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 21.

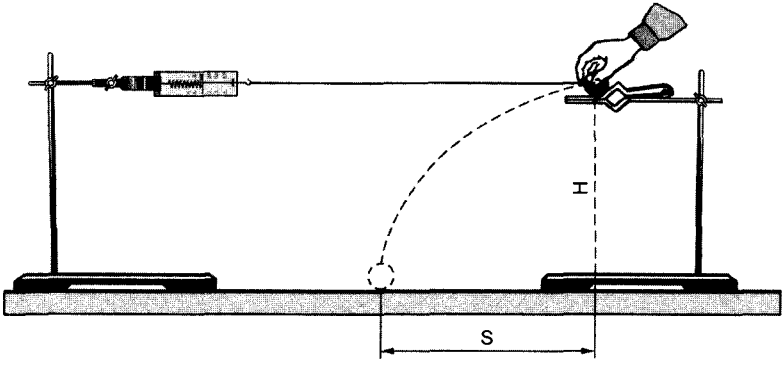


Рис. 55

Таблица 21

Показания динамометра F, Н	Жесткость пружины k, Н/м	Масса шарика m, кг	Высота Н, м	Потенциальная энергия пружины $E_п$, Дж	Кинетическая энергия шарика $E_к$, Дж	Скорость шарика, м/с	Дальность падения	
							расчетная s_1, м	измеренная $s_и$, м

Примечание. Сначала рассчитывают потенциальную энергию растянутой пружины динамометра. Она равна кинетической энергии падающего шарика. Затем вычисляют горизонтальную скорость шарика и время его падения. Определяют дальность падения s_1. Это расстояние измеряют и при проведении опыта. Сравнивают расчетную дальность падения шарика с опытной и выявляют причины их несовпадения.

Вычисления

_____

_____

_____

_____

_____

II. Основной этап

Цель работы. _____

_____

Метод измерения. _____

_____

Приборы и материалы. _____

_____

Указания к работе

1. Поместите на линейку трибометра брусок и динамометр, связанные нитью (рис. 56).
2. Взвешиванием определите массу бруска.
3. Конец динамометра совместите с концом линейки и прижмите их рукой к столу. Затем оттяните брусок так, чтобы динамометр показывал силу F, равную 1 Н, и линейкой измерьте растяжение пружины. Отметьте положение бруска и отпустите его. Измерьте расстояние s, пройденное бруском.
4. Опыт повторите, изменив массу бруска. Для этого на него поместите какой-нибудь груз массой 100 г. Затем этот опыт повторите еще раз, изменив растяжение пружины, для чего увеличьте показания динамометра до 2 Н.
5. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 22.

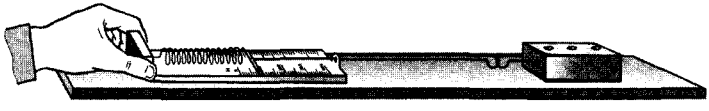


Рис. 56

Таблица 22

Сила F, Н	Масса бруска m, кг	Растяжение пружины x, м	Перемещение бруска s, м	Коэффициент трения μ	Среднее значение коэффициента трения $\mu_{ср}$

6. По результатам измерений определите коэффициент трения скольжения бруска о линейку в каждом опыте и его среднее значение.

7. Определите абсолютную и относительную погрешности измерения.

Вычисления

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

III. Контрольный этап

Цель работы. Конструирование прибора для иллюстрации закона сохранения и превращения энергии.

Метод измерения. Измеряют прямое и обратное расстояния, пройденные банкой-бумерангом.

Приборы и материалы. Банка из-под кофе, плоская резина, груз, масса которого примерно равна массе банки, нитки или проволока.

Указания к работе

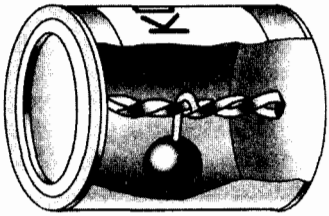


Рис. 57

1. Сконструируйте прибор, внешний вид которого показан на рисунке 57.

2. На боковых сторонах банки шилом проделайте два отверстия на расстоянии приблизительно 10 мм от геометрического центра.

3. Через эти отверстия пропустите плоскую резину, натяните ее и концы свяжите. Крышка банки должна быть открыта.

4. С помощью нити или тонкой проволоки по центру резиновой петли привяжите груз так, чтобы он не касался стенок банки, и закройте крышку банки.

5. Пустите банку-бумеранг по гладкому полу (столу). Вы увидите, что банка сначала катится вперед, а затем возвращается обратно. Объясните это явление законом сохранения и превращения механической энергии.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

6. Покажите банку-бумеранг родителям, знакомым и попросите их объяснить такое движение.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7. ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ СТЕКЛА

I. Подготовительный этап

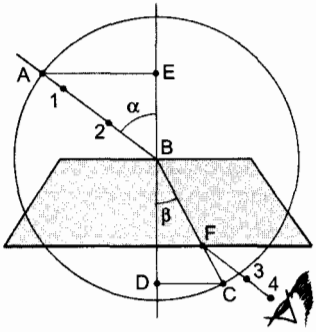


Рис. 58

В одном из опытов по определению показателя преломления стеклянной пластинки последнюю расположили на листе белой бумаги (рис. 58). Затем воткнули булавки *1* и *2*, как показано на рисунке. Далее стали рассматривать их сквозь пластинку в направлении булавок *3* и *4*, воткнутых с противоположной стороны пластинки. Булавки *3* и *4* должны располагаться на одной прямой с мнимыми изображениями булавок *1* и *2*. После того как очертили контуры пластинки,

провели падающий луч AB, преломленный луч BF, выходящий луч F, *3,4* и перпендикуляр к пластинке в точке B. Затем начертили окружность с центром в точке B и радиусом $R=AB$. Из точек A и C опустили перпендикуляры AE и CD.

Обозначив угол падения через α, а угол преломления через β, получили $\sin\alpha=AE/R$, $\sin\beta=DC/R$. Нашли показатель преломления стекла $n=\sin\alpha/\sin\beta=\frac{AE}{R}:\frac{DC}{R}=AE/CD$.

Таким образом, для определения показателя преломления стекла достаточно измерить длины отрезков AE и CD миллиметровой линейкой. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 23.

Таблица 23

Номер опыта	Длина отрезка AE, мм	Длина отрезка CD, мм	Показатель преломления $n=AE/CD$

Чтобы убедиться в том, что показатель преломления стекла не зависит от угла падения луча, нужно повторить опыт при другом угле падения.

Вычисления

II. Основной этап

Цель работы. _____

_____

_____

_____

Метод измерения. _____

_____

Приборы и материалы. _____

_____

Указания к работе

1. На середину листа белой бумаги, под которой подложен картон, положите стеклянную пластинку, а за ней вертикально воткните булавку *A* (рис. 59). Следя за булавкой сквозь толщу стекла на уровне стола, поворачивайте пластинку. При этом понаблюдайте за относительным смещением булавки, выступающей над пластинкой, и булавки, рассматриваемой сквозь стекло. Когда наблюдаемая картина будет примерно такой, как показана на рисунке 60, где изображена булавка *A*, т. е. ее видимость над пластинкой и сквозь стекло, воткните булавку *B*, а затем булавки *C* и *D* (см. рис. 59). Вам должно казаться, что булавки расположены на одной прямой.

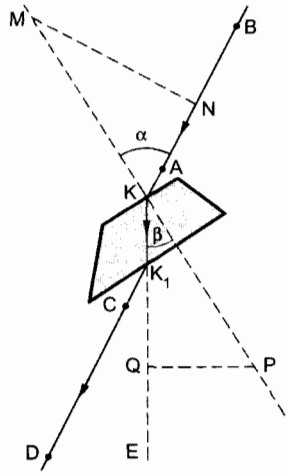


Рис. 59

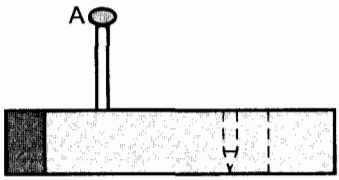


Рис. 60

2. Вытащите булавки и отметьте места проколов кружками. Затем очертите карандашом контуры пластинки и снимите ее. Далее займитесь обработкой рисунка.

3. Через точки *A* и *B*, а затем через точки *C* и *D* проведите прямые линии до их пересечения с контурами пластинки (см. рис. 59). Точки пересечения *K* и K_1 соедините прямой и продолжите ее штриховой линией до края листа. Через точку *K* проведите штриховую линию, перпендикулярную грани пластинки, и на ней от точки *K* отложите произвольные, но одинаковые отрезки *KM* и *KP*. Из точек *M* и *P* опустите перпендикуляры на лучи *KB* и *KE*. Измерив обычной линейкой отрезки *MN* и *PQ*, найдите коэффициент преломления стекла.

Он равен:

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

$$\sin \alpha = MN/KM,$$

$$\sin \beta = PQ/KP,$$

$$\text{или } n = \frac{MN \cdot KP}{KM \cdot PQ}.$$

Но $KM = KP$, следовательно,

$$n = MN/PQ.$$

Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 24.

Таблица 24

Номер опыта	Длина отрезка MN, мм	Длина отрезка PQ, мм	Показатель преломления n

Примечание. Показатель преломления пластинки можно определить по отношению синусов углов α и β, если эти углы измерить транспортиром. Тогда не потребуется дополнительных построений на рисунке.

Вычисления

III. Контрольный этап

Цель работы. _____

_____

_____

_____

_____

Метод измерения. _____

_____

_____

_____

Приборы и материалы. _____

_____

_____

_____

Указания к работе

1. На две параллельные прямые *AB* и *CD* (рис. 61), находящиеся на расстоянии 8—10 мм друг от друга, положите плоскопараллельную пластинку.

Примечание. Если нет плоскопараллельной прозрачной пластинки, то попробуйте использовать прозрачную упаковку от драже «Тик-так». Сначала снимите наклейки с этой упаковки, а затем заполните ее холодной кипяченой водой, закройте крышкой и заклейте отверстие липкой лентой.

2. Самодельную плоскопараллельную пластинку положите на рисунок 61. Поверните ее так, чтобы изображение луча *DE* совпало с направлением луча *FA*. После этого прижмите пластинку к бумаге и карандашом отметьте грани *MN* и *KL*.

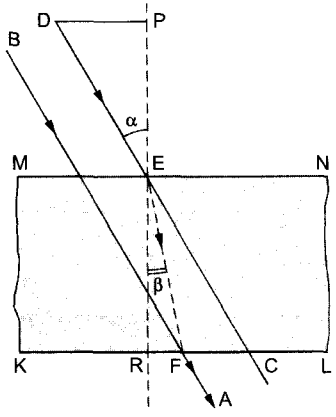


Рис. 61

3. Начертите луч *EF*, проведите перпендикуляр к пластинке в точке *E* и отметьте углы: α — угол падения, β — угол преломления. Измерьте эти углы транспортиром.

4. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 25.

Таблица 25

Угол падения α	Угол преломления β	Показатель преломления n

Вычисления

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Оценка учителя. _____

_____

_____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8. ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРЕДМЕТА С ПОМОЩЬЮ СОБИРАЮЩЕЙ ЛИНЗЫ

I. Подготовительный этап

Изображение предмета в линзах зависит от расположения этого предмета относительно линзы. На рисунке 62 показаны одна и та же собирающая линза и различные положения одного и того же предмета *AB* относительно этой линзы. Найдите изображение предмета в каждом случае и запишите его характеристики в таблицу 26.

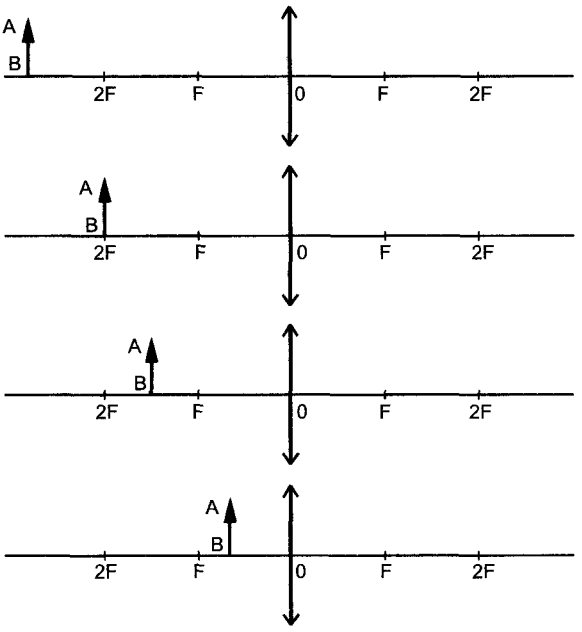


Рис. 62

Таблица 26

Расстояние d от предмета до линзы	Характеристика изображения		
	действительное или мнимое	прямое или перевернутое	уменьшенное или увеличенное
$d > 2F$			
$d = 2F$			
$F < d < 2F$			
$d < F$			

Примечание. Обратите внимание на предмет и его изображение при $d = 2F$.

Помните, что для построения изображения точки нужно провести два луча: один параллельно главной оптической оси линзы, который после преломления пройдет через фокус, и другой луч через оптический центр линзы, он пройдет прямо, не преломляясь.

Сделайте чертеж. Постройте изображение точки.

II. Основной этап

Цель работы. _____

_____

_____

Метод измерения. _____

_____

Приборы и материалы. _____

_____

Указания к работе

1. Сначала определите фокусное расстояние собирающей линзы. Для этого установите на одной прямой линзу и матовый экран, на котором обычно получают действительное уменьшенное изображение удаленного предмета (окна). Измерьте расстояние между линзой и экраном. Это расстояние приблизительно равно фокусному расстоянию линзы.

2. Соберите электрическую цепь (рис. 63). Установите лампочку на двойном фокусном расстоянии от линзы, а по другую сторону

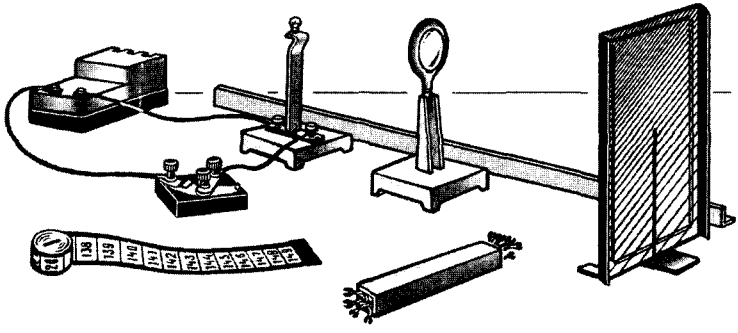


Рис. 63 _____

линзы поставьте экран (см. рис. 63). Перемещая экран, получите резкое изображение лампочки таких же размеров, что и сама лампочка. Измерьте расстояние от линзы до экрана.

Результаты измерений и оценку изображения запишите в таблицу 27.

Таблица 27

Фокусное расстояние линзы, см	Расстояние от предмета до линзы, см	Расстояние от линзы до изображения, см	Вид изображения

3. Повторите опыты с лампочкой и линзой несколько раз при следующих условиях: $d > 2F$, $F < d < 2F$, $d < F$. (В последнем случае следует смотреть на лампочку через линзу, поскольку ее изображение будет мнимым.)

4. По формуле

$$\Phi = 1/F,$$

где F — фокусное расстояние линзы, выраженное в метрах, определяют оптическую силу линзы.

Вычисления

III. Контрольный этап

Цель работы. _____

_____

_____

_____

Метод измерения. _____

_____

_____

Приборы и материалы. _____

_____

_____

Указания к работе

1. Опытным путем определите фокусное расстояние собирающей линзы (лупы, объектива фотоаппарата, объектива фотоувеличителя, стекол очков для дальнозорких). Под светильник настольной лампы положите лист белой бумаги. Между лампой и бумагой разместите собирающую линзу и сфокусируйте на листе бумаги изображение нити накала. Если это линза короткофокусная, как у фотоаппарата, то при получении уменьшенного действительного и контрастного изображения измерьте расстояние между линзой и экраном и получите фокусное расстояние.

2. Для определения фокусного расстояния стекол очков в комнате на пол под лампу кладут лист белой бумаги. Лампа висит у потолка грушей вниз. Над листом размещают очки, которые перемещают вверх-вниз, добиваясь на листе бумаги изображения нити накаливания таких же размеров, что и у самой лампы. Затем, удерживая очки на сфокусированном расстоянии, попросите родственников измерить расстояние между очками и полом сантиметровой лентой. Это расстояние запишите в метрах (м).

Определите фокусное расстояние стекол очков _____

_____

_____

Определите оптическую силу линз очков _____

_____

_____

Оценка учителя. _____

_____

_____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ ПРИ ПОМОЩИ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ

I. Подготовительный этап

Дифракционная решетка представляет собой совокупность большого числа очень узких параллельных щелей, разделенных непрозрачными промежутками. Общая ширина щели и непрозрачного промежутка называется *периодом решетки*. Например, если на дифракционной решетке на одном миллиметре имеется 100 штрихов, то период решетки равен $d = 0{,}01$ мм.

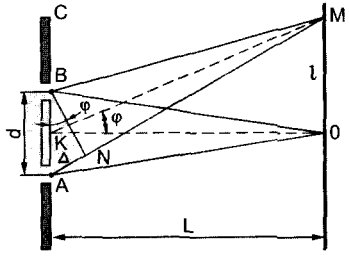


Рис. 64

На рисунке 64 представлена схема хода лучей через решетку. Лучи, проходящие через решетку перпендикулярно ее плоскости, попадают в зрачок наблюдателя и образуют на сетчатке глаза обычное изображение источника света. Лучи, огибающие края щелей решетки, имеют некоторую разность хода Δ, зависящую от угла φ. Если разность хода равна длине волны, т. е. $\Delta = k\lambda$ или $\Delta = 2k\frac{\lambda}{2}$, где k — целое число, то каждая такая пара лучей образует на сетчатке изображение источника света, цвет которого определяется соответствующей длиной волны λ.

Смотря сквозь решетку на источник света, наблюдатель, кроме этого источника, видит расположенные симметрично по обе стороны от него дифракционные спектры (рис. 65). Ближняя к щели пара спектров (1-го порядка) соответствует разности хода лучей, равной $\lambda/2$, для соответствующего цвета. Более удаленная пара спектров (2-го порядка) соответствует разности хода лучей, равной $2\lambda/2$, и т. д.

Из схемы (см. рис. 64) видно, что $\lambda = \frac{d\sin\varphi}{k}$, где d — известный период решетки, а k — порядок спектра. Значит, для определения длины волны определенного цвета достаточно найти

$$\sin\varphi = \frac{OM}{KM} \approx \frac{OM}{KO} = \frac{l}{L}.$$

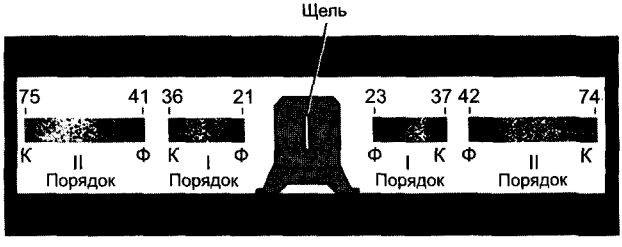


Рис. 65

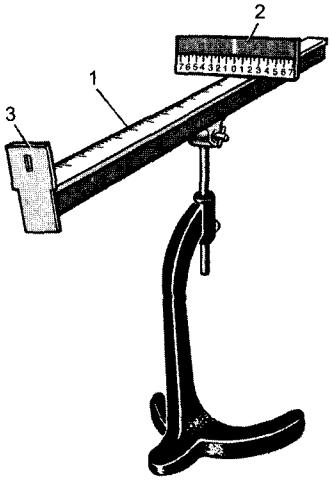


Рис. 66

Прибор (рис. 66) для определения длины световой волны представляет собой деревянный брусок *1* с миллиметровой шкалой, вдоль которого перемещается экран *2* с прорезью посередине. Нижняя часть экрана оснащена миллиметровой шкалой с нулевым делением около прорези, верхняя зачернена.

На другом конце бруска закреплена обойма *3*, в которую вставляют дифракционную решетку. В эту же обойму можно вставлять светофильтр. Обойма имеет отверстие, в которое смотрят через дифракционную решетку и через отверстие в экране на источник света.

При этом наблюдатель видит на фоне черного экрана с прорезью по обе стороны спектры (см. рис. 65). Расстояние L (см. рис. 64) — это расстояние от решетки до экрана. Его отсчитывают по линейке бруска. Расстояние l — это расстояние от прорези экрана до линии спектра определяемой длины волны.

Примечание. В одном из опытов на решетке, имеющей 100 штрихов на одном миллиметре ее длины, отстоящей от экрана на 50 см (500 мм), получена картина рисунка 65, на которой обозначены крайние цвета спектров: к — красный, ф — фиолетовый — и их расстояния от щели.

Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 28.

Таблица 28

Период решетки d, мм	Порядок спектра n	Видимые границы спектра			Расстояние от дифракционной решетки до экрана L, мм
		Слева	Справа	Среднее	

Вычисления

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

II. Основной этап

Цель работы. _____

_____

_____

_____

Метод измерения. _____

_____

_____

Приборы и материалы. _____

_____

_____

Указания к работе

1. Соберите экспериментальную установку (см. рис. 66).

Примечание. Опыт показал, что на класс вполне достаточно иметь три экспериментальные установки, размещенные на последних столах каждого ряда и направленные на источник света — лампу с прямой нитью, установленную на демонстрационном столе. При отсутствии такой лампы ее может заменить фотофонарь. Его матовое стекло надо закрыть черной бумагой с узкой прорезью по центру или его красное стекло надо закрыть такой же бумагой с прорезью. В последнем случае вы получите монохроматический источник света.

2. Глядя сквозь дифракционную решетку, направьте прибор на источник света так, чтобы последний был виден сквозь узкую прицельную щель щитка. При этом по обе стороны щитка-экрана на черном фоне будут заметны дифракционные спектры нескольких порядков. В случае наклонного положения спектров поверните решетку на некоторый угол для устранения перекоса.

3. По шкале щитка-экрана, рассматриваемой через решетку, определите красные границы спектров 1-го и 2-го порядков.

4. По делениям шкалы, нанесенной на бруске, определите расстояние от дифракционной решетки до щитка-экрана.

5. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 29.

Таблица 29

Цвет света	Постоянная решетки d, мм	Расстояние от решетки до экрана L, мм	Расстояние от щели до спектра l, мм	Длина волны λ, мкм
Красный 1-го порядка				
Красный 2-го порядка				

Вычисления

III. Контрольный этап

Цель работы. Наблюдение дифракции на грампластинке или лазерном диске.

Метод измерения. Измерения не производятся.

Приборы и материалы. Грампластинка или часть ее, настольная лампа.

Указания к работе

1. В качестве дифракционной решетки используйте грампластинку или лазерный диск. При наблюдении за грампластинкой в отраженном свете на ней хорошо видны дифракционные спектры.

2. Возьмите в правую руку грампластинку и поднесите ее к глазу так, чтобы бороздки расположились вертикально, т. е. параллельно, нити лампы накаливания. При этом свет должен падать на поверхность грампластинки под очень большим углом (рис. 67). Наблюдение проводите при выключенном верхнем свете.

3. По обе стороны от светлой полосы располагаются дифракционные спектры нескольких порядков. Понаблюдайте за расширением или сужением спектров при повороте пластинки.

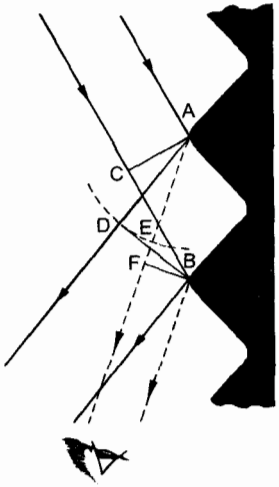


Рис. 67

4. Лучи, падающие от нити лампы на небольшой участок грампластинки, отражаются от соседних выпуклостей между бороздками в точках *A* и *B* (см. рис. 67). Лучи, отраженные под углом, равным углу падения, имеют в точках *B* и *D* для любой длины волны одинаковые фазы и образуют на сетчатке глаза наблюдателя изображение нити лампы в виде белой линии. Пользуясь рисунком 67, докажите этот факт проведением измерений.

5. Лучи, отраженные под другим углом, имеют разность хода *EF*. На рисунке 67 видно, что точки *B*, *D*, *E* принадлежат одной волне и находятся в одинаковых фазах.

Если отрезок *EF* равен нечетному числу полуволн, соответствующих, например, зеленому свету, то эти волны гасятся, и наблюдатель воспринимает свет, цвет которого определяется суммой цветов оставшейся части спектра (красный цвет). Рядом на сетчатке глаза располагается полоса другого цвета, так как разность хода лучей, образующих ее, иная, и погашенным оказывается свет с другой длиной волны.

6. Отметьте условия проведения опыта, при которых дифракционный спектр в отраженном свете получается оптимальным.

Оценка учителя. _____

_____

_____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 10. ИЗУЧЕНИЕ И СБОРКА ДЕТЕКТОРНОГО РАДИОПРИЕМНИКА

I. Подготовительный этап

На рисунке 68 показана принципиальная схема детекторного радиоприемника, который не имеет источника питания.

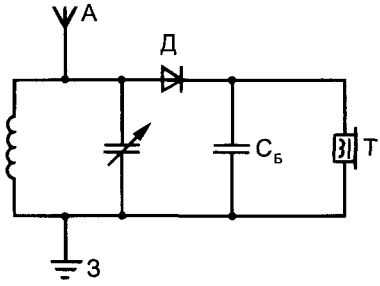


Рис. 68

Радиоволны, идущие от передающих станций, в результате электромагнитной индукции возбуждают в антенне *А* быстропеременные токи разных частот. Антенна соединена с колебательным контуром. Изменяя емкость *С* конденсатора в колебательном контуре, настраивают контур в резонанс с частотой одной из передающих станций, поэтому токи от этой станции будут преобладать над токами от других станций.

К колебательному контуру присоединен диод *Д* (детектор), который выпрямляет переменные высокочастотные токи, преобразуя их в пульсирующие. Нагрузкой детектора является катушка телефона *Т*, фильтром, пропускающим ток высокой частоты, служит блокировочный конденсатор $C_б$, присоединенный параллельно телефону. Через телефон течет пульсирующий ток, который состоит из постоянного и переменного тока звуковой частоты. Этот ток очень слаб, так как он возникает только за счет энергии электромагнитной волны передающей станции. Поэтому детекторным приемником можно принять сигнал только на телефон, и то от мощных станций.

На осях *E* и *t* постройте графики колебаний в приемном колебательном контуре после прохождения токов через диод и после прохождения токов через телефон.

II. Основной этап

Цель работы. _____

_____

Метод измерения. _____

_____

Приборы и материалы. _____

_____

Указания к работе

1. Соберите колебательный контур для длинных волн из катушки индуктивности и конденсатора переменной емкости.

2. К колебательному контуру подключите детектор, гнезда для телефона на панельке с блокировочным конденсатором, как показано на рисунке 69. При этом детектор соедините с зажимом, подключенным к неподвижным пластинам конденсатора переменной емкости. В гнезда на панельке с блокировочным конденсатором вставьте штекеры, идущие от головных телефонов.

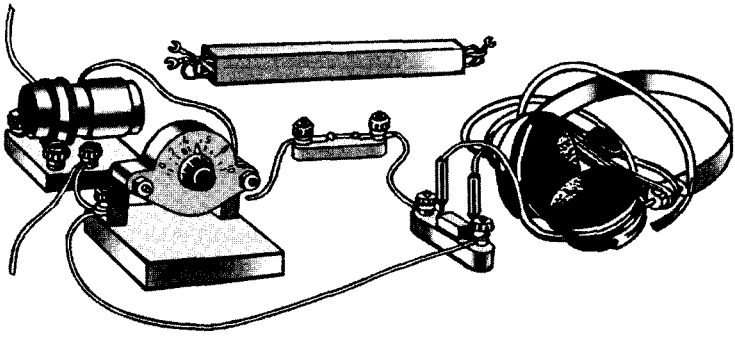


Рис. 69

3. Подключите к собранному приемнику наружную (комнатную) антенну и заземление. Для исключения возникновения дополнительной емкости, которая вносится рукой при настройке приемника, провод от заземления подключите к зажиму, соединенному с подвижными пластинами конденсатора переменной емкости.

4. Наденьте телефон и медленно вращайте ручку конденсатора переменной емкости. Таким образом настройте приемник на работающие в данном диапазоне радиостанции и послушайте их радиопередачи.

5. Вместо длинноволновой катушки в контур включите катушку индуктивности для средних волн. Произведите настройку и прием радиостанции.

6. Запишите назначение *открытого* колебательного контура: антенны, катушки, заземления; закрытого колебательного контура: катушки, конденсатора переменной емкости, детектора-диода, телефона, блокировочного конденсатора.

III. Контрольный этап

Цель работы. Конструирование простейшего детекторного приемника.

Метод измерения. Измерения не производятся.

Приборы и материалы. Конденсаторы полупеременной и постоянной емкости: *C1* — 8 ... 30 пФ, *C2* — 680 пФ, точечные диоды *Д18* (2 шт.), провод с зажимом «крокодил» на одном конце.

Указания к работе

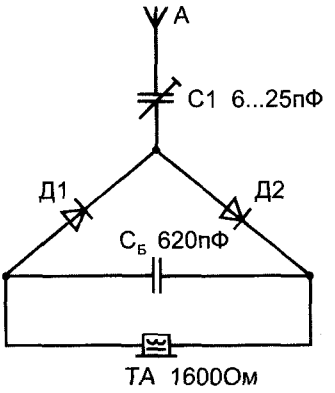


Рис. 70

1. Сконструируйте радиоприемник, схема которого показана на рисунке 70. Контур этого приемника образован последовательным соединением антенны *А*, конденсаторов *С1* и $C_Б$, а также диодов *Д*1 и *Д*2, заземления через тело человека (иначе это называют противовесом). Антенной является многожильный монтажный провод длиной до 1,5 м с зажимом типа «крокодил» на свободном конце. Заземление (или противовес) образуют шнур телефона, тело слушателя и земля. Диоды выпрямляют и умножают высокочастотные электромагнитные колебания, наведенные в открытом колебательном контуре, настраиваемом с помощью конденсатора *С1*. После детектирования высокочастотные токи проходят через блокировочный конденсатор, а низкочастотные — через головные телефоны типа ТА — 1600 Ом или ТОН-1 — 2200 Ом.

2. После сборки радиоприемника его надо проверить. Для этого наклоните ветки высокого кустарника или молодого дерева. К одной из них прицепите зажим «крокодил», а ветку отпустите. Таким образом вы получите антенну. Наденьте головной телефон и добейтесь в нем звучания радиостанции. Громкость звучания регулируйте поворотом ротора конденсатора, для чего используйте отвертку с изолированной ручкой.

При отсутствии в месте нахождения высоких кустарников или деревьев зажим «крокодил» прицепите к металлической крыше дома или сарая, изолированной от земли.

3. Послушав радиопередачу, дайте послушать ее родителям и родственникам. Обсудите и запишите принцип действия приемника, сконструированного вами.

О МЕРАХ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ ПРИ ПОСТАНОВКЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

При работе с электрическим током и различным инструментом необходимо соблюдать меры предосторожности.

При работе с электрическим током человек может попасть под напряжение, например прикоснуться к неизолированному выключателю питания. Через тело человека сразу идет ток. Опытами доказано, что сила тока, равная 0,01 А, уже вызовет легкое раздражение нервной системы и даже судороги. При увеличении силы тока до 0,03 А мышцы могут потерять способность сокращаться, а при силе тока 0,06 А наступает паралич дыхательных органов. Смертельным считается ток около 0,1 А. Однако этот показатель для разных людей разный.

Все зависит от сопротивления тела человека, которое, в свою очередь, зависит от влажности кожи в данный момент, состояния нервной системы, усталости. У одного человека электрическое сопротивление тела большое, и его может лишь слегка ударить током при касании провода, находящегося под напряжением. Другого в этом случае парализует. Имеет значение и путь тока. Наиболее опасен ток, идущий от руки до руки, поскольку он проходит через область сердца. Менее опасен путь электрического тока через правую руку — левую ногу, а затем правую руку — правую ногу. Поэтому опытные электрики, проверяя электроустановки, стараются держать левую руку свободной или в кармане, работая при опасной ситуации только правой рукой. Поэтому, включая в сетевую розетку, например, утюг или паяльник, штепсельную вилку держат правой рукой так, чтобы пальцы не касались ее металлических штырьков. Перед первым включением того или иного потребителя, например адаптера, омметром проверяют качество изоляции (сопротивление) между штырьками сетевой вилки и корпусом конструкции. Если сопротивление менее 10 МОм при какой-либо полярности (проверяют обе) подключения щупов омметра (мультиметра), то ищут неисправность и устраняют ее. Такую проверку периодически повторяют и в дальнейшем.

Проверяя в сетевых конструкциях режим работы деталей, подключают один из щупов измерительного прибора к общему проводу заранее, т. е. до включения приборов и конструкций в сеть. При необходимости замены детали или перепайки проводника электрическую конструкцию обесточивают, т. е. вынимают вилку из розетки. В электрической конструкции для подтягивания винтов или регулировки (настройки) конденсатора и полупеременного резистора пользуются отверткой с хорошо изолированной ручкой.

Во избежание травм при работе с ручным инструментом необходимо помнить и соблюдать правила безопасности. Например, режущий и колющий инструменты должны быть постоянно остро заточены. Тупой инструмент требует больших усилий: он может сорваться, соскользнуть и соответственно поранить.

При пользовании отверткой следует помнить, что ее лезвие должно соответствовать по размерам головке винта, а конец лезвия должен быть тупым. Прежде чем завинчивать отверткой шуруп, нужно шилом или дрелью сделать гнездо для посадки этого шурупа. Передавая отвертку друг другу, держите ее лезвием к себе. Режущие инструменты не кладут лезвием к себе или так, чтобы они свешивались за край крышки стола.

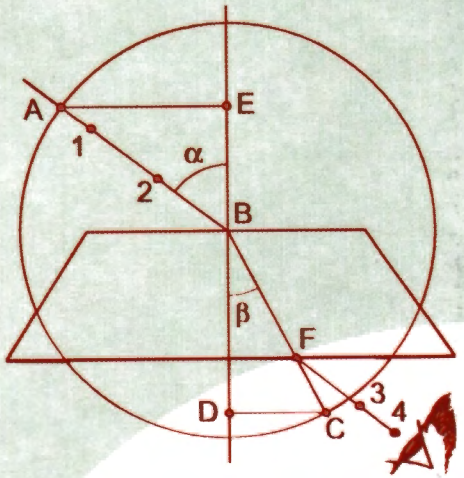
Нельзя строгать материал в руках и тем более ножом по направлению к себе. При опиливании металла следят за тем, чтобы пальцы левой руки не заходили за край напильника вниз. Не рекомендуется проверять пальцем качество опиливаемой поверхности. Металлическую стружку и опилки собирают со стола не голыми руками, а волосяной щеткой. Разрезаемый материал необходимо зажимать в тисках.

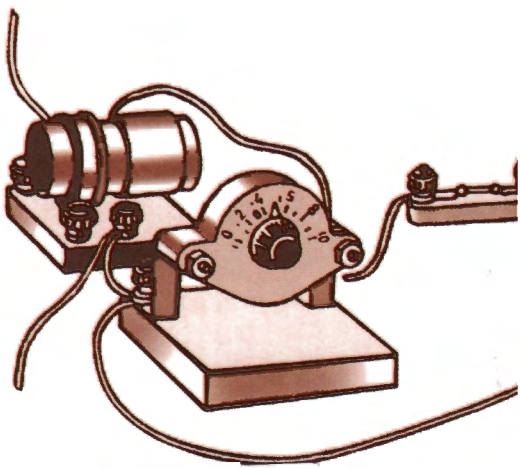
СОДЕРЖАНИЕ

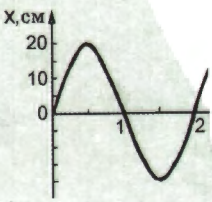
Советы учителю и родителям 3
Советы учащимся 5
Новое оборудование для фронтальных лабораторных работ 6
Современные бытовые приборы для постановки персональных (домашних) опытов 16
Об абсолютной и относительной погрешностях измерения 24
Лабораторная работа 1. Измерение жесткости пружины 27
Лабораторная работа 2. Измерение периода колебаний пружинного маятника 32
Лабораторная работа 3. Измерение ускорения свободного падения при помощи математического маятника 36
Лабораторная работа 4. Измерение ускорения тела при равноускоренном движении 39
Лабораторная работа 5. Изучение движения тела по окружности под действием силы упругости и силы тяжести 44
Лабораторная работа 6. Закон сохранения и превращения энергии 48
Лабораторная работа 7. Измерение показателя преломления стекла 51
Лабораторная работа 8. Получение изображений предмета с помощью собирающей линзы 56
Лабораторная работа 9. Определение длины световой волны при помощи дифракционной решетки 61
Лабораторная работа 10. Изучение и сборка детекторного радиоприемника 66
Приложение. О мерах предосторожности при постановке эксперимента 70

ФИЗИКА

Тетрадь для лабораторных работ







ПРОСВЕЩЕНИЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО