



ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ



Физика

*Сборник
экспериментальных заданий
для подготовки
к государственной итоговой
аттестации в 9 классе*

Экзамен с «Просвещением»



СЕРИЯ «ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ: ГИА»

КОМПЛЕКТЫ ВЫПУСКАЮТСЯ: по русскому языку, математике, истории, обществознанию, биологии, географии, химии, физике, информатике. Они могут быть использованы учащимися как для самостоятельной подготовки к ГИА, так и для работы в классе, а также преподавателями средней школы и структур внешкольной подготовки при организации изучения курса предмета, при его повторении и обобщении.

КОМПЛЕКТ СОСТОИТ ИЗ ПОСОБИЙ:

1. «ГИА. Учебно-справочные материалы для 9 класса»



- Содержат краткий теоретический курс среднего (полного) общеобразовательного уровня, представленный на основе кодификатора, разработанного Федеральным институтом педагогических измерений (ФИПИ).
- Сопровождаются примерами типовых заданий в различных тестовых формах и различного уровня сложности с решением из основных существующих учебных (рабочих) программ по предмету.
- Отличаются чётко структурированным и компактным изложением материала с использованием визуального ряда в виде таблиц, схем, наглядных изображений.
- Предназначены для отработки основных знаний и умений выпускников, необходимых для успешной сдачи ГИА.
- Помогут систематизировать знания по предметам, сконцентрировать внимание на наиболее важных вопросах курсов, выносимых на экзамен, а также правильно выстроить стратегию и тактику подготовки к ГИА.

2. «ГИА. Контрольные тренировочные материалы для 9 класса с ответами и комментариями»

- Содержат практикум из вариантов заданий, разработанных на основе спецификаций и демонстрационных версий КИМ ГИА, разработанных Федеральным институтом педагогических измерений (ФИПИ).
- Сопровождаются краткими комментариями к ответам и/или ссылками на соответствующий раздел пособия «ГИА. Учебно-справочные материалы».
- Предназначены для оценки учащимися степени готовности к ГИА, а также для выявления пробелов в своих знаниях.
- Помогут познакомиться с требованиями, которые предъявляются в ходе ГИА к выполнению заданий разного типа, а также понять особенности оценки заданий с развернутым ответом и наметить стратегии их выполнения с учётом критериев, разработанных авторами КИМ.
- Могут использоваться как для самостоятельной подготовки к ГИА, так и для работы в классе.



3. «ГИА. Сборник экспериментальных заданий для подготовки к государственной итоговой аттестации в 9 классе»

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ: ГИА

Физика

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ИТОГОВАЯ
АТТЕСТАЦИЯ**

*Сборник
экспериментальных заданий
для подготовки к государственной
итоговой аттестации в 9 классе*

Москва
Санкт-Петербург
«ПРОСВЕЩЕНИЕ»
2012

УДК 53(035)
ББК 22.3я2
Ф 48

Проект «Итоговый контроль»
Серия «Итоговый контроль: ГИА» основана в 2010 году

Руководитель проекта *М. А. Поляков*
Научный руководитель проекта к. п. н. *Г. С. Ковалёва*

Авторы:

Г. Г. НИКИФОРОВ, Е. Е. КАМЗЕЕВА, М. Ю. ДЕМИДОВА

Под редакцией *М. Ю. Демидовой*

Физика: ГИА: Сборник экспериментальных заданий для подготовки
Ф 48 к государственной итоговой аттестации в 9 классе (Серия «Итоговый контроль: ГИА») / Г. Г. Никифоров, Е. Е. Камзеева, М. Ю. Демидова; Под ред. М. Ю. Демидовой.— М.; СПб.: Просвещение, 2012.— 173 с.

ISBN 978-5-09-026245-3.

Контрольные измерительные материалы для проведения государственной (итоговой) аттестации выпускников основной школы включают экспериментальные задания на реальном оборудовании. Сборник содержит полный набор экспериментальных заданий, либо уже имеющихся в экзаменационных материалах, либо планируемых в ближайшем будущем. К каждому заданию приведены подробные указания к выполнению, которые сопровождаются фотографиями экспериментальных установок. Для экспертов даны рекомендации по оценке интервалов возможных значений.

УДК 53(035)
ББК 22.3я2

© Г. Г. Никифоров, Е. Е. Камзеева,
М. Ю. Демидова, 2012
© Издательство «Просвещение», 2012
© Художественное оформление.
Издательство «Просвещение», 2012
Все права защищены

ISBN 978-5-09-026245-3

Введение. Особенности экспериментальных заданий в КИМ ГИА по физике

Государственная (итоговая) аттестация (ГИА) выпускников 9-х классов по физике в новой форме представляет собой письменную работу по единым для всей страны контрольным измерительным материалам (КИМам). Цель КИМов — оценить общеобразовательную подготовку учащихся по физике за курс основной школы и оказать помощь в отборе выпускников в профильные классы.

Одним из существенных отличий ГИА за курс основной школы от ЕГЭ является обязательное включение в экзаменационную работу *экспериментального задания*, которое выполняется выпускниками на реальном лабораторном оборудовании. Данный сборник содержит полный банк экспериментальных заданий для ГИА по физике.

В учебном процессе оценивание выполнения учащимися лабораторных работ складывается из двух составляющих: 1) собственные наблюдения учителя за ходом работы и 2) проверка заполнения учащимися письменного отчёта о лабораторной работе. Таким образом, итоговая отметка за выполнение лабораторной работы есть сумма результатов наблюдений за процессом её выполнения (правильно ли была собрана экспериментальная установка, верно ли учащийся проводил прямые измерения, соблюдал ли правила безопасности труда и т. п.), а также оценки письменного отчёта, содержащего все необходимые данные и сформулированные выводы.

При использовании экспериментальных заданий на реальном оборудовании в условиях массового письменного контроля знаний и умений учащихся (в частности, в рамках ГИА) оценке подлежит только письменный отчёт учащегося о ходе и результатах выполнения задания.

В этом случае полученный учащимся результат измерений служит основанием а) для оценивания качества выполнения задания, б) для вывода об уровне сформированности совокупности соответствующих экспериментальных умений. Этот критерий прошёл экспериментальную апробацию в специальном исследовании, проведённом ФИПИ совместно с Комитетом по образованию Администрации Раменского муниципального района Московской области.

Воспользоваться сформулированным критерием (единственно возможным в условиях массовой проверки) можно только при условии стандартизации оборудования. Наличие такого оборудования даст возможность получить единый образец выполнения экспериментального задания и позволит экспертам сделать вывод об умениях учащихся. Тип, форма и характер образца зависят от вида задания. При косвенных измерениях физических величин и параметров проверки гипотез это интервал значений, которому принадлежит результат, полученный учеником при условии сформированности всех необходимых умений. При проведении исследований, представленных в виде графиков, это может быть типичный график в виде полосы достоверных значений.

Типовые наборы оборудования, которые в настоящее время используются в школах для проведения лабораторных работ, не позволяют в полной мере обеспечить требования для конструирования экспериментальных заданий в рамках итогового контроля. Например, при проведении лабораторной работы по измерению сопротивления резистора в обучающем режиме достаточно использовать для всего класса резисторы с одинаковыми характеристиками. В случае же создания банка заданий для итогового контроля необходимо составлять несколько подобных заданий по измерению сопротивления резистора. Поэтому в наборах оборудования желательно иметь ряд однотипных элементов (пружины, резисторы, линзы и т. п.) с различными характеристиками.

При разработке банка заданий для ГИА были усовершенствованы отдельные экспериментальные установки и приборы, так как имевшиеся до этого комплекты оборудования не обеспечивали проведения всего комплекса работ в соответствии с требованиями стандарта основной школы.

Для целей ГИА разработан специальный **комплект «ГИА-лаборатория»**, который полностью отвечает поставленным требованиям надёжности. Кроме того, состав оборудования данных наборов удовлетворяет требованиям стандартов второго поколения к формированию экспериментальных умений по физике за курс основной школы.

Комплект «ГИА-лаборатория» разработан по исходным педагогическим требованиям членов федеральной предметной комиссии ЕГЭ по физике М. Ю. Демидовой и Г. Г. Никифорова.

Необходимые опытно-конструкторские работы проведены фирмой «Научные развлечения» под руководством генерального директора к. т. н. О. А. Поваляева и при участии Г. Г. Никифорова. Авторский коллектив пособия выражает большую благодарность О. А. Поваляеву и специалистам фирмы «Научные развлечения». С условиями приобретения комплектов «ГИА-лаборатория» можно познакомиться на сайте <http://www.nau-ra.ru>.

Состав комплекта «ГИА-лаборатория» является тематическим. В комплект входят четыре набора для исследования механических, тепловых, электрических и оптических явлений. Состав наборов подробно описан в первом разделе пособия.

В большинстве сельских школ России используются специальные наборы лабораторного оборудования, также обладающие стандартизированными характеристиками. Эти наборы могут быть использованы при выполнении экспериментальных заданий КИМ ГИА. Наборы лабораторного оборудования для сельских школ подробно представлены в разделе 3, написанном доцентом кафедры методики и теории обучения физике МПГУ С. В. Степановым.

* * *

В настоящее время содержание экзаменационной работы для девятиклассников разрабатывается на основе федерального компонента стандарта основного общего образования по физике (Приказ Минобрнауки России от 5 марта 2004 г. № 1089 «Об утверждении федерального компонента государственных образовательных стандартов начального общего, основного общего и среднего (полного) общего образования»). При этом тематика экспериментальных заданий определяется исходя из раздела «Обязательный минимум содержания образования», проверяемые заданиями виды деятельности выбираются на основании раздела «Требования к уровню подготовки выпускников».

Однако в данный сборник включены и перспективные задания, сконструированные в соответствии с требованиями стандартов второго поколения. Перечень заданий, содержащихся в вариантах ГИА в текущем году, отражается в ежегодной спецификации контрольных измерительных материалов. Обращаем внимание на то, что включённые в данный сборник задания будут вводиться в экзаменационные материалы постепенно с учётом оснащения образовательных учреждений лабораторным оборудованием, а также по мере перехода к утверждённым в декабре 2010 года стандартам второго поколения для основной школы.

Все экспериментальные задания в банке ГИА имеют три основные характеристики:

- содержательная принадлежность (каждое задание отнесено к одной из тем примерной программы основной школы: механические, тепловые, электрические или оптические явления);
- вид деятельности (выделяются четыре типа экспериментальных заданий в зависимости от вида проверяемой деятельности);
- уровень сложности (экспериментальные задания сконструированы на повышенном и высоком уровнях сложности).

Структура сборника определяется типологией экспериментальных заданий по видам деятельности; внутри каждого раздела задания расположены с учётом тематической принадлежности: от заданий, относящихся к механическим явлениям, к заданиям на оптические явления. Все экспериментальные задания разделяются на четыре основные группы:

1. Наблюдение явлений и постановка опытов (на качественном уровне) по обнаружению факторов, влияющих на протекание данных явлений.
2. Проведение прямых измерений физических величин и расчёт по полученным данным зависящего от них параметра.
3. Исследование зависимости одной физической величины от другой с представлением результатов в виде графика или таблицы.
4. Проверка заданных предположений (прямые измерения физических величин и сравнение заданных соотношений между ними).

Пример задания первого типа.

Пример 1

Исследуйте зависимость выталкивающей силы, действующей на погруженное в жидкость тело, от плотности жидкости и глубины погружения тела.

Для проведения исследования используйте следующее оборудование: два сосуда, один из которых наполнен пресной водой, а второй — раствором соли в воде, цилиндр на нити, динамометр.

В бланке ответов для каждого из двух опытов:

- 1) зарисуйте (или опишите) схему проведения опыта по исследованию зависимости выталкивающей силы от заданной величины;
- 2) сделайте вывод о том, как зависит (увеличивается, уменьшается или не изменяется) выталкивающая сила с изменением заданной величины.

Каждое из заданий этого типа предполагает проведение двух небольших исследований, в которых запись результатов прямых измерений не является обязательной, так как предполагается использование измерительных приборов как индикаторов. Вывод о зависимости исследуемых величин делается на основании изменений показаний приборов.

При выполнении заданий этого типа учащиеся должны для каждого из двух исследований:

- сконструировать (на базе предложенного списка оборудования) экспериментальную установку или описать условия проведения опыта, при которых менялись бы только две искомые величины, а остальные оставались постоянными;
- провести не менее двух опытов, изменяя значения исследуемых величин;
- сделать вывод о зависимости (или независимости) исследуемой величины от двух заданных параметров.

Задания второго типа представляют собой косвенные измерения на основании проведения двух прямых измерений (см. пример 2).

Пример 2

Используя электронные весы, мензурку, стакан с водой, цилиндр № 2, соберите экспериментальную установку для определения плотности материала, из которого изготовлен цилиндр № 2.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки для определения объёма тела;
- 2) запишите формулу для расчёта плотности;
- 3) укажите результаты измерения массы цилиндра и его объёма;
- 4) запишите числовое значение плотности материала цилиндра.

При проведении косвенных измерений в основной школе, в соответствии с требованиями существующих стандартов образования, не используются абсолютные погрешности измерений. Однако правильность постановки опыта проверяется на основании сравнения результата учащегося с интервалом возможных значений, полученным с учётом погрешностей измерений.

При выполнении заданий второго типа проверяются знание соответствующих законов или закономерностей, умение проводить несложные вычисления, а также сформированность следующих экспериментальных умений:

- сборка экспериментальной установки;
- проведение прямых измерений с учётом правил использования различных измерительных приборов;
- запись показаний приборов с учётом их цены деления.

Третий тип заданий предполагает постановку опыта по исследованию зависимости физических величин с использованием прямых измерений (см. пример 3).

Пример 3

Используя штатив с муфтой и лапкой, пружину, динамометр, линейку и набор из трёх грузов, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости силы упругости, возникающей в пружине, от степени растяжения пружины. Определите растяжение пружины,

подвешивая к ней поочерёдно один, два и три груза. Для определения веса грузов воспользуйтесь динамометром.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите результаты измерения веса грузов и удлинения пружины для трёх случаев в виде таблицы или графика;
- 3) сформулируйте вывод о зависимости силы упругости, возникающей в пружине, от степени растяжения пружины.

При выполнении учащимися данного типа заданий также не требуется записи абсолютных погрешностей измерений. Задания подобраны таким образом, что исследуются в основном лишь прямо пропорциональные зависимости. При формулировке вывода нет необходимости говорить о характере функциональной зависимости или рассчитывать коэффициент пропорциональности. Достаточным является вывод о качественном изменении (увеличении или уменьшении) исследуемой величины в зависимости от изменения параметра.

Задания третьего типа проверяют сформированность следующих экспериментальных умений:

- сборка экспериментальной установки из предложенного перечня оборудования;
- проведение прямых измерений с учётом правил использования различных измерительных приборов;
- запись показаний приборов с учётом их цены деления;
- оформление результатов исследования в виде таблицы или графика;
- формулировка вывода.

Задания четвёртого типа предполагают проверку предложенной гипотезы (см. пример 4).

Пример 4

Используя источник тока (4,5 В), вольтметр, ключ, соединительные провода, резисторы, обозначенные R_1 и R_2 , экспериментально проверьте правило для электрического напряжения при последовательном соединении двух проводников.

В бланке ответов:

- 1) нарисуйте электрическую схему экспериментальной установки;
- 2) измерьте электрическое напряжение на концах каждого из резисторов и общее напряжение на концах цепи из двух резисторов при их последовательном соединении;
- 3) сравните общее напряжение на двух резисторах с суммой напряжений на каждом из резисторов, учитывая, что погрешность прямых измерений с помощью лабораторного вольтметра составляет 0,2 В. Сделайте вывод о справедливости или ошибочности проверяемого правила.

При выполнении учащимися заданий на проверку предположений невозможно обойтись без оценки абсолютных погрешностей. Задания сформулированы таким образом, что для подтверждения (или опровержения) предложенной гипотезы необходимо сравнить два интервала значений с учётом заданных абсолютных погрешностей измерений.

Задания четвёртого типа проверяют сформированность следующих экспериментальных умений:

- сборка экспериментальной установки из предложенного перечня оборудования;
- проведение прямых измерений с учётом правил использования различных измерительных приборов;
- запись показаний приборов с учётом их цены деления;
- получение двух интервалов значений сравниваемых величин с учётом заданных абсолютных погрешностей измерений;
- формулировка вывода о правдивости предложенной гипотезы опыта.

Каждое задание обеспечивается текстом, характеристикой оборудования, образцом возможного выполнения с описанием и фотографией экспериментальной установки, указаниями для экспертов

по оценке границ достоверных значений и критериями оценивания задания. В случае использования подобных заданий (например, измерение и определение оптической силы линзы может осуществляться для двух линз с различными фокусными расстояниями) подробное описание приводится для одного задания, а для остальных даются лишь указания на изменения в оборудовании и результатах опытов.

В настоящее время при проведении экзамена за курс основной школы от учащихся не требуется самостоятельного выбора оборудования из предложенной избыточной номенклатуры. Поэтому для каждого задания в тексте приводится перечень необходимых приборов и материалов.

Перед проведением экзамена федеральная комиссия разработчиков контрольных измерительных материалов на основе наборов «ГИА-лаборатория» составляет комплекты оборудования для выполнения экзаменационных заданий текущего года. Ежегодно состав таких комплектов публикуется в приложении к спецификации экзаменационной работы на сайте ФИПИ.

* * *

При проведении Государственной (итоговой) аттестации в экзаменационном варианте для учащихся приводится только текст экспериментального задания (см. пример 5).

Пример 5

Используя динамометр, стакан с водой, цилиндр № 1, соберите экспериментальную установку для определения выталкивающей силы (силы Архимеда), действующей на цилиндр.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта выталкивающей силы;
- 3) укажите результаты измерений веса цилиндра в воздухе и веса цилиндра в воде;
- 4) запишите численное значение выталкивающей силы.

Каждый вариант сопровождается дополнительными сведениями для экспертов: номерами правильных ответов, решениями заданий с развёрнутым ответом и критериями оценивания этих заданий. Для экспериментальных заданий в этих материалах указываются следующие элементы:

- текст задания, аналогичный тексту из варианта учащегося;
- характеристика оборудования (номер набора оборудования в соответствии с перечнем текущего года и его состав);
- образец возможного выполнения;
- указание экспертам, в котором определяется интервал допустимых значений измеряемых величин в соответствии с погрешностями измерений;
- критерии оценивания данного конкретного задания.

Ниже приведены материалы для экспертов к заданию из примера 5.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- стальной цилиндр массой 196 г;
- сосуд с водой;
- динамометр с пределом измерения 5 Н (погрешность измерения 0,1 Н).

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (рис. 1);
- 2) $P_1 = mg$; $P_2 = mg - F_{\text{выт}}$; $F_{\text{выт}} = P_1 - P_2$;
- 3) $P_1 = 2,0$ Н; $P_2 = 1,7$ Н;
- 4) $F_{\text{выт}} = 0,3$ Н.

Указание экспертам

Учитывая погрешность прямого измерения силы динамометром, получаем:

$$P_1 = (2,0 \pm 0,1) \text{ Н};$$

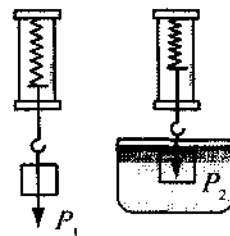


Рис. 1

$$P_2 = (1,7 \pm 0,1) \text{ Н.}$$

Значения прямых измерений считаются верными, если они укладываются в указанные границы и получено, что $P_2 < P_1$.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
<p>Полностью правильное выполнение задания, включающее:</p> <p>1) схематичный рисунок экспериментальной установки;</p> <p>2) формулу для расчёта искомой величины по доступным для измерения величинам (в данном случае — для выталкивающей силы через вес тела в воздухе и вес тела в воде);</p> <p>3) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — результаты измерения веса тела в воздухе и веса тела в воде);</p> <p>4) полученное правильное численное значение искомой величины</p>	4
<p>Приведены все элементы правильного ответа 1—4, но:</p> <p>— допущена ошибка при вычислении значения искомой величины;</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— допущена ошибка при обозначении единиц измерения искомой величины;</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует</p>	3
<p>Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен ответ.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений величин, записана формула для расчёта искомой величины, но не получен ответ, и не приведён рисунок экспериментальной установки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствуют рисунок экспериментальной установки и формула для расчёта искомой величины</p>	2
<p>Записаны только правильные значения прямых измерений.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Приведено правильное значение только одного из прямых измерений, и сделан рисунок экспериментальной установки</p>	1
<p>Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания</p>	0

При подготовке аудитории к проведению экзамена по физике на столы ставят наборы оборудования в соответствии с указаниями, приведёнными в критериях оценивания экспериментальных заданий для полученных регионом вариантов. Таким образом, каждый учащийся получает все необходимые приборы и материалы для выполнения экспериментального задания из его экзаменационного варианта.

Использование экспериментальных заданий накладывает ограничения на процедуру проведения экзамена. Экзамен целесообразно проводить в кабинетах физики. При необходимости можно использовать другие кабинеты, где созданы условия для безопасного труда учащихся при выполнении экспериментальных заданий.

На экзамене присутствует специалист по физике, который перед экзаменом проводит инструктаж по технике безопасности и следит за соблюдением соответствующих правил во время работы учащихся с лабораторным оборудованием. Примерная инструкция по обеспечению безопасного труда в процессе проведения Государственной (итоговой) аттестации выпускников основной школы по физике приводится в дополнительных материалах к экзамену.

Экспериментальные задания в ГИА являются заданиями с развёрнутым ответом и проверяются специалистами-предметниками (экспертами), прошедшими специальную подготовку по материалам ФИПИ. Для объективной проверки каждого типа заданий разработаны обобщённые критерии оценивания.

1. ОПИСАНИЕ КОМПЛЕКТА ОБОРУДОВАНИЯ «ГИА-ЛАБОРАТОРИЯ»

1.1. НАБОР ОБОРУДОВАНИЯ «МЕХАНИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ»

Состав и характеристики

Набор оборудования «Механические явления» (рис. 1.1.1) комплекта «ГИА-лаборатория» размещается в двух контейнерах с ложементом; отдельный тубус предназначен для штатива и длинной части направляющей.



Рис. 1.1.1

Контейнер 1 представлен на рис. 1.1.2, схема расположения оборудования, находящегося в его ложементе, — на рис. 1.1.2а. Контейнер 2 представлен на рис. 1.1.3, схема расположения оборудования в ложементе — на рис.1.1.3а.

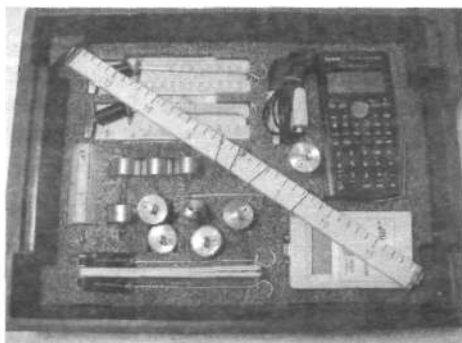


Рис. 1.1.2

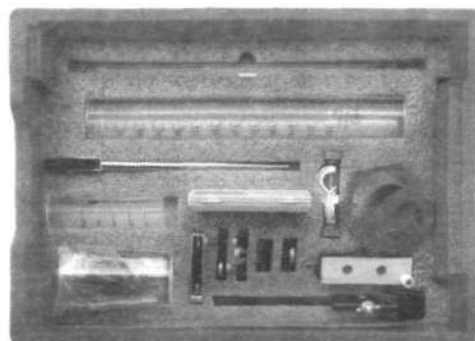
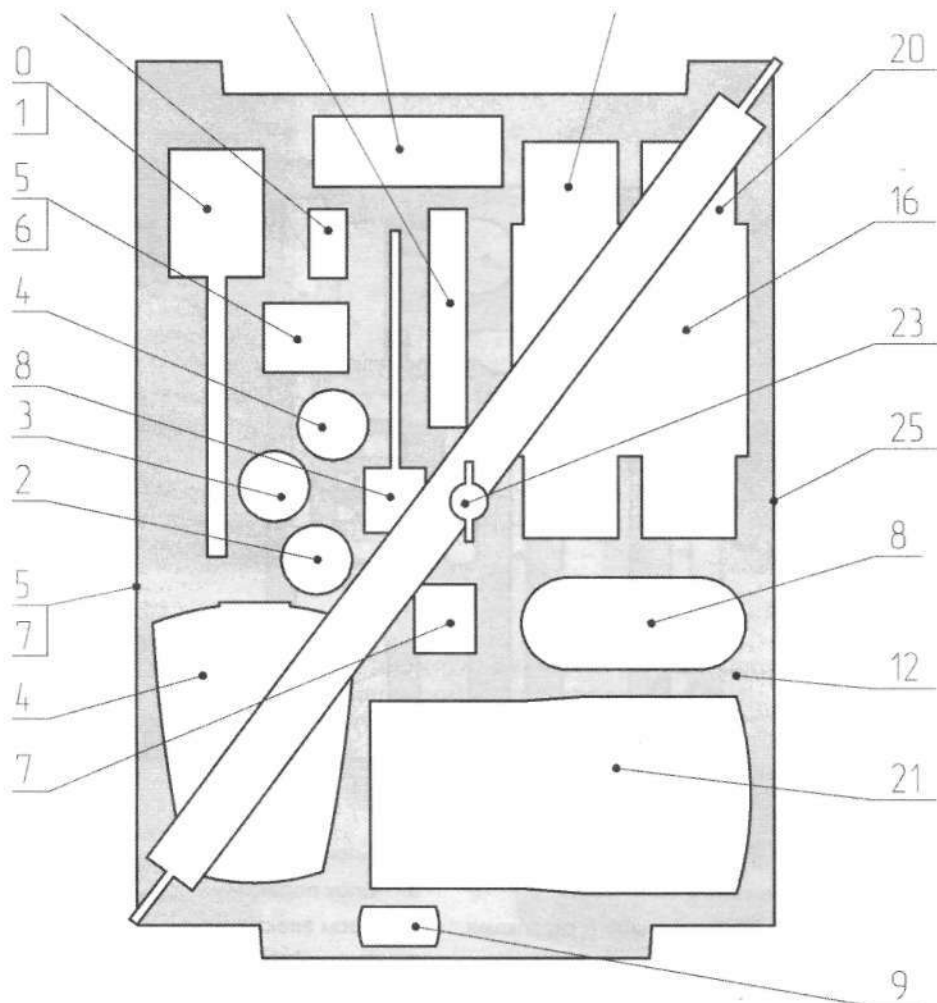
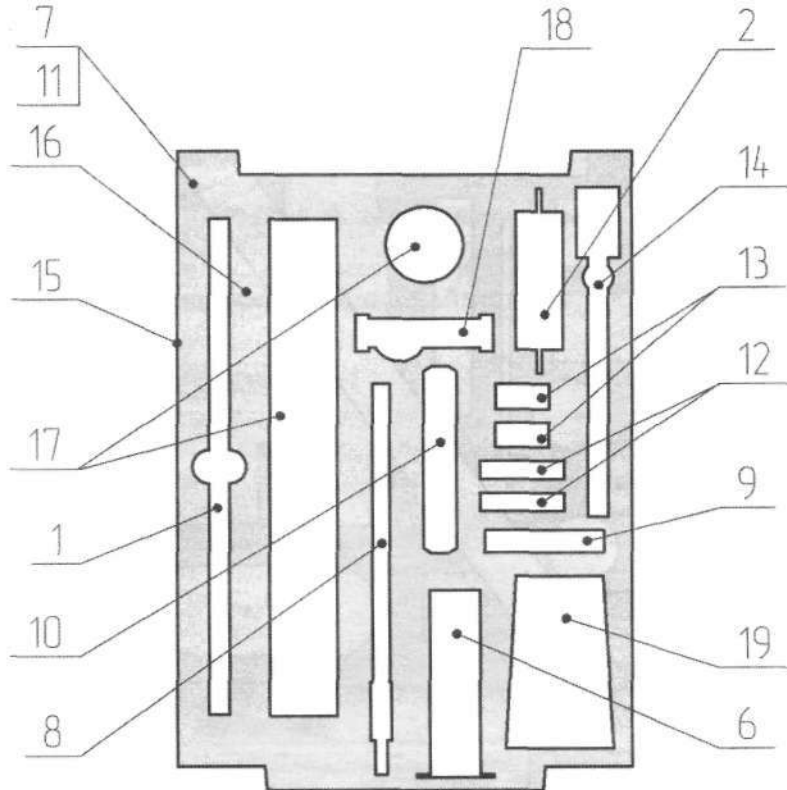


Рис. 1.1.3



- | | | | |
|----|------------------------|----|---|
| 1 | Тело 1 | 14 | Подставка под грузы (не имеет специального места в ложементе) |
| 2 | Тело 2 | 15 | Контейнер 75 мм с крышкой |
| 3 | Тело 3 | 16 | Коврик полиуретановый |
| 4 | Тело 4 | 17 | Вкладыш изонел 3 мм |
| 5 | Тело 5 | 18 | Груз наборный |
| 6 | Тело 6 | 19 | Динамометр 1 Н |
| 7 | Груз 50 г | 20 | Динамометр 5 Н |
| 8 | Датчики в сборе | 21 | Калькулятор CASIO FX-82ES |
| 9 | Ключ секундомера | 22 | Комплект наклеек (не имеет специального места в ложементе) |
| 10 | Динамометр 1 со шкалой | 23 | Рычаг демонстрационный 40 см |
| 11 | Динамометр 2 со шкалой | 24 | Секундомер |
| 12 | Ложемент | 25 | Транспортер металлический |
| 13 | Груз 100 г | | |

Рис. 1.1.2а

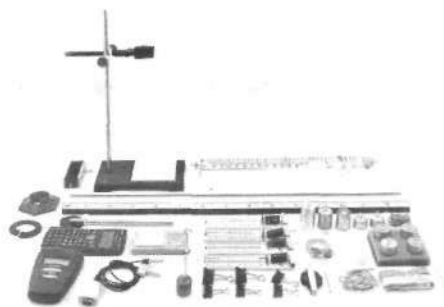


- | | | | |
|---|---|----|-----------------------------|
| 1 | Трубка с шариком | 8 | Блок неподвижный |
| 2 | Брусок с магнитом | 9 | Блок подвижный |
| 3 | Пакет с лентами мерными и скрепками
(не имеет специального места в ложе-
менте) | 10 | Весы электронные |
| 4 | Пакет с упругими элементами
(не имеет специального места в ложе-
менте) | 11 | Вкладыш изонел 3 мм |
| 5 | Пакет со шнурами (не имеет специаль-
ного места в ложементе) | 12 | Зажим канцелярский 25 мм |
| 6 | Колба-шприц 50 мл | 13 | Зажим канцелярский 32 мм |
| 7 | Контейнер высотой 75 мм с крышкой
(на схеме не обозначен) | 14 | Зажим-лапа |
| | | 15 | Линейка металлическая 30 см |
| | | 16 | Ложемент |
| | | 17 | Мерный цилиндр 250 мл |
| | | 18 | Муфта штатива |
| | | 19 | Стакан мерный 250 мл |

Рис. 1.1.3а

Набор (рис. 1.1.4) состоит из средств измерения (приборов, инструментов и мер) и принадлежностей для сборки измерительных установок, предназначенных для исследования равномерного и равноускоренного движений, а также колебаний; равновесия тел; сил упругости, трения и архимедовой силы. В состав набора входит калькулятор FX-82ES.

Рис. 1.1.4



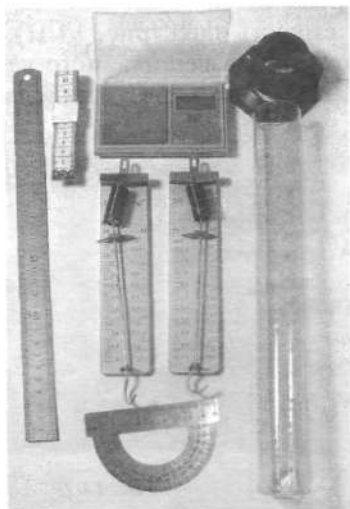


Рис. 1.1.5



Рис. 1.1.6

1. Секундомер электронный с магнитоуправляемыми датчиками.

В пределах от 0 до 9,999 с секундомер производит отсчёт до 0,001 с (рис. 1.1.7), а затем автоматически переходит в режим отсчёта до 0,01 с (рис. 1.1.8).



Рис. 1.1.7



Рис. 1.1.8

Секундомер вводится в рабочий режим при соединении его разъёма с разъёмами датчиков; начинается отсчёт либо при первом прохождении пускового магнита мимо любого из двух датчиков, либо при нажатии кнопки «Пуск/Стоп»; выключается либо при втором прохождении пускового магнита мимо любого из двух датчиков, либо при повторном нажатии кнопки «Пуск/Стоп». При нажатии кнопки «Сброс» показания дисплея «обнуляются». Секундомер имеет специальный модуль, при соединении которого с разъёмом секундомера последний работает без датчиков.

2. Весы электронные (рис. 1.1.9; 1.1.10).



Рис. 1.1.9



Рис. 1.1.10

Предел измерения массы 200 г; отсчёт до 0,01 г; предел погрешности измерения массы 0,1 г.

Кнопка «Т/Вкл» предназначена для включения весов и для сброса массы тары: нажатие кнопки «Т/Вкл» после того, как на платформу весов установлена пустая ёмкость-тара (рис. 1.1.11), «обнуляет» дисплей (рис. 1.1.12), после чего весы будут указывать только массу взвешиваемого вещества, помещаемого в тару после «обнуления» дисплея (рис. 1.1.13). Нажатием кнопки «С/Выкл» весы выключаются.



Рис. 1.1.11

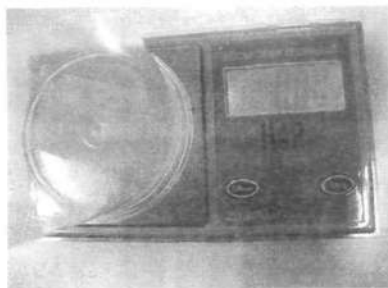


Рис. 1.1.12

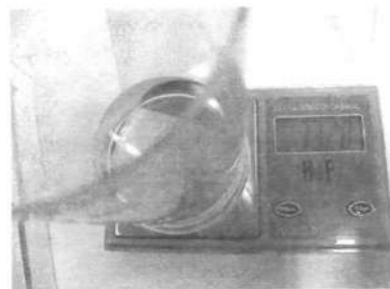


Рис. 1.1.13

3. Динамометры (рис. 1.1.14; 1.1.15).

3.1. Динамометр с пределом измерения **1 Н**; цена деления 0,02 Н; основная погрешность в пределах от 0 до 0,10 Н не превосходит 0,04 Н, в остальной части шкалы — 0,02 Н.

3.2. Динамометр с пределом измерения **5 Н**; цена деления 0,1 Н; основная погрешность 0,1 Н.

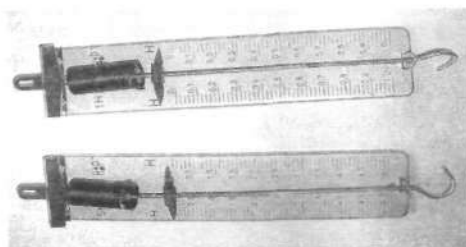


Рис. 1.1.14

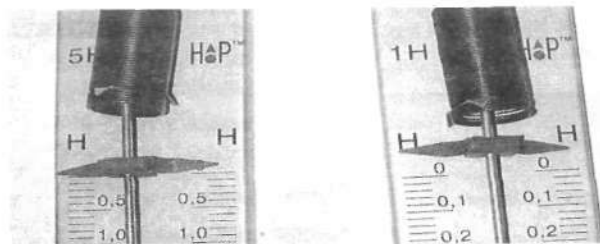


Рис. 1.1.15

4. Меры.

4.1. Линейка стальная 0—300 мм. Погрешность 0,5 мм на всей длине.

4.2. Мерная лента 0—1500 мм. Погрешность 5 мм на всей длине. Имеет отверстие, совпадающее с нулём шкалы.

4.3. Транспортир. Основная погрешность 1° в конце шкалы.

4.4. Мерный цилиндр (рис. 1.1.16). ГОСТ 1770-74. Предел измерения 250 мл. Цена деления 2 мл. Основная погрешность 2 мл.



Рис. 1.1.16

4.5. Меры массы (рис. 1.1.17).

4.5а. Набор грузов: 4 груза массой (100 ± 2) г каждый; 1 груз массой (50 ± 1) г.

4.5б. Наборный груз: основание массой $(10,0 \pm 0,5)$ г; шайбы массой $(10,0 \pm 0,5)$ г; груз массой (50 ± 1) г.

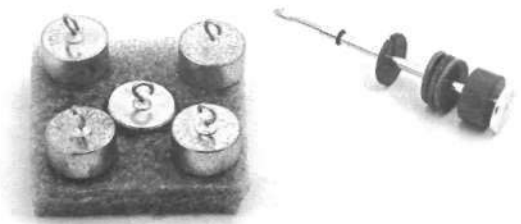


Рис. 1.1.17

II. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ (РАВНОМЕРНОГО, РАВНОУСКОРЕННОГО) И КОЛЕБАНИЙ ГРУЗА НА ПРУЖИНЕ

Набор оборудования содержит секундомер с датчиками (см. «Секундомер электронный с магнитоуправляемыми датчиками»); направляющую длиной 750 мм; брусок с пусковым магнитом и двумя крючками массой (50 ± 1) г, размером $82 \text{ мм} \times 48 \text{ мм} \times 36 \text{ мм}$ и трубку, заполненную глицерином со стальным шариком и пузырьком воздуха (рис. 1.1.18; 1.1.19).

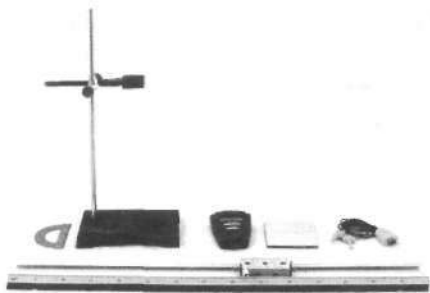


Рис. 1.1.18



Рис. 1.1.19

Базовые установки для исследования равномерного, равноускоренного движений и колебаний представлены на рис. 1.1.20—1.1.22.

Для исследования колебаний груза на подвесе используется специальная мерная лента со смещённой точкой подвеса грузов № 5 и № 6. Расстояние от центра масс этих грузов до точки подвеса совпадает со штрихом шкалы, на уровне которого лента закреплена в лапке.

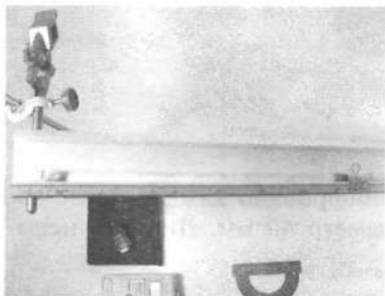


Рис. 1.1.20



Рис. 1.1.21

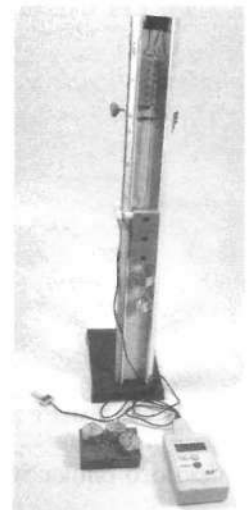


Рис. 1.1.22

III. НАБОР ТЕЛ (рис. 1.1.23)



Рис. 1.1.23

Таблица 1.1.1

Номер маркировки	Вещество	Форма «круглый цилиндр», диаметр ($d \pm 0,5$) мм	Высота ($h \pm 0,5$) мм	Масса измерена весами, входящими в комплект. Отсчёт до 0,01 г. Погрешность 0,1 г	Объём (мл)	
					номинальный	измеренный мерным цилиндром
1	Пластик, имеющий шкалу вдоль направляющей	30,0	80,0	66,31	56,5	56
2	Алюминий		50,0	99,99	35,3	36
3	Алюминий		37,0	70,27	26,1	25
4	Сталь		37,0	196,31	26,1	25
5	Сталь		19,0	95,73	13,4	12
6	Алюминий		19,0	38,54	13,4	12

IV. РЫЧАГ И БЛОКИ (рис. 1.1.24)

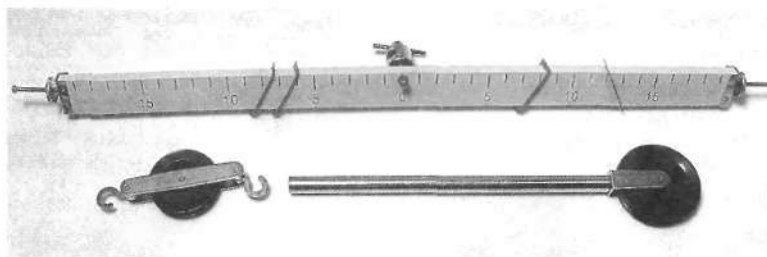


Рис. 1.1.24

Рычаг имеет длину 40 см, цена деления 1 см, шкала 20—0—20, оцифровано каждое пятое деление, «20 см» — нерабочее. Масса подвижного блока (25 ± 1) г, диаметр 40 мм. Диаметр неподвижного блока 50 мм.

V. ПРУЖИНЫ И НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ (рис. 1.1.25; 1.1.26)

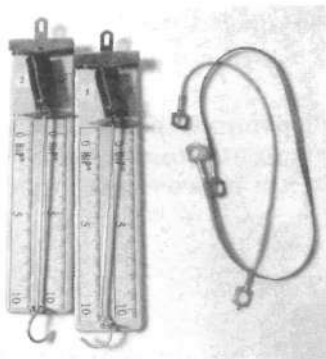


Рис. 1.1.25

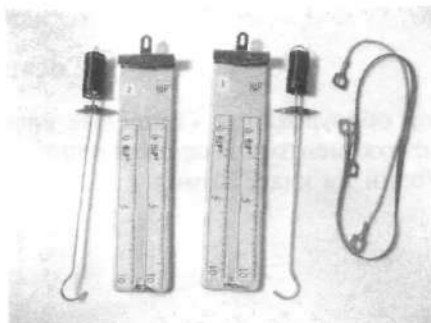


Рис. 1.1.26

1. Пружина № 1, основание для пружины. Жёсткость пружины (50 ± 2) Н/м. Основание для пружины с миллиметровой шкалой. Пружина имеет подвижный указатель с номером пружины.
2. Пружина № 2, основание для пружины. Жёсткость ($10,0 \pm 0,4$) Н/м. Основание для пружины с миллиметровой шкалой. Пружина имеет подвижный указатель с номером пружины.
3. Нелинейные элементы (резиновые образцы).

VI. ОБОРУДОВАНИЕ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

1. Скрепки, канцелярские зажимы, банковские резинки, бечёвки (рис. 1.1.27).
2. Мензурка (250 мл), салфетка, тарелочка (рис. 1.1.28).
3. Шприц с запаянным отверстием без поршня и иглы (модель «лодка»), объём 60 мл, масса ($14,5 \pm 0,5$) г (рис. 1.1.29).

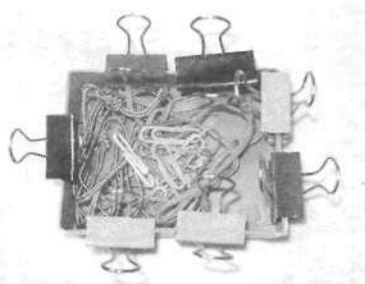


Рис. 1.1.27



Рис. 1.1.28



Рис. 1.1.29

VII. ШТАТИВ С МУФТОЙ И ЛАПКОЙ (рис. 1.1.30)

Длина штанги 600 мм.

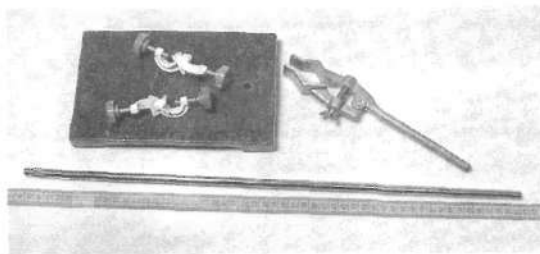


Рис. 1.1.30

VIII. КАЛЬКУЛЯТОР FX-82ES

1.2. НАБОР ОБОРУДОВАНИЯ «ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ»

Состав и характеристики

Набор оборудования «Тепловые явления» комплекта «ГИА-лаборатория» размещается в контейнере с ложементом. В специальной упаковке поставляются: барометр, гигрометр, электрический чайник (один на класс-комплект), калориметр, пластиковая кружка для горячей воды (рис. 1.2.1—1.2.3).

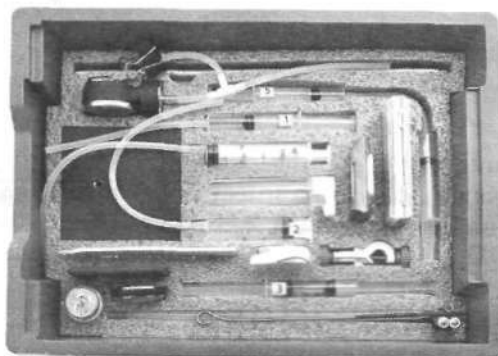


Рис. 1.2.1

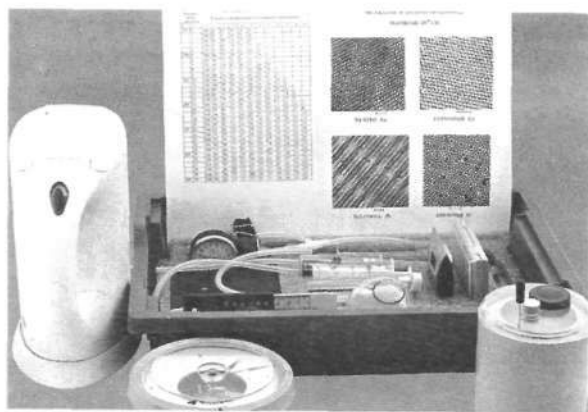


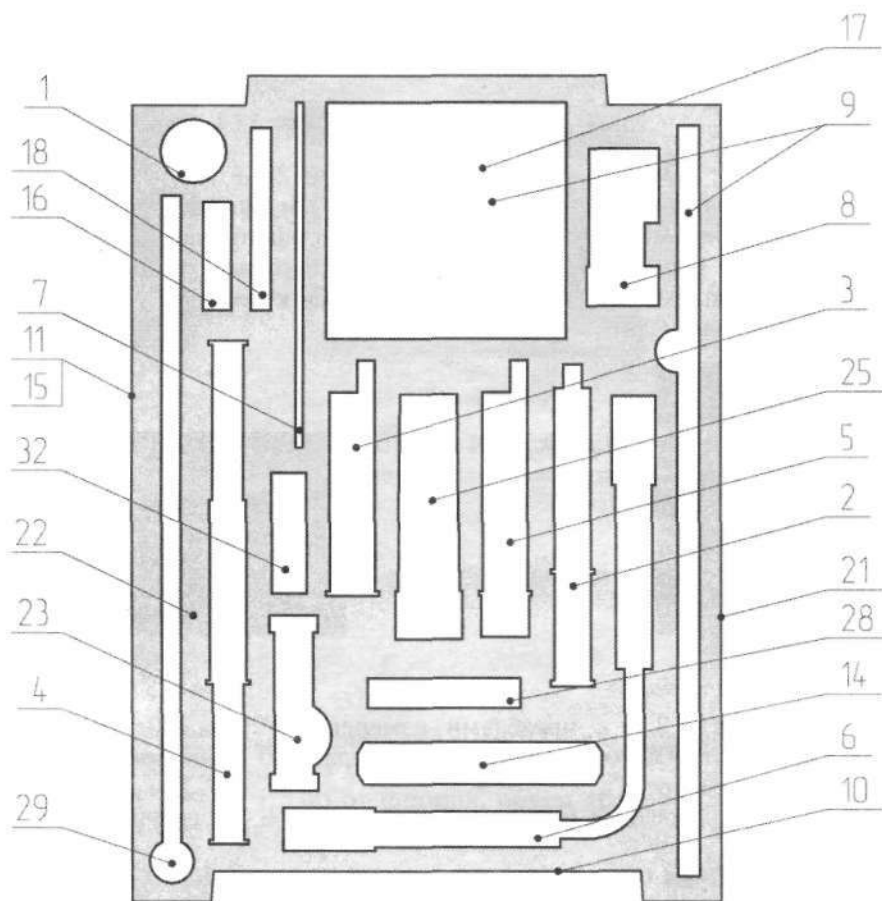
Рис. 1.2.2



Рис. 1.2.3

Схема расположения оборудования в ложементе представлена на рис. 1.2.1а.

Набор состоит из средств измерения; оборудования для наблюдения тепловых явлений и проведения исследований; оборудования общего назначения; таблиц и нанофотографий.



- | | | |
|--|--|--|
| 1 Калориметрическое тело | 13 Бинт 1200 мм (не имеет специального места в ложементе) | 24 Набор нанофотографий (не имеет специального места в ложементе) |
| 2 Баллон № 1 | 14 Весы электронные 200 г | 25 Поилка для птиц 11 см |
| 3 Баллон № 2 | 15 Вкладыш изонел 3 мм | 26 Психрометрическая таблица (не имеет специального места в ложементе) |
| 4 Баллон № 3 | 16 Гигрометр | 27 Резинка банковская (не имеет специального места в ложементе) |
| 5 Баллон № 4 | 17 Калориметр | 28 Таймер DIGITAL TIMER |
| 6 Баллон № 5 | 18 Калькулятор CASIO HL-4A | 29 Термометр лабораторный 100 °С |
| 7 Термометр неградуированный | 19 Комплект наклеек (не имеет специального места в ложементе) | 30 Трубка вакуумная 30 мм с крючком (расположена в 29) |
| 8 Манометр в сборе | 20 Кувшин 0,5 л (хранится в специальном контейнере для оборудования общего назначения) | 31 Чайник 0,8 л (хранится в специальном контейнере для оборудования общего назначения) |
| 9 Штатив | 21 Линейка металлическая 30 см | 32 Чашка Петри 60/15 мм |
| 10 Крючок | 22 Ложемент | |
| 11 Контейнер 150 мм с крышкой | 23 Муфта штатива | |
| 12 Барометр БР-52 (хранится в специальном контейнере для оборудования общего назначения) | | |

Рис. 1.2.1а

I. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ (рис. 1.2.4)



Рис. 1.2.4

1. **Манометр** (рис. 1.2.5; 1.2.6) с пределами измерения $20 \div 300$ мм рт. ст. Цена деления 2 мм рт. ст. Погрешность прямого измерения давления 4 мм рт. ст. Принцип действия основан на использовании двух барометрических коробочек с гофрированными стенками объёмом $V_0 = (1,5 \pm 0,1)$ мл. В набор манометр входит в сборе с трубками и пластиковым тройником (рис. 1.2.5). При проведении опытов приборы присоединяются к тройнику, затем трубка-отвод перекрывается с помощью канцелярского зажима (рис. 1.2.6).

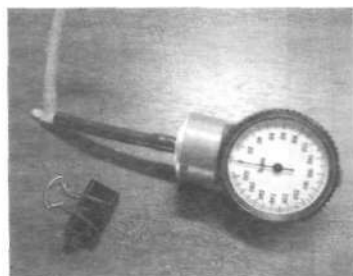


Рис. 1.2.5

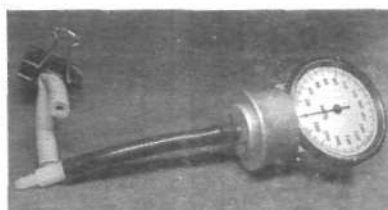


Рис. 1.2.6

2. **Барометр БР-52** (рис. 1.2.7) с пределами измерения $720 \div 780$ мм рт. ст. Цена деления 1 мм рт. ст. Погрешность прямого измерения в пределах $740 \div 760$ мм рт. ст. — 3 мм рт. ст., в остальной части шкалы — 5 мм рт. ст.

3. **Гигрометр** (рис. 1.2.8). Пределы измерения 20% — 100%. Погрешность прямого измерения 2%.

4. **Калькулятор Casio HL-4A** (рис. 1.2.9).



Рис. 1.2.7



Рис. 1.2.8



Рис. 1.2.9

5. **Часы электронные.**

6. **Термометр**, 2 шт. Цена деления 1°C . Погрешность прямого измерения (без учёта ошибки на параллакс) 1°C .

7. **Линейка стальная** 150 мм.

8. **Весы электронные** (рис. 1.2.10; 1.2.11).



Рис. 1.2.10



Рис. 1.2.11

Предел измерения массы 200 г; отсчёт до 0,01 г; предел погрешности измерения массы 0,1 г.

Кнопка «Т/Вкл» предназначена для включения весов и для сброса массы тары: нажатие кнопки «Т/Вкл» после того, как на платформу весов установлена пустая ёмкость-тара (рис. 1.2.12), «обнуляет» дисплей (рис. 1.2.13), после чего весы будут указывать только массу взвешиваемого вещества, помещаемого в тару после «обнуления» дисплея (рис. 1.2.14). Нажатием кнопки «С/Выкл» весы выключаются.



Рис. 1.2.12



Рис. 1.2.13



Рис. 1.2.14

II. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ЯВЛЕНИЙ

Набор баллонов (рис. 1.2.15) позволяет исследовать различные свойства газов.

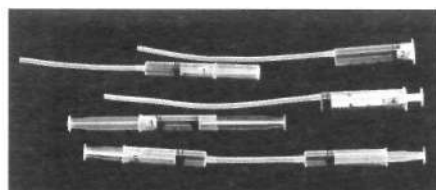


Рис. 1.2.15

1. Баллон № 1 (рис. 1.2.16) от шприца объёмом 12 мл с ограничителем. Предназначен для наблюдения изменения давления воздуха при изменении объёма.

2. Баллон № 2 (рис. 1.2.17; 1.2.18) от шприца, объём которого 20 мл зафиксирован неподвижным поршнем. Предназначен для наблюдения изменения давления воздуха при увеличении температуры.



Рис. 1.2.16



Рис. 1.2.17

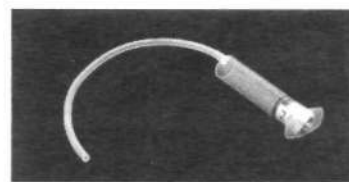


Рис. 1.2.18

3. Баллон № 3 (рис. 1.2.18; 1.2.19) от шприца объёмом 12 мл с двумя поршнями. Предназначен для наблюдения перемещения одного из поршней при движении другого.

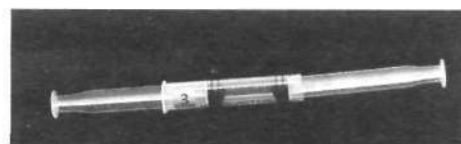


Рис. 1.2.19

4. Баллон № 4 с патрубком (рис. 1.2.20) от шприца объёмом 22 мл. Предназначен для сборки (совместно с баллоном № 5) прибора для наблюдения перемещения одного из поршней при перемещении другого (рис. 1.2.21).



Рис. 1.2.20



Рис. 1.2.21

5. **Баллон № 5** (рис. 1.2.22) от шприца объёмом 12 мл. Предназначен для сборки (совместно с баллоном №4) прибора для наблюдения перемещения одного из поршней при перемещении другого (рис. 1.2.21), а также для наблюдения поднятия воды из сосуда при перемещении поршня.



Рис. 1.2.22

6. **Полка для птиц** (рис. 1.2.23). Используется для наблюдения действия атмосферного давления.

7. **Термометрическая трубка** (рис. 1.2.24) на основании со шкалой, цена деления которой 1 мм. Предназначена для исследования зависимости длины столбика жидкости от температуры.

8. **Трубка пластиковая** (рис. 1.2.25) длиной 30 см.

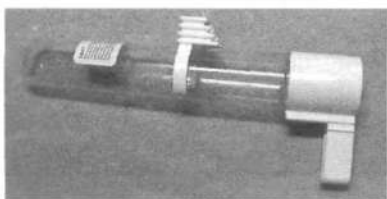


Рис. 1.2.23

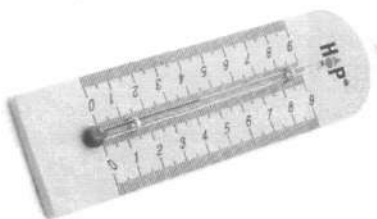


Рис. 1.2.24

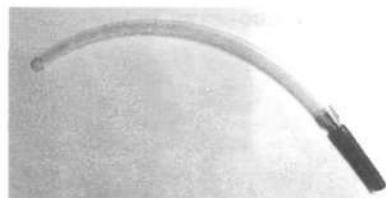


Рис. 1.2.25

III. **НАГРЕВАТЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ** (рис. 1.2.26; входит в состав набора по электричеству)

Нагреватель электрический изготовлен из резистора $R_2 = (2,2 \pm \pm 0,2)$ Ом. Подключается к выпрямителю без реостата. Используется для косвенных измерений количества теплоты, измерения КПД и исследования зависимости температуры от времени.



Рис. 1.2.26

IV. **КАЛОРИМЕТР И ЦИЛИНДР АЛЮМИНИЕВЫЙ** (рис. 1.2.27; 1.2.28)

Внутренний стакан калориметра изготовлен из алюминия и имеет массу (26 ± 1) г, вмещает (200 ± 5) мл воды. Внешний стакан калориметра также изготовлен из алюминия, его масса (53 ± 1) г, вместимость (700 ± 5) мл.

Алюминиевый цилиндр с крючком имеет массу (70 ± 1) г, высота цилиндра (37 ± 1) мм, удельная теплоёмкость (920 ± 10) Дж/(кг · °С).



Рис. 1.2.27

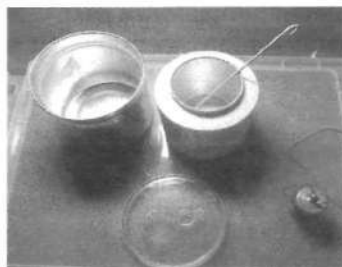


Рис. 1.2.28

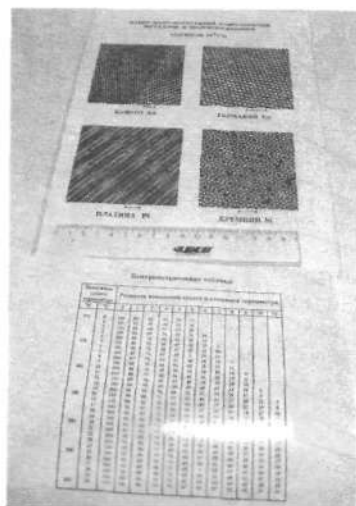


Рис. 1.2.29

V. ПЕЧАТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (рис. 1.2.29)

1. *Психрометрическая таблица.*
2. *Набор нанофотографий* поверхностей золота, германия, платины и кремния с указанием масштаба.

VI. ОБОРУДОВАНИЕ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ (рис. 1.2.30)

1. *Чайник электрический* объёмом $800 \div 1000$ мл (один на класс-комплект).
2. *Кружка пластиковая* объёмом 800 мл (одна на класс-комплект).
3. *Кристаллизатор.*
4. *Банковская резинка.*
5. *Марля.*
6. *Штатив с муфтой.*

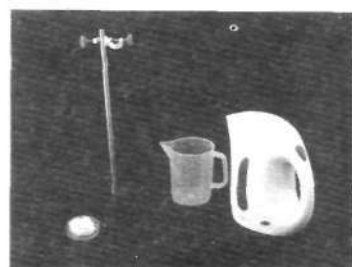


Рис. 1.2.30

1.3. НАБОР ОБОРУДОВАНИЯ «ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ»

Состав и характеристики

Набор оборудования «Электромагнитные явления» комплекта «ГИА-лаборатория» размещается в двух контейнерах с ложементами (рис. 1.3.1). Электроизмерительные приборы (рис. 1.3.3) размещены в отдельном контейнере. Схема расположения оборудования в контейнерах представлена на рис. 1.3.1а; 1.3.1б.

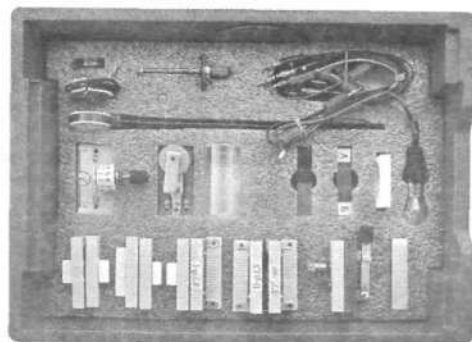
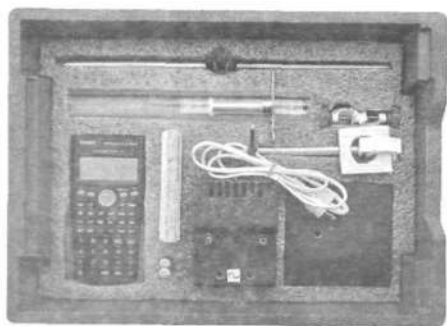
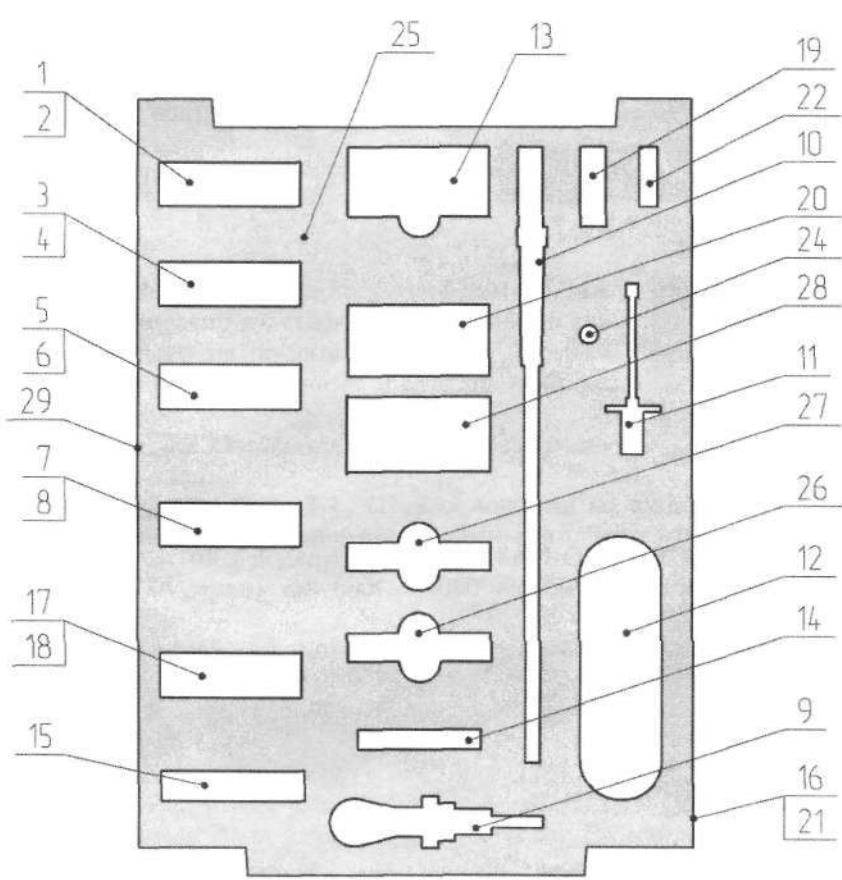
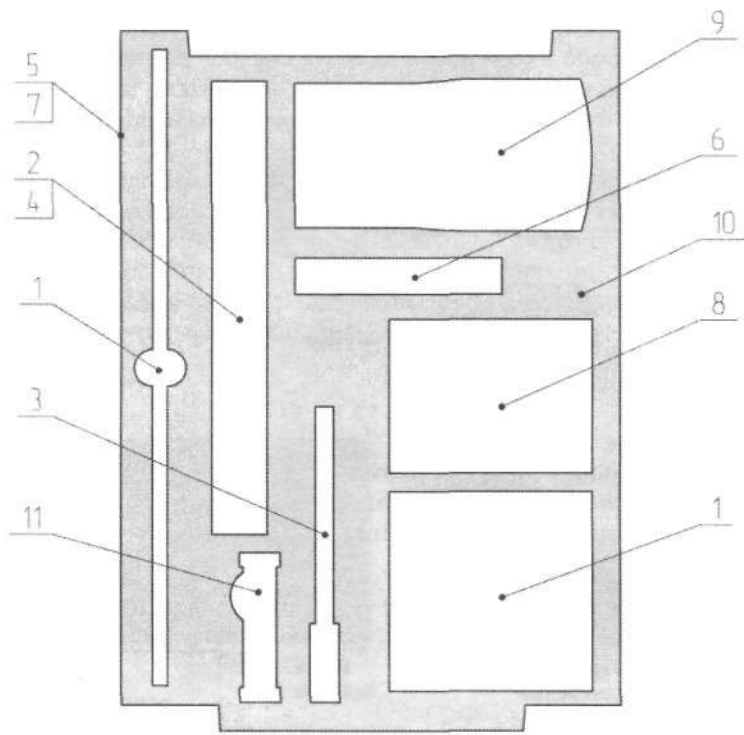


Рис. 1.3.1



- | | | |
|----------------------------|---|---|
| 1 Резистор R1 | 11 Нагреватель | 21 Вкладыш изонел 3 мм |
| 2 Резистор R2 | 12 Провода соединительные, 1 комплект | 22 Компас |
| 3 Резистор R3 | 13 Переменный резистор | 23 Комплект наклеек (не имеет специального места в ложементе) |
| 4 Резистор R4 | 14 Подставка стакана 50 мл | 24 Лампа 4,8V 0,5A |
| 5 Резистор R5 | 15 Подставка магнита | 25 Ложемент |
| 6 Резистор проволочный I | 16 Контейнер 75 мм с крышкой | 26 Магнит полосовой с наклейками "А" и "Б" |
| 7 Резистор проволочный II | 17 Лампа | 27 Магнит полосовой цветной |
| 8 Резистор проволочный III | 18 Ключ | 28 Стакан 50 мл |
| 9 Лампа 12V 21W в сборе | 19 Катушка-моток в сборе со штекерами | 29 Транспорт |
| 10 Катушка-моток на оси | 20 Электромагнит с наклейками "+" и "-" | |

Рис. 1.3.1а



- | | |
|----------------------------------|-----------------------------|
| 1 Штатив и основание для штатива | 7 Вкладыш изонел 3 мм |
| 2 Направляющая ползуна | 8 Источник питания ВУ-4 |
| 3 Держатель | 9 Калькулятор CASIO FX-82ES |
| 4 Ползун | 10 Ложемент |
| 5 Контейнер 75 мм с крышкой | 11 Муфта штатива |
| 6 Весы электронные 200 г | |

Рис. 1.3.16

Набор (рис. 1.3.2) состоит из средств измерения; источников напряжения; резисторов и оборудования для сборки электрических цепей и источников тока; лампочек; оборудования для исследования поля магнита и электромагнита, явления электромагнитной индукции; магнитов и компасов; оборудования общего назначения. В состав набора входит калькулятор FX-82ES.



Рис. 1.3.2

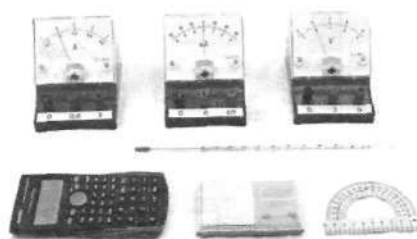


Рис. 1.3.3

1. Электроизмерительные приборы.

В состав электроизмерительных приборов входят двухпредельные приборы класса точности $\gamma = 2,5$ магнитоэлектрической системы: вольтметр, амперметр и миллиамперметр.

Характеристики приборов приведены в таблице:

Таблица 1.3.1

Название	Пределы измерений	Цена деления C	Границы погрешности	
			основной *	прямого измерения величины **
Вольтметр	1—0—3, В	0,1 В	0,1 В	0,15 В
	2—0—6, В	0,2 В	0,2 В	0,3 В
Амперметр	1—0—3, А	0,1 А	0,1 А	0,15 А
	0,2—0—0,6, А	0,02 А	0,02 А	0,03 А
Миллиамперметр	60—0—60, мА	2 мА	3 мА	0,15 мА
	6—0—6, мА	0,2 мА	0,05 мА	0,2 мА

* Основная погрешность рассчитывается по формуле: $\Delta = \frac{\gamma \cdot (\text{сумма пределов})}{100}$.

** Погрешность прямого измерения величины: основная погрешность + $\frac{C}{2}$.

2. Весы электронные (рис. 1.3.4; 1.3.5).



Рис. 1.3.4



Рис. 1.3.5

Предел измерения массы 200 г; отсчёт до 0,01 г; предел погрешности измерения массы 0,1 г. Кнопка «Т/Вкл» предназначена для включения весов и для сброса массы тары: нажатие кнопки «Т/Вкл» после того, как на платформу весов установлена пустая ёмкость-тара, «обнуляет» дисплей, после чего весы будут указывать только массу взвешиваемого вещества, помещаемого в тару после «обнуления» дисплея.

Поясним, как используются эти свойства весов при изучении электромагнитных явлений.

Предположим, что исследуется взаимодействие двух магнитов. На весы устанавливается магнит (рис. 1.3.6). Нажимаем кнопку «Т/Вкл». Дисплей «обнуляется» (рис. 1.3.7). Если теперь к стоящему на весах магниту поднести второй магнит (рис. 1.3.8), то для нахождения силы взаимодействия магнитов достаточно показания весов (рис. 1.3.9) перевести в килограммы и умножить на 10.

По рис. 1.3.9 можно заключить, что $F = 0,081 \cdot 10 \text{ Н} = 0,81 \text{ Н}$.



Рис. 1.3.6



Рис. 1.3.7

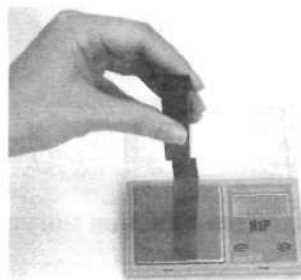


Рис. 1.3.8

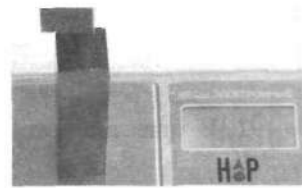


Рис. 1.3.9

Нажатием кнопки «С/Выкл» весы выключаются.

3. Транспортир. Основная погрешность 1° в конце шкалы.

4. Термометр. Основная погрешность 1°C .

II. ИСТОЧНИКИ НАПРЯЖЕНИЯ (рис. 1.3.10)

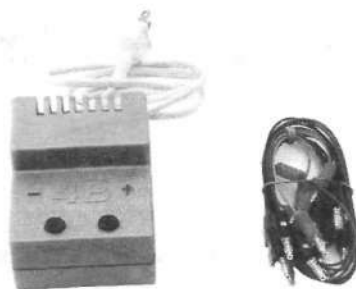


Рис. 1.3.10

1. Выпрямитель учебный ВУ-4.

Напряжение питания $36 \div 42 \text{ В}$. Максимальный ток нагрузки 2 А.

ЭДС при входном напряжении 36 В: $\varepsilon_1 = (4,2 \pm 0,2) \text{ В}$. ЭДС при входном напряжении 42 В: $\varepsilon_2 = (5,4 \pm 0,3) \text{ В}$. Нагрузочная характеристика выпрямителя (рис. 1.3.11) и данные для её построения приведены ниже:

$(U \pm 0,3) \text{ В}$	5,4	5,0	4,6	4,4	3,8	3,6	3,2
$(I \pm 0,15) \text{ А}$	0	0,4	0,8	1,0	1,5	1,8	2,0

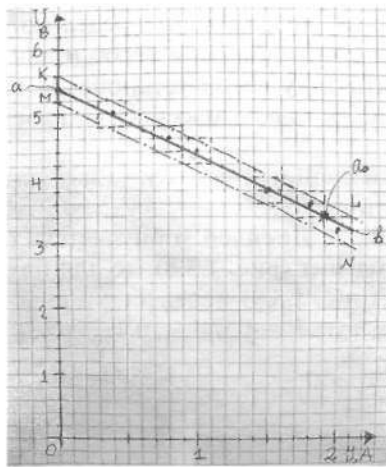


Рис. 1.3.11

2. В качестве источников напряжения могут использоваться *гальванические элементы* типа D с ЭДС = 1,5 В.

III. РЕЗИСТОРЫ И ПОТЕНЦИОМЕТР (рис. 1.3.12)

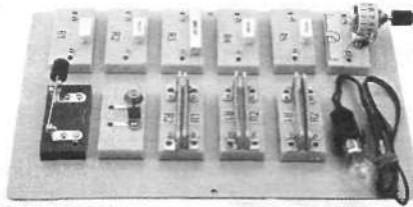


Рис. 1.3.12

1. Резисторы для сборки электрических цепей (таблица 1.3.2).

Таблица 1.3.2

Маркировка	R1	R2	R3	R4	R5
Сопротивление, Ом	$1,0 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,2$	$4,7 \pm 0,3$	$5,6 \pm 0,3$	$8,2 \pm 0,5$
Мощность рассеяния, Вт	5	5	10	5	5
Максимальный ток, А	2,2	1,5	1,4	0,9 (допустим ток 1 А)	0,8 (допустим ток 1 А)

2. Реостат.

Сопротивление (10 ± 1) Ом.

Максимальный ток 3 А.

3. Панели « ρ , I , S » состоят из двух резисторов (рис. 1.3.13) (таблица 1.3.3).

Таблица 1.3.3

	Панель I « ρ , I , S »	Панель II « ρ , I , S »	Панель III « ρ , I , S »
Качественная характеристика	Резисторы R_1 и R_2 изготовлены из проволок одинаковой длины и с одинаковым удельным сопротивлением. Диаметры проволок равны 0,25 мм и 0,36 мм соответственно. Следовательно, отношение их площадей поперечного сечения равно 1 : 2	Резисторы R_1 и R_2 изготовлены из проволок одинаковой длины и с одинаковым диаметром 0,5 мм. Удельное сопротивление проволоки, из которой изготовлен резистор R_1 , больше, чем у R_2	Резисторы R_1 и R_2 изготовлены из одной и той же проволоки диаметром 0,25 мм. Длина проволоки, из которой изготовлен резистор R_2 , в 2 раза больше, чем у R_1
Условия использования	К источнику напряжения резисторы, укрепленные на панели, могут подключаться без реостата при условии, если они оба соединены последовательно		

Типичная схема для исследования зависимости сопротивления от ρ , I и S представлена на рис. 1.3.14.

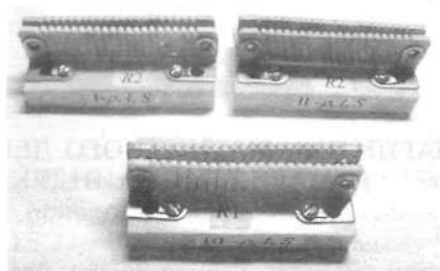


Рис. 1.3.13

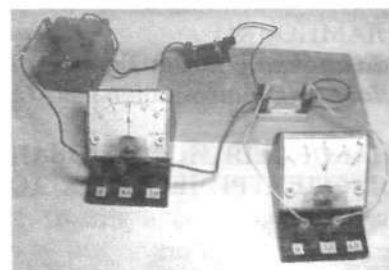


Рис. 1.3.14

4. **Нагреватель электрический** (рис. 1.3.15) изготовлен из резистора R_2 (см. «Резисторы для сборки электрических цепей»). Подключается к выпрямителю без реостата. Типичные результаты (таблица 1.3.4) и график зависимости температуры 30 мл воды от времени нагревания (рис. 1.3.16) представлены ниже.



Рис. 1.3.15

Таблица 1.3.4

t , мин	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
t , °C	14	19	23	27	31	34,5	37+	40	42	44-	46-

t , мин	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42
t , °С	47	48	49	50	50,5	51	51	51,5	52	52	52

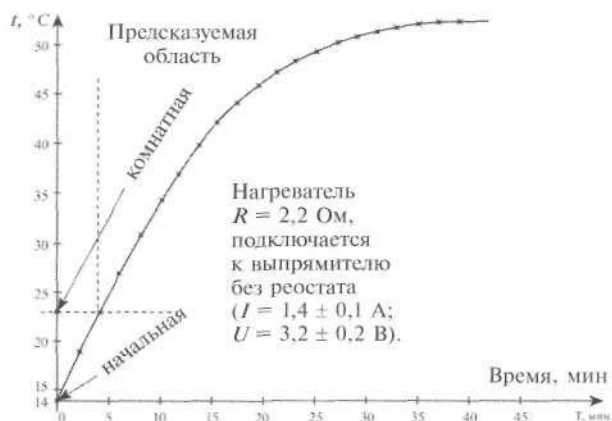


Рис. 1.3.16

IV. ЛАМПОЧКИ

1. *Лампочка* с номинальными $U_0 = 4,8 \text{ В}; I_0 = 0,5 \text{ А}$.
2. *Лампочка* автомобильная: $U_0 = 12 \text{ В}; P_0 = 21 \text{ Вт}$.

V. НАБОР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ, МАГНИТНОГО ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА И ЯВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ (рис. 1.3.17)

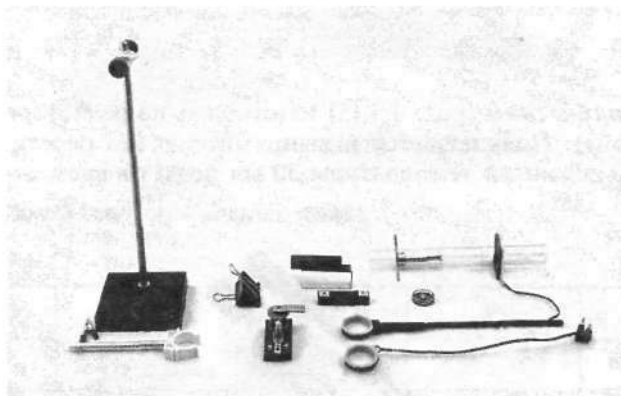


Рис. 1.3.17

1. Магниты и компас.

Состав: компас, два одинаковых магнита и один немаркированный магнит, полюса которого обозначены «А» и «Б»; подставка-зажим для магнитов.

2. Электромагнит.

Диаметр медного провода 0,25 мм.

Максимальная сила тока 1 А.

3. Катушка.

Число витков 40.

Диаметр провода 0,25 мм.

Максимальная сила тока 1 А.

4. Прибор для исследования взаимодействия катушки с током и магнитом, явления электромагнитной индукции и опыта Эрстеда.

В приборе используется катушка 4. Типовая установка представлена на рис. 1.3.18—1.3.20, установка для наблюдения опыта Эрстеда — на рис. 1.3.18.



Рис. 1.3.18

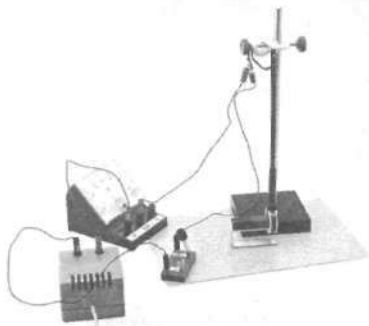


Рис. 1.3.19

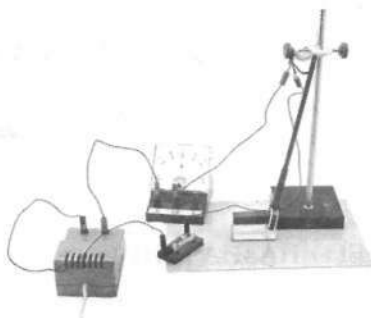


Рис. 1.3.20

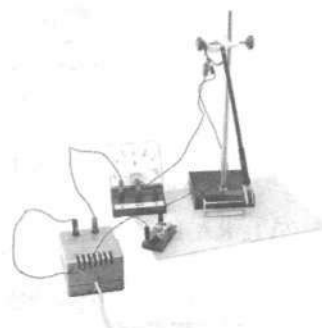


Рис. 1.3.21

5. Прибор для исследования электромагнитной индукции.

В приборе используется катушка 3, а также пластиковая трубка в специальном держателе (рис. 1.3.22). Для наблюдения зависимости индукционного тока от индукции поля при неизменной скорости изменения поля используются наборные магниты (рис. 1.3.23 и 1.3.24).



Рис. 1.3.22

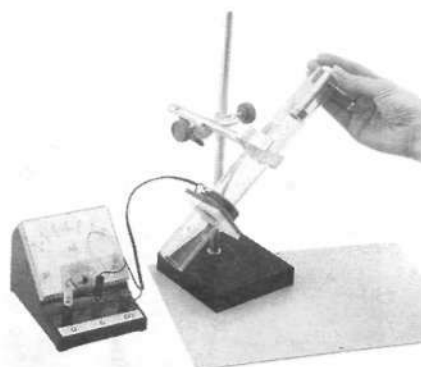


Рис. 1.3.23

Опыт по наблюдению за поворотом катушки в магнитном поле представлен на рис. 1.3.25.

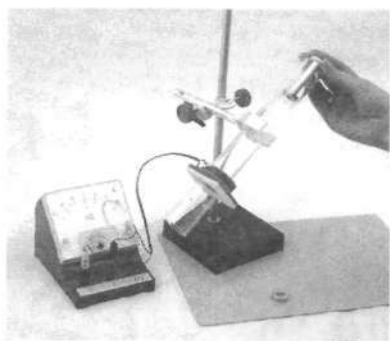


Рис. 1.3.24

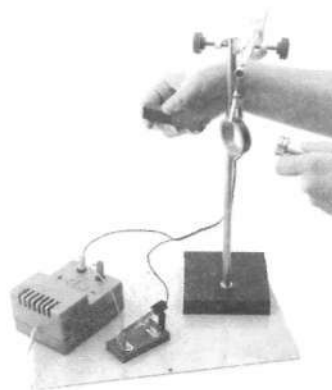


Рис. 1.3.25

VI. КАЛЬКУЛЯТОР FX-82ES

VII. ОБОРУДОВАНИЕ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

1. Мензурка пластиковая 250 мл.
2. Штатив.
3. Болтики и гайки.

1.4. НАБОР ОБОРУДОВАНИЯ «ОПТИЧЕСКИЕ И КВАНТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ»

Состав и характеристики

Набор оборудования «Оптические и квантовые явления» комплекта «ГИА-лаборатория» размещается в контейнере с ложементами (рис. 1.4.1; 1.4.2). Оптическая скамья поставляется в отдельной упаковке. Схема расположения оборудования в ложементах контейнера представлена на рис. 1.4.1а.

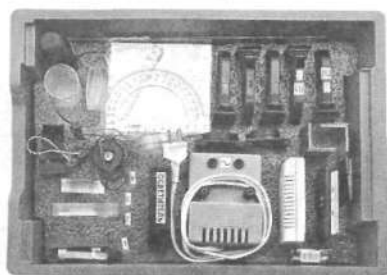


Рис. 1.4.1

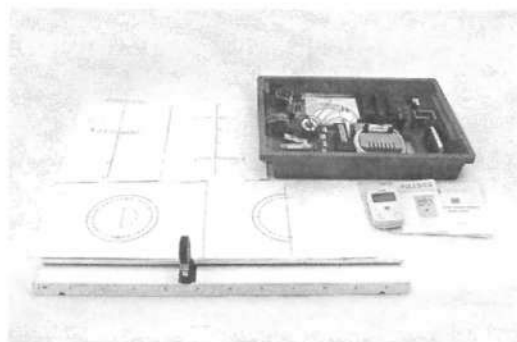
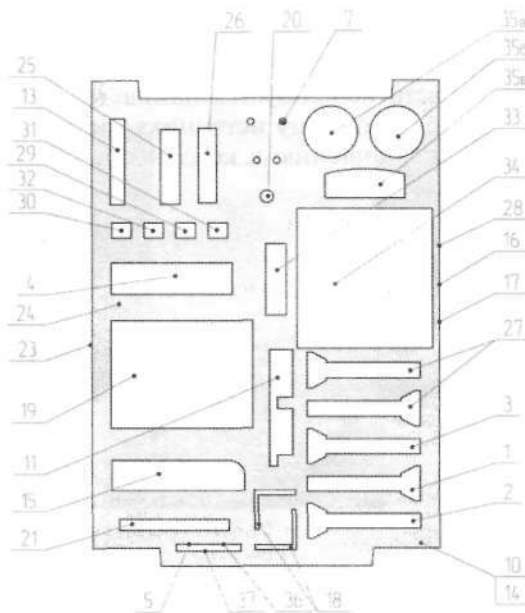


Рис. 1.4.2



- | | | |
|---|--|--|
| 1 Рейтер с линзой $F=50$ | 11 Переходник-рамка с магнитами | 24 Ложемент |
| 2 Рейтер с линзой $F=100$ | 12 Оптическая скамья 600 мм
(хранится в отдельной упаковке) | 25 Призма трапециевидная |
| 3 Рейтер с магнитами | 13 Ключ | 26 Полуцилиндр прозрачный $R26$ мм |
| 4 Корпус источника света | 14 Вкладыш изонеп 3 мм | 27 Рейтер лабораторный |
| 5 Слайд изображения | 15 Дозиметр RADEX | 28 Транспортёр прозрачный |
| 6 Комплект шкал оптических
(не имеет специального места
в ложементе) | 16 Зажим канцелярский 25 мм | 29 Цилиндрическая линза двояковыпуклая |
| 7 Провод 150 мм с 2 штекерами
(не имеет специального места
в ложементе) | 17 Зажим канцелярский 32 мм | 30 Цилиндрическая линза двояковогнутая |
| 8 Линейка магнитная (0 – 10 см)
(расположена на экране 34) | 18 Зеркало с угловым держателем | 31 Цилиндрическая линза плоско-вогнутая |
| 9 Линейка магнитная (4 – 0 – 4 см)
(расположена на экране 34) | 19 Источник питания ВУ-4-УХЛ | 32 Цилиндрическая линза плоско-выпуклая |
| 10 Контейнер 75 мм с крышкой | 20 Источник света в сборе (лампочка
в патроне) | 33 Чашка Петри 60/15 мм |
| | 21 Калькулятор CASIO HL-4A | 34 Транспортёр, экран, коврик |
| | 22 Комплект наклеек (не имеет специ-
ального места в ложементе) | 35 а) Глицерин, б) стакан, в) наливная линза |
| | 23 Линейка пластиковая 30 см | 36 Щель 1 |
| | | 37 Щель 3,5 |
| | | 38 Экран металлический 110x120 мм (см. 34) |

Рис. 1.4.1а

Набор включает:

- оборудование для лучевых опытов, измерений и исследований;
- оборудование для исследования линз с использованием оптической скамьи;
- дозиметр для оценки естественного радиоактивного фона.

1. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЛУЧЕВЫХ ОПЫТОВ, ИЗМЕРЕНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЙ (рис. 1.4.3)

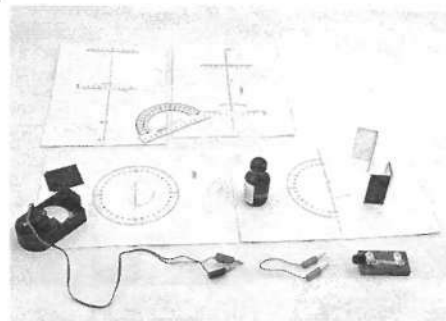


Рис. 1.4.3

1. Осветитель (рис. 1.4.4—1.4.8) состоит из специального корпуса, в котором размещается конденсор и может располагаться источник света. Конденсор представляет собой пластиковый полуцилиндр. В качестве источника света используется лампа 4,8 В/0,5 А в специальном патроне, подключаемая непосредственно к лабораторному источнику питания, который входит в состав набора. Положение источника света по отношению к конденсору может изменяться. Входное напряжение выпрямителя $36 \div 42$ В.

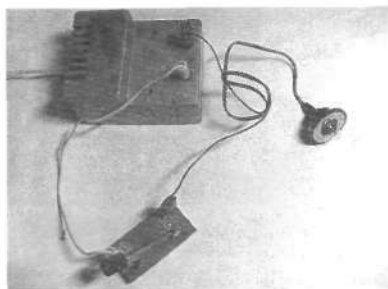


Рис. 1.4.4



Рис. 1.4.5

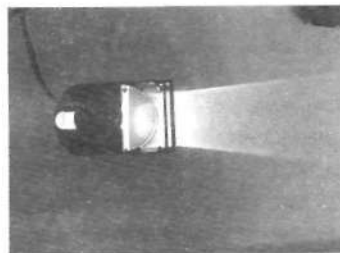


Рис. 1.4.6

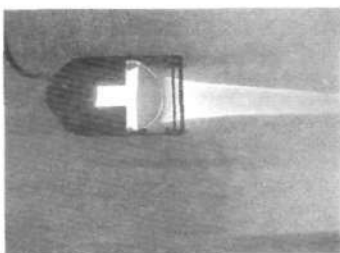


Рис. 1.4.7

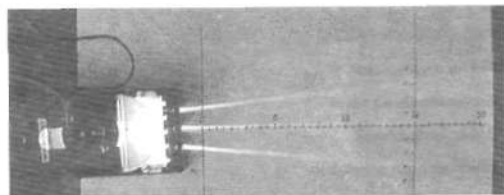


Рис. 1.4.8

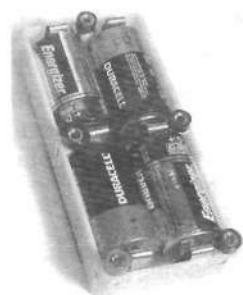


Рис. 1.4.9

Для питания осветителя могут использоваться гальванические элементы типа D в специальном контейнере (рис. 1.4.9), в набор не входят.

Узкие пучки света (1 пучок, 3 пучка, 5 пучков) получают с использованием щелевых диафрагм. Ширина, чёткость, яркость и сходямость пучка зависит от расстояния между лампочкой и диафрагмой и от ориентации нити лампочки относительно оптической оси контейнера.

При проведении лучевых опытов используются специальные планшеты и при необходимости транспортер и прозрачная линейка длиной 300 мм, а также пластиковые линейки на магнитной резине (рис. 1.4.3).

2. Оптические элементы для проведения лучевых опытов, экспериментов и исследований.

2.1. При проведении опытов с зеркалами используется планшет «1» (рис. 1.4.10—1.4.12).

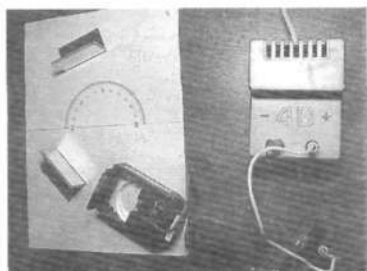


Рис. 1.4.10

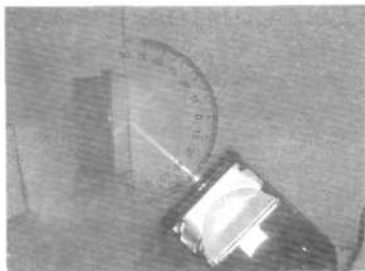


Рис. 1.4.11

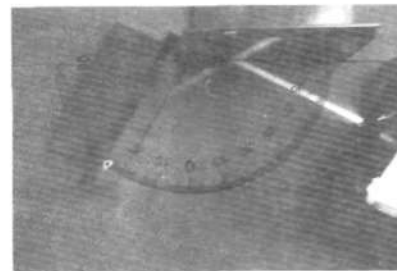


Рис. 1.4.12

2.2. Полуцилиндр для исследования преломления.

В опытах используются осветитель с однощелевой диафрагмой и планшет «2» с круговым транспортиром (рис. 1.4.13; 1.4.14).

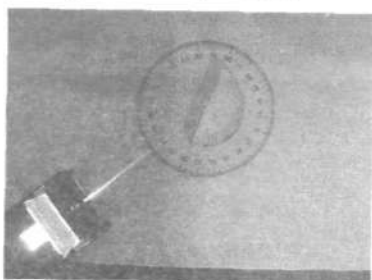


Рис. 1.4.13

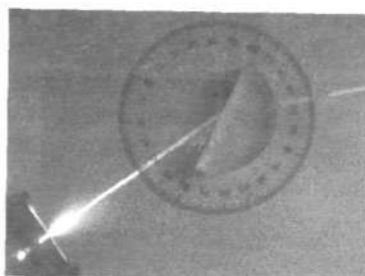


Рис. 1.4.14

2.3. Пластинка в форме трапеции имеет углы при основании 30° и 60° . Опыты с ней проводятся с использованием планшета «1» (рис. 1.4.15—1.4.18).

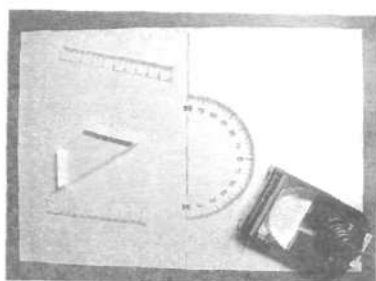


Рис. 1.4.15

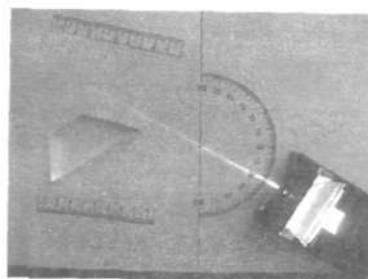


Рис. 1.4.16

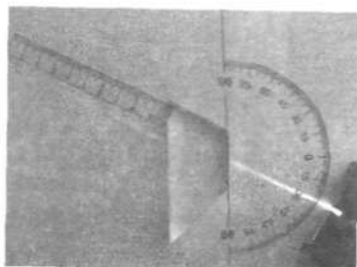


Рис. 1.4.17

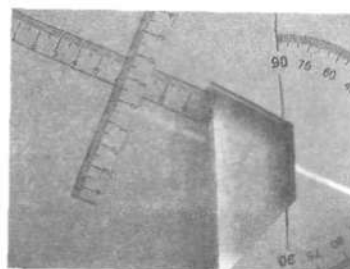


Рис. 1.4.18

Пластинка используется также для наблюдения явления дисперсии (рис. 1.4.19; 1.4.20). Показатель преломления вещества пластинки равен $(1,49 \pm 0,08)$.

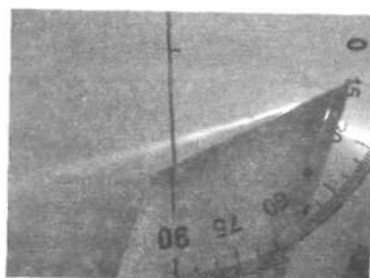


Рис. 1.4.19

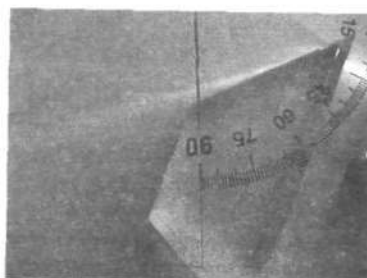


Рис. 1.4.20

2.4. Жидкие линзы. Для наблюдения зависимости фокусного расстояния от вещества линзы используется специальная пластиковая коробочка с перегородками (рис. 1.4.21). В коробочку можно налить либо воду, либо глицерин. При помощи осветителя получают параллельный пучок света (рис. 1.4.22). Опыт с глицериновой линзой показан на рис. 1.4.23, опыт с водяной линзой — на рис. 1.4.24.

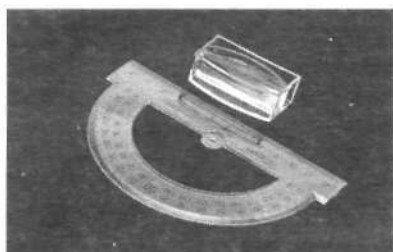


Рис. 1.4.21

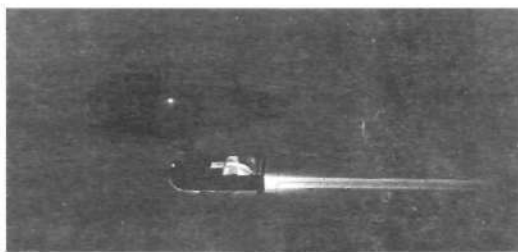


Рис. 1.4.22

При проведении опытов с жидкими линзами используется планшет «5» (рис. 1.4.23; 1.4.24).

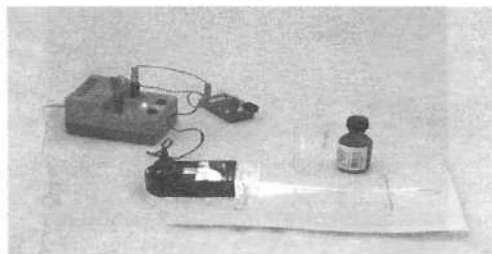


Рис. 1.4.23



Рис. 1.4.24

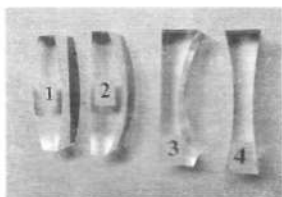


Рис. 1.4.25

2.5. Цилиндрические линзы (рис. 1.4.25) изготовлены из пластика с показателем преломления $n = 1,49 \pm 0,08$. В таблице 1.4.1 приведены параметры цилиндрических линз, входящих в набор. Наиболее подходящей для измерения учащимися является диафрагма с тремя щелями. Расстояние между крайними щелями равно $h = (28 \pm 2)$ мм. Длина хорды, ограничивающей цилиндрический сегмент линзы, (48 ± 1) мм.

Таблица 1.4.1

Линза		1	2	3	4
Радиус кривизны, мм	R_1	195 ± 5	∞	∞	230 ± 5
	R_2	195 ± 5	110 ± 5	110 ± 5	230 ± 5
Фокусное расстояние (в мм), отсчитанное от полюса передней поверхности при пропускании пучка шириной (28 ± 2) мм		90 ± 10	85 ± 10	110 ± 10	110 ± 10
Расстояние между полюсами поверхностей, ограничивающих линзу (толщина линзы), мм		13 ± 1	13 ± 1	$6,0 \pm 0,5$	$6,0 \pm 0,5$

Оптические силы толстых линз лишь приблизительно могут быть оценены по формуле тонкой линзы: $D = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} \pm \frac{1}{R_2} \right)$.

Технология проведения опытов по оценке фокусного расстояния *собирающей* линзы (рис. 1.4.26—1.4.28):

Используется планшет «1». В его начале устанавливается осветитель с диафрагмой с тремя щелями, и положение лампы настраивается так, чтобы получить три параллельных пучка. Затем параллельно диафрагме устанавливается линза так, чтобы полюс её был в точке «0». По шкале отсчитывается фокусное расстояние.

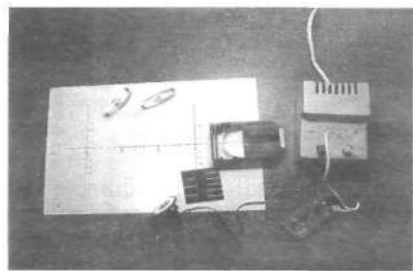


Рис. 1.4.26

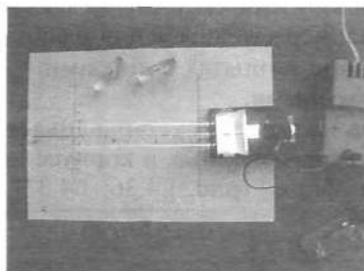


Рис. 1.4.27

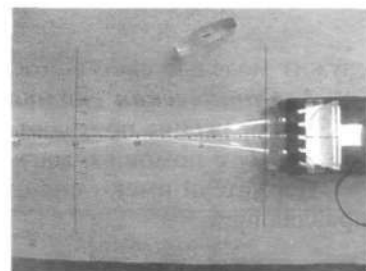


Рис. 1.4.28

Для измерения фокусного расстояния *рассеивающей* линзы (рис. 1.4.29—1.4.33) поступают следующим образом:

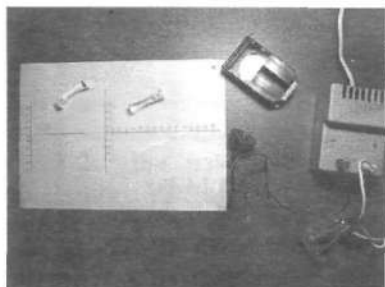


Рис. 1.4.29

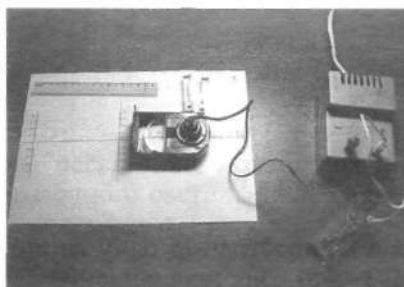


Рис. 1.4.30

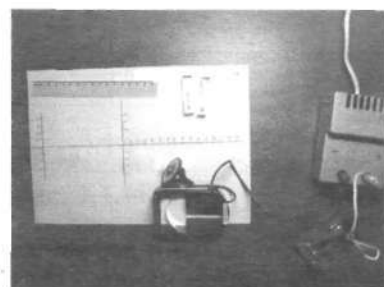


Рис. 1.4.31

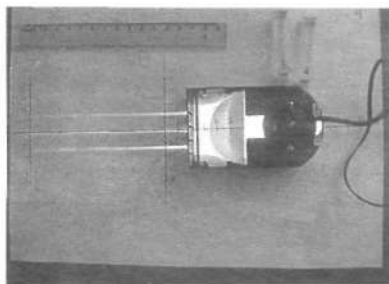


Рис. 1.4.32

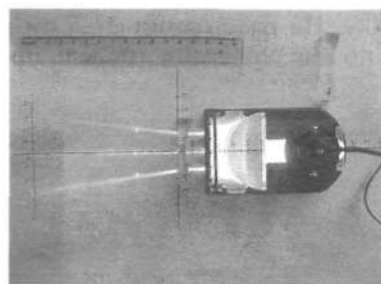


Рис. 1.4.33

Сначала устанавливают линзу (Л3 или Л4) и получают параллельные пучки (рис. 1.4.32; 1.4.33). Записывают координаты точек, в которых пучки после линзы пересекают оси, перпендикулярные оптической оси. На рис. 1.4.34 эти координаты равны (14 ± 2) мм и (26 ± 3) мм.

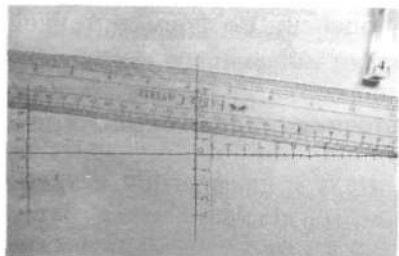


Рис. 1.4.34

Теперь располагают линейку так, чтобы она проходила через эти точки. Фокус линзы — точка, в которой линейка пересекает оптическую ось.

II. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛИНЗ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТИЧЕСКОЙ СКАМЬИ

Оборудование представлено на рис. 1.4.35. В его состав входят оптическая скамья длиной 600 мм; линзы Л1 и Л2; держатель «1» для лампочки осветителя; держатель «2» для экрана; держатель «3» для слайда, который

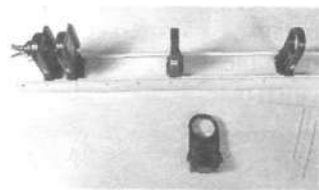


Рис. 1.4.35

служит моделью светящегося предмета в опытах с линзами.

1. Оптическая скамья и держатели.

Изображение получают на экране, который устанавливается на держателе «2» с помощью магнитов, запрессованных в корпусе держателя.

Держатели имеют специальную форму (рис. 1.4.36; 1.4.37), которая согласована с профилем направляющей.

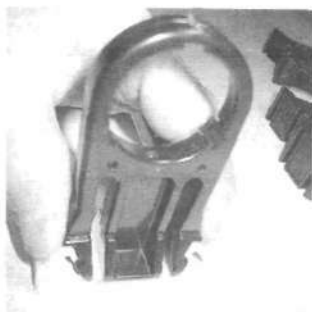


Рис. 1.4.36



Рис. 1.4.37

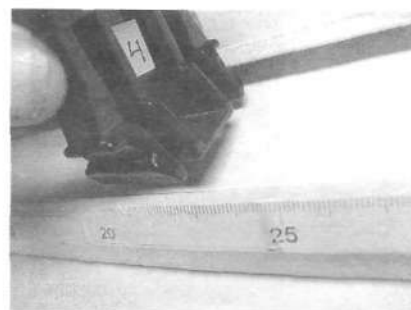


Рис. 1.4.38

Для установки держателя на скамье необходимо одну из его сторон установить на скамье наклонно, а затем нажать сверху (рис. 1.4.38). Для перемещения держателей вдоль скамьи их упругие опоры сжимают.

Осветитель собирают следующим образом:

Сначала на скамье устанавливают держатель «1» (рис. 1.4.39—1.4.41), затем на магнитах закрепляют лампочку. На расстоянии 3—5 см от держателя с лампочкой устанавливают держатель «3», а в его рамку помещают слайд «модель предмета».

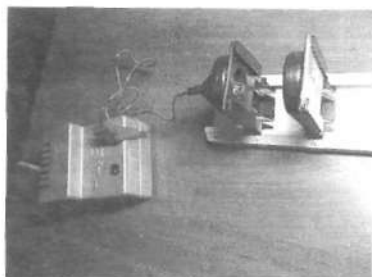


Рис. 1.4.39

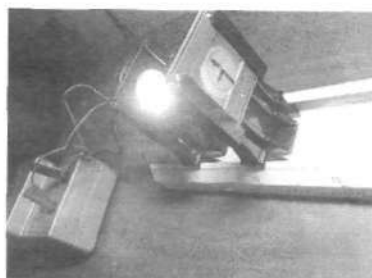


Рис. 1.4.40



Рис. 1.4.41

Стандартная оптическая схема представлена на рис. 1.4.42; 1.4.43. Для измерения размеров изображения используется специальная шкала на магнитной резине, которую можно разместить

в любом месте экрана. Расстояние от линзы до экрана и слайда «модель предмета» отсчитывают по шкале оптической скамьи.

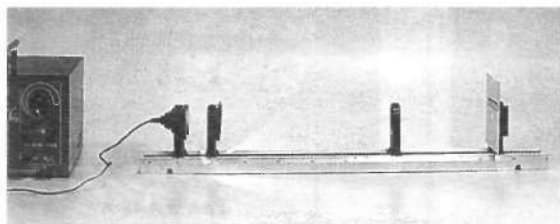


Рис. 1.4.42

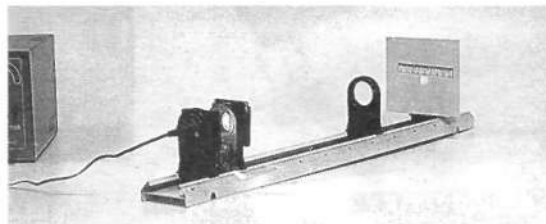


Рис. 1.4.43

2. Линзы Л1 и Л2.

2.1. Оптическая сила и фокусное расстояние приведены в таблице:

Таблица 1.4.2

Линзы	Л1	Л2
$D, \text{ м}^{-1}$	$10,3 \pm 0,3$	$18,8 \pm 1,1$
$F, \text{ мм}$	97 ± 5	53 ± 5
Расстояние между полюсами сферических поверхностей (толщина линзы), ограничивающих линзу, h , мм	6 ± 1	10 ± 1
Диаметр, мм	38 ± 1	38 ± 1

2.2. Для измерения фокусного расстояния можно получить изображения удалённого предмета (окна или потолочного светильника) на экране (рис. 1.4.44; 1.4.45).

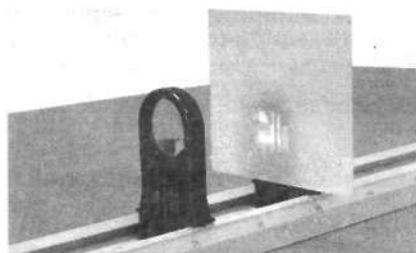


Рис. 1.4.44



Рис. 1.4.45

Прямой способ измерения фокусного расстояния основан на том, что если точечный источник света находится в фокусе собирающей линзы, то после линзы наблюдается параллельный пучок света. Сначала измеряют диаметр отверстия, в котором закреплена линза (рис. 1.4.46), затем добиваются такого положения лампочки осветителя (рис. 1.4.47), при котором диаметр пятна на экране равен диаметру отверстия (рис. 1.4.48).

III. ДОЗИМЕТР ДЛЯ ОЦЕНКИ ЕСТЕСТВЕННОГО РАДИОАКТИВНОГО ФОНА

Оценка радиоактивного фона производится с помощью дозиметра РАДЭКС-1503 (рис. 1.4.49).

Дозиметр оценивает мощность экспозиционной дозы в мкЗв/ч или в мкР/ч. Он фиксирует среднее значение дозы излучения через промежуток времени 40 с. Прибор определяет среднее

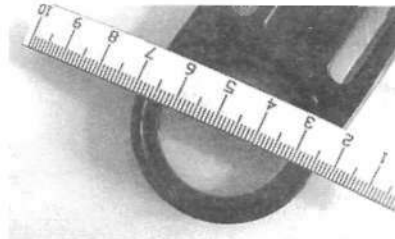


Рис. 1.4.46

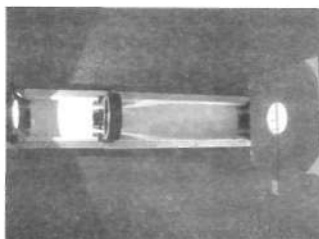


Рис. 1.4.47

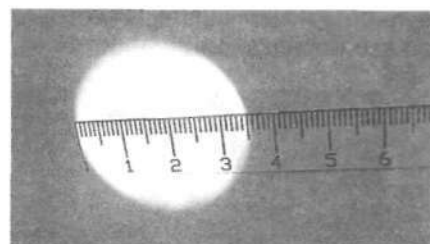


Рис. 1.4.48

значение дозы излучения за 40 с по данным четырёх измерений с интервалом 10 с. Согласно результатам наблюдений ученик строит столбчатую диаграмму зависимости дозы от времени.



Рис. 1.4.49

2. БАНК ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГИА

2.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕИЗВЕСТНОЙ ВЕЛИЧИНЫ НА ОСНОВЕ ПРЯМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Задание 1. Определение плотности твёрдого тела

Задание 1.1

Используя электронные весы, мерный цилиндр (мензурку), стакан с водой, цилиндр № 1, соберите экспериментальную установку для определения плотности материала, из которого изготовлен цилиндр № 1.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки для определения объёма тела;
- 2) запишите формулу для расчёта плотности;
- 3) укажите результаты измерения массы цилиндра и его объёма;
- 4) запишите численное значение плотности материала цилиндра.

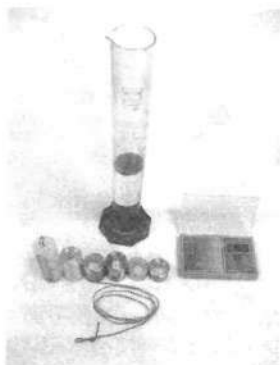
Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования (рис. 2.1.1) в составе:

- весы учебные электронные;
- мерный цилиндр (погрешность ± 2 мл);
- сосуд с водой;
- пластиковый цилиндр, имеющий маркировку № 1;
- прочная нить.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Рис. 2.1.1



Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки для определения объёма тела (рис. 2.1.2):

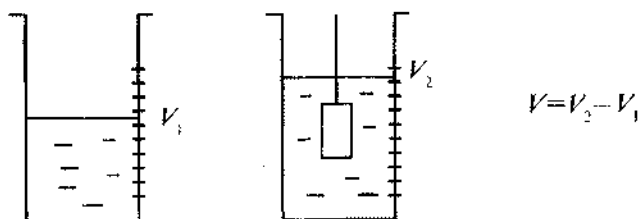


Рис. 2.1.2

2) $\rho = \frac{m}{V}$;

3) $m = 66,3 \text{ г}$; $V = V_2 - V_1 = 56 \text{ мл} = 56 \text{ см}^3$;

4) $\rho = 1,2 \text{ г/см}^3 = 1200 \text{ кг/м}^3$.

Указание экспертам

Погрешность прямых измерений массы: $m = (66,3 \pm 0,1) \text{ г}$.

Погрешность прямого измерения (с учётом основной погрешности мерного цилиндра и погрешности отсчёта) равна $2 \text{ мл} = 2 \text{ см}^3$. При вычитании измеренных значений абсолютные погрешности складываются. Следовательно, погрешность измерения объёма тела равна 4 см^3 : $V = V_2 - V_1 = (56 \pm 4) \text{ см}^3$.

Оценка границ интервала, внутри которого может оказаться верный результат, рассчитывается методом границ. Учитывая погрешность измерения мензурки и электронных весов, получаем:

нижняя граница для плотности НГ(ρ) = $1,1 \text{ г/см}^3$;

верхняя граница ВГ(ρ) = $1,3 \text{ г/см}^3$.

Задание 1.2

Используя электронные весы, мерный цилиндр (мензурку), стакан с водой, цилиндр № 2, соберите экспериментальную установку для определения плотности материала, из которого изготовлен цилиндр № 2.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки для определения объёма тела;
- 2) запишите формулу для расчёта плотности;
- 3) укажите результаты измерения массы цилиндра и его объёма;
- 4) запишите численное значение плотности материала цилиндра.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- весы учебные электронные;
- мерный цилиндр (погрешность $\pm 2 \text{ мл}$);
- сосуд с водой;
- алюминиевый цилиндр, имеющий маркировку № 2;
- прочная нить.

Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки для определения объёма тела (аналогична заданию 1.1);

2) $\rho = \frac{m}{V}$;

3) $m = 99,9 \text{ г}$; $V = V_2 - V_1 = 36 \text{ мл} = 36 \text{ см}^3$;

4) $\rho = 2,8 \text{ г/см}^3 = 2800 \text{ кг/м}^3$.

Указание экспертам

Погрешность прямых измерений массы: $m = (99,9 \pm 0,1)$ г.

Погрешность измерения объёма тела равна 4 см^3 : $V = V_2 - V_1 = (36 \pm 4) \text{ см}^3$.

Оценка границ интервала, внутри которого может оказаться верный результат, рассчитывается методом границ. Учитывая погрешность измерения мензурки и электронных весов, получаем:

нижняя граница для плотности НГ(ρ) = $2,6 \text{ г/см}^3$;

верхняя граница ВГ(ρ) = $2,9 \text{ г/см}^3$.

Задание 1.3

Используя электронные весы, мерный цилиндр (мензурку), стакан с водой, цилиндр № 4, соберите экспериментальную установку для определения плотности материала, из которого изготовлен цилиндр № 4.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки для определения объёма тела;
- 2) запишите формулу для расчёта плотности;
- 3) укажите результаты измерения массы цилиндра и его объёма;
- 4) запишите численное значение плотности материала цилиндра.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- весы учебные электронные;
- мерный цилиндр (погрешность ± 2 мл);
- сосуд с водой;
- стальной цилиндр, имеющий маркировку № 4;
- прочная нить.

Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки для определения объёма тела (аналогична заданию 1.1);

2) $\rho = \frac{m}{V}$;

3) $m = 196,3 \text{ г}$; $V = V_2 - V_1 = 24 \text{ мл} = 24 \text{ см}^3$;

4) $\rho = 8,2 \text{ г/см}^3 = 8200 \text{ кг/м}^3$.

Указание экспертам

Погрешность прямых измерений массы: $m = (196,3 \pm 0,1)$ г.

Погрешность измерения объёма тела равна 4 см^3 : $V = V_2 - V_1 = (24 \pm 4) \text{ см}^3$.

Оценка границ интервала, внутри которого может оказаться верный результат, рассчитывается методом границ. Учитывая погрешность измерения мензурки и электронных весов, получаем:

нижняя граница для плотности НГ (ρ) = $7,0 \text{ г/см}^3$;

верхняя граница ВГ (ρ) = $9,8 \text{ г/см}^3$.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) схематичный рисунок экспериментальной установки; 2) формулу для расчёта искомой величины по доступным для измерения величинам (в данном случае — для плотности через массу тела и его объём); 3) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — результаты измерения массы тела и объёма тела); 4) полученное правильное численное значение искомой величины	4

1	2
Приведены все элементы правильного ответа 1—4, но: — допущена ошибка при вычислении значения искомой величины; ИЛИ — допущена ошибка при обозначении единиц измерения искомой величины; ИЛИ — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует	3
Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен ответ. ИЛИ Правильно приведены значения прямых измерений величин, записана формула для расчёта искомой величины, но не получен ответ, и не приведён рисунок экспериментальной установки. ИЛИ Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствуют рисунок экспериментальной установки и формула для расчёта искомой величины	2
Записаны только правильные значения прямых измерений. ИЛИ Приведено правильное значение только одного из прямых измерений, и сделан рисунок экспериментальной установки	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 2. Определение коэффициента трения скольжения

Задание 2.1

Используя брусок с крючком, динамометр с пределом измерения 1 Н, динамометр с пределом измерения 5 Н, груз массой 100 г, направляющую, соберите экспериментальную установку для определения коэффициента трения скольжения между бруском и поверхностью направляющей.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта коэффициента трения скольжения;
- 3) укажите результаты измерения веса бруска с грузом и силы трения скольжения при движении бруска с грузом по поверхности направляющей;
- 4) запишите численное значение коэффициента трения скольжения.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования (рис. 2.1.3) в составе:

- брусок массой (50 ± 1) г;
- набор из четырёх грузов массой (100 ± 2) г каждый и одного груза массой (50 ± 1) г;
- динамометр с пределом измерения 1 Н (погрешность 0,02 Н);

- динамометр с пределом измерения 5 Н (погрешность 0,1 Н);
- направляющая.

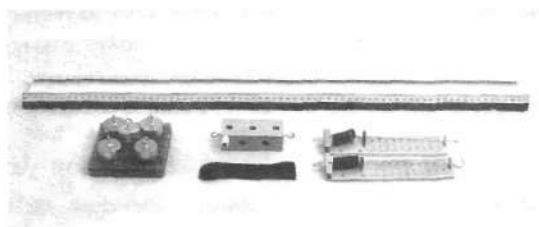


Рис. 2.1.3

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.1.4):

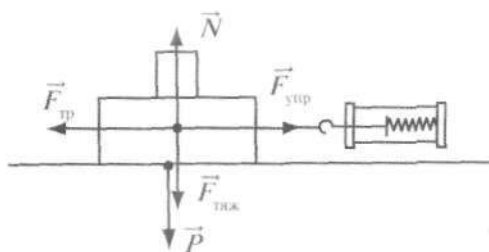


Рис. 2.1.4

- 2) $F_{\text{упр}} = F_{\text{тр}}$ (при равномерном движении);
 $F_{\text{тр}} = \mu N$; $N = P \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu P \Rightarrow \mu = \frac{F_{\text{упр}}}{P}$;
- 3) $F_{\text{упр}} = 0,30$ Н (измеряется с помощью динамометра с пределом измерения 1 Н);
 $P = 1,5$ Н (измеряется с помощью динамометра с пределом измерения 5 Н);
- 4) $\mu \approx 0,20$.

Указание экспертам

Погрешность прямых измерений: $P = (1,5 \pm 0,1)$ Н; $F_{\text{упр}} = (0,30 \pm 0,02)$ Н.

Оценка границ интервала, внутри которого может оказаться верный результат, рассчитывается методом границ. Учитывая погрешности измерения динамометров, получаем:

нижняя граница коэффициента трения скольжения НГ (μ) = 0,17;

верхняя граница ВГ (μ) = 0,23.

Задание 2.2

Используя брусок с крючком, динамометр с пределом измерения 1 Н, динамометр с пределом измерения 5 Н, два груза массой 50 г и 100 г соответственно, направляющую, соберите экспериментальную установку для определения коэффициента трения скольжения между бруском и поверхностью направляющей.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта коэффициента трения скольжения;

- 3) укажите результаты измерения веса бруска с грузом и силы трения скольжения при движении бруска с грузами по поверхности направляющей;
- 4) запишите численное значение коэффициента трения скольжения.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- брусок массой (50 ± 1) г;
- набор из четырёх грузов массой (100 ± 2) г каждый и одного груза массой (50 ± 1) г;
- динамометр с пределом измерения 1 Н (погрешность 0,02 Н);
- динамометр с пределом измерения 5 Н (погрешность 0,1 Н);
- направляющая.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (аналогична заданию 2.1);
- 2) $F_{\text{упр}} = F_{\text{тр}}$ (при равномерном движении);

$$F_{\text{тр}} = \mu N; N = P \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu P \Rightarrow \mu = \frac{F_{\text{упр}}}{P};$$

- 3) $F_{\text{упр}} = 0,36$ Н (измеряется с помощью динамометра с пределом измерения 1 Н);
 $P = 2,0$ Н (измеряется с помощью динамометра с пределом измерения 5 Н);
- 4) $\mu \approx 0,18$.

Указание экспертам

Погрешность прямых измерений: $P = (2,0 \pm 0,1)$ Н; $F_{\text{упр}} = (0,36 \pm 0,02)$ Н.

Оценка границ интервала, внутри которого может оказаться верный результат, рассчитывается методом границ. Учитывая погрешности измерения динамометров, получаем: нижняя граница коэффициента трения скольжения НГ (μ) = 0,16; верхняя граница ВГ (μ) = 0,20.

Задание 2.3

Используя брусок с крючком, динамометр с пределом измерения 1 Н, электронные весы, груз массой 100 г, направляющую, соберите экспериментальную установку для определения коэффициента трения скольжения между бруском и поверхностью направляющей.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта коэффициента трения скольжения;
- 3) укажите результаты измерения веса бруска с грузом и силы трения скольжения при движении бруска с грузом по поверхности направляющей;
- 4) запишите численное значение коэффициента трения скольжения.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- брусок массой (50 ± 1) г;
- набор из четырёх грузов массой (100 ± 2) г каждый и одного груза массой (50 ± 1) г;
- динамометр с пределом измерения 1 Н (погрешность 0,02 Н);
- электронные весы (погрешность 0,1 г);
- направляющая.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (аналогична заданию 2.1);
- 2) $F_{\text{упр}} = F_{\text{тр}}$ (при равномерном движении);

$$F_{\text{тр}} = \mu N; N = P = mg \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu mg \Rightarrow \mu = \frac{F_{\text{упр}}}{mg};$$

- 3) $F_{\text{упр}} = 0,30 \text{ Н}$;
 $m = 150 \text{ г} = 0,150 \text{ кг}$;
 4) $\mu \approx 0,20$.

Указание экспертам

Оценка границ интервала, внутри которого может оказаться верный результат, рассчитывается методом границ. Учитывая погрешности измерения динамометров, получаем:
 нижняя граница коэффициента трения скольжения НГ (μ) = 0,18;
 верхняя граница ВГ (μ) = 0,22.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
<p>Полностью правильное выполнение задания, включающее:</p> <p>1) схематичный рисунок экспериментальной установки;</p> <p>2) формулу для расчёта искомой величины по доступным для измерения величинам (в данном случае — для коэффициента трения скольжения через массу каретки с грузом и силу трения скольжения (силу упругости);</p> <p>3) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — результаты измерения массы каретки с грузом и силы трения скольжения (силы упругости);</p> <p>4) полученное правильное численное значение искомой величины</p>	4
<p>Приведены все элементы правильного ответа 1—4, но:</p> <p>— допущена ошибка при вычислении значения искомой величины;</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— допущена ошибка при обозначении единиц измерения искомой величины;</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует</p>	3
<p>Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен ответ.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений величин, записана формула для расчёта искомой величины, но не получен ответ, и не приведён рисунок экспериментальной установки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствуют рисунок экспериментальной установки и формула для расчёта искомой величины</p>	2
<p>Записаны только правильные значения прямых измерений.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Приведено правильное значение только одного из прямых измерений, и сделан рисунок экспериментальной установки</p>	1
<p>Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания</p>	0

Задание 3. Определение жёсткости пружины

Задание 3.1

Используя штатив с муфтой и лапкой, пружину № 1, динамометр с пределом измерения 5 Н, линейку и груз № 4, соберите экспериментальную установку для определения жёсткости пружины. Определите жёсткость пружины, подвесив к ней груз.

Для определения веса груза воспользуйтесь динамометром.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта жёсткости пружины;
- 3) укажите результаты измерения веса груза и удлинения пружины;
- 4) запишите численное значение жёсткости пружины.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования (рис. 2.1.5; 2.1.6) в составе:

- штатив лабораторный с муфтой и лапкой;
- пружина № 1;
- груз № 4;
- динамометр школьный с пределом измерения 5 Н (погрешность 0,1 Н);
- стальная линейка длиной 150 мм с миллиметровыми делениями.



Рис. 2.1.5

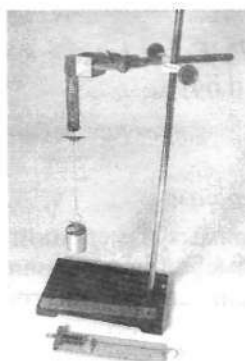


Рис. 2.1.6

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.1.7);

$$2) F_{\text{упр}} = mg = P; F_{\text{упр}} = kx; \Rightarrow k = \frac{P}{x};$$

$$3) x = 38 \text{ мм} = 0,038 \text{ м};$$

$$P = 1,9 \text{ Н};$$

$$4) k = 50 \text{ Н/м}.$$

Указание экспертам

Погрешность прямых измерений: $P = (1,9 \pm 0,1) \text{ Н}$.

Погрешность измерения x равна сумме погрешностей измерения l и l_0 :
 $x = (38 \pm 2) \text{ мм}$.

Оценка границ интервала, внутри которого может оказаться верный результат для жёсткости пружины, рассчитывается методом границ:

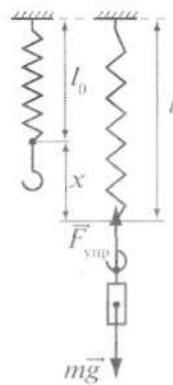


Рис. 2.1.7

нижняя граница жёсткости НГ (k) = 45 Н/м;
верхняя граница ВГ (k) = 55 Н/м.

Задание 3.2

Используя штатив с муфтой и лапкой, пружину № 2, динамометр с пределом измерения 1 Н, линейку и груз № 3, соберите экспериментальную установку для определения жёсткости пружины. Определите жёсткость пружины, подвесив к ней груз. Для определения веса груза воспользуйтесь динамометром.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта жёсткости пружины;
- 3) укажите результаты измерения веса груза и удлинения пружины;
- 4) запишите численное значение жёсткости пружины.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- штатив лабораторный с муфтой и лапкой;
- пружина № 2;
- груз № 3;
- динамометр школьный с пределом измерения 1 Н (погрешность 0,02 Н);
- стальная линейка длиной 150 мм с миллиметровыми делениями.

Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки (аналогична заданию 3.1);

2) $F_{\text{впр}} = mg = P$; $F_{\text{впр}} = kx$; $\Rightarrow k = \frac{P}{x}$;

3) $x = 91 \text{ мм} = 0,091 \text{ м}$;

$P = 0,94 \text{ Н}$;

4) $k = 10,3 \text{ Н/м}$.

Указание экспертам

Погрешность прямых измерений: $P = (0,94 \pm 0,02) \text{ Н}$.

Погрешность измерения x равна сумме погрешностей измерения l и l_0 : $x = (91 \pm 2) \text{ мм}$.

Оценка границ интервала, внутри которого может оказаться верный результат для жёсткости пружины, рассчитывается методом границ:

нижняя граница жёсткости НГ (k) = 9,9 Н/м;

верхняя граница ВГ (k) = 10,8 Н/м.

Задание 3.3

Используя штатив с муфтой и лапкой, пружину № 1, динамометр с пределом измерения 5 Н, линейку и четыре груза массой 100 г каждый, соберите экспериментальную установку для определения жёсткости пружины. Определите жёсткость пружины, подвесив к ней четыре груза. Для определения веса грузов воспользуйтесь динамометром.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта жёсткости пружины;
- 3) укажите результаты измерения веса груза и удлинения пружины;
- 4) запишите численное значение жёсткости пружины.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- штатив лабораторный с муфтой и лапкой;
- пружина № 1;
- четыре груза массой $(100 \pm 2) \text{ г}$ каждый;

- динамометр школьный с пределом измерения 5 Н (погрешность 0,1 Н);
- стальная линейка длиной 150 мм с миллиметровыми делениями.

Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки (аналогична заданию 3.1);

$$2) F_{\text{упр}} = mg = P; F_{\text{упр}} = kx; \Rightarrow k = \frac{P}{x};$$

$$3) x = 83 \text{ мм} = 0,083 \text{ м};$$

$$P = 4,0 \text{ Н};$$

$$4) k = 48 \text{ Н/м}.$$

Указание экспертам

Погрешность прямых измерений: $P = (4,0 \pm 0,1) \text{ Н}$.

Погрешность измерения x равна сумме погрешностей измерения l и l_0 : $x = (83 \pm 2) \text{ мм}$.

Оценка границ интервала, внутри которого может оказаться верный результат для жёсткости пружины, рассчитывается методом границ:

нижняя граница жёсткости НГ (k) = 45 Н/м;

верхняя граница ВГ (k) = 51 Н/м.

Задание 3.4

Используя штатив с муфтой и лапкой, пружину № 2 на основании с миллиметровой шкалой, набор из пяти грузов массой 10 г каждый и одного груза массой 50 г, определите жёсткость пружины, подвесив к ней выбранное вами число грузов (общая масса грузов не должна превышать 90 г). Для определения веса грузов воспользуйтесь динамометром.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта жёсткости пружины;
- 3) укажите результаты измерения веса груза и удлинения пружины;
- 4) запишите численное значение жёсткости пружины.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется набор оборудования (рис. 2.1.8; 2.1.9) в составе:

- штатив лабораторный с муфтой и лапкой;
- пружина № 2 на основании с миллиметровой шкалой;
- набор из пяти грузов массой $(10,0 \pm 0,5) \text{ г}$ каждый и одного груза массой $(50 \pm 1) \text{ г}$.

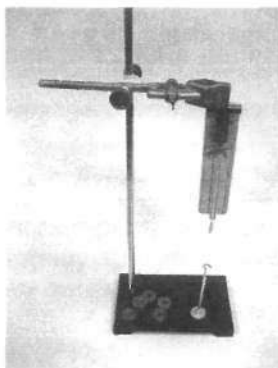


Рис. 2.1.8

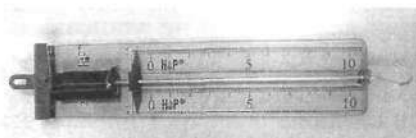


Рис. 2.1.9

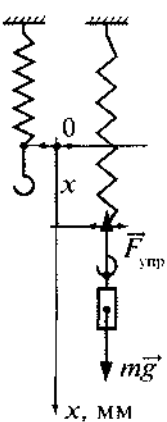


Рис. 2.1.10

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.1.10);
- 2) $F_{\text{упр}} = mg = P$; $F_{\text{упр}} = kx$; $\Rightarrow k = \frac{P}{x}$;
- 3) $P = 0,60 \text{ Н}$ (если выбран груз массой $(50 \pm 1) \text{ г}$ и один груз массой $(10,0 \pm 0,5) \text{ г}$);
 $x = 62 \text{ мм} = 0,062 \text{ м}$;
- 4) $k = \frac{0,60 \text{ Н}}{0,062 \text{ м}} = 9,7 \text{ Н/м}$.

Указание экспертам

Пружина № 2 имеет жёсткость $(10,0 \pm 0,4) \text{ Н/м}$.

Жёсткость равна $k = \frac{mg}{x}$, где $m = m_1 + m_2$.

$m_1 = (10,0 \pm 0,5) \text{ г}$; $m_2 = (50 \pm 1) \text{ г}$.

$$\varepsilon_k = \varepsilon_m + \varepsilon_g + \varepsilon_x = \frac{1,5}{60} \cdot 100\% + 2\% + \frac{1}{62} \cdot 100\% = 6\%.$$

Следовательно, $\Delta k = 9,7 \text{ Н/м} \cdot 0,06 = 0,6 \text{ Н/м}$.

Нижняя граница жёсткости НГ (k) = $9,7 \text{ Н/м} - 0,6 \text{ Н/м} = 9,1 \text{ Н/м}$;

верхняя граница ВГ (k) = $9,7 \text{ Н/м} + 0,6 \text{ Н/м} = 10,3 \text{ Н/м}$.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
<p>Полностью правильное выполнение задания, включающее:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) схематичный рисунок экспериментальной установки; 2) формулу для расчёта искомой величины по доступным для измерения величинам (в данном случае — для жёсткости пружины через вес груза и удлинение пружины); 3) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — удлинения пружины и веса груза); 4) полученное правильное численное значение искомой величины 	4
<p>Приведены все элементы правильного ответа 1 — 4, но:</p> <ul style="list-style-type: none"> — допущена ошибка при вычислении значения искомой величины; <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — допущена ошибка при переводе одной из измеренных величин в СИ, что привело к ошибке при вычислении значения искомой величины; <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует 	3
<p>Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен ответ.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений величин, записана формула для расчёта искомой величины, но не получен ответ, и не приведён рисунок экспериментальной установки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствуют рисунок экспериментальной установки и формула для расчёта искомой величины</p>	2

1	2
Записаны только правильные значения прямых измерений. ИЛИ Приведено правильное значение только одного из прямых измерений, и сделан рисунок экспериментальной установки	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 4. Определение выталкивающей силы, действующей на тело, погружённое в жидкость

Задание 4.1

Используя динамометр с пределом измерения 1 Н, стакан с водой, цилиндр № 1, соберите экспериментальную установку для определения выталкивающей силы (силы Архимеда), действующей на цилиндр.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта выталкивающей силы;
- 3) укажите результаты измерений веса цилиндра в воздухе и в воде;
- 4) запишите численное значение выталкивающей силы.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования (рис. 2.1.11) в составе:

- пластиковый цилиндр № 1;
- сосуд с водой;
- динамометр с пределом измерения 1 Н (погрешность измерения 0,02 Н).

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.1.12);
- 2) $P_1 = mg$; $P_2 = mg - F_{\text{выт}}$; $F_{\text{выт}} = P_1 - P_2$;
- 3) $P_1 = 0,68 \text{ Н}$; $P_2 = 0,10 \text{ Н}$;
- 4) $F_{\text{выт}} = 0,58 \text{ Н}$.

Указание экспертам

Погрешности прямых измерений: $P_1 = (0,68 \pm 0,02) \text{ Н}$; $P_2 = (0,10 \pm 0,02) \text{ Н}$.

При определении выталкивающей силы вычитаются измеренные значения.

В таком случае абсолютные погрешности складываются: $\Delta F_{\text{выт}} = 0,04 \text{ Н}$.

Таким образом, интервал достоверных значений для выталкивающей силы имеет вид:
 $0,54 \text{ Н} \leq F_{\text{выт}} \leq 0,62 \text{ Н}$.

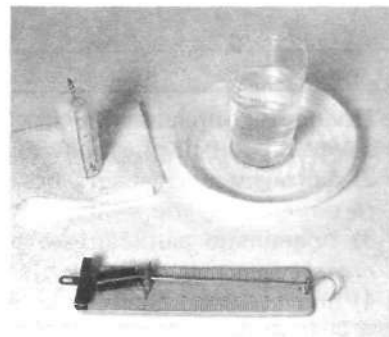


Рис. 2.1.11

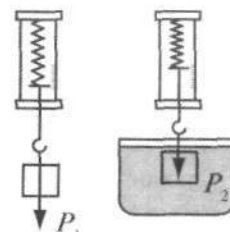


Рис. 2.1.12

Задание 4.2

Используя динамометр с пределом измерения 1 Н, стакан с водой, цилиндр № 3, соберите экспериментальную установку для определения выталкивающей силы (силы Архимеда), действующей на цилиндр.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта выталкивающей силы;
- 3) укажите результаты измерений веса цилиндра в воздухе и в воде;
- 4) запишите численное значение выталкивающей силы.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- алюминиевый цилиндр № 3;
- сосуд с водой;
- динамометр школьный с пределом измерения 1 Н (погрешность измерения 0,02 Н).

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (аналогична заданию 4.1);
- 2) $P_1 = mg$; $P_2 = mg - F_{\text{выт}}$; $F_{\text{выт}} = P_1 - P_2$;
- 3) $P_1 = 0,74$ Н; $P_2 = 0,44$ Н;
- 4) $F_{\text{выт}} = 0,30$ Н.

Указание экспертам

Погрешности прямых измерений: $P_1 = (0,74 \pm 0,02)$ Н; $P_2 = (0,44 \pm 0,02)$ Н.

Интервал достоверных значений для выталкивающей силы имеет вид: $0,26 \text{ Н} \leq F_{\text{выт}} \leq 0,34 \text{ Н}$.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
<p>Полностью правильное выполнение задания, включающее:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) схематичный рисунок экспериментальной установки; 2) формулу для расчёта искомой величины по доступным для измерения величинам (в данном случае — для выталкивающей силы через вес тела в воздухе и в воде); 3) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — вес тела в воздухе и в воде); 4) полученное правильное численное значение искомой величины 	4
<p>Приведены все элементы правильного ответа 1—4, но:</p> <ul style="list-style-type: none"> — допущена ошибка при вычислении значения искомой величины; <li style="text-align: center;">ИЛИ — допущена ошибка при переводе одной из измеренных величин в СИ, что привело к ошибке при вычислении значения искомой величины; <li style="text-align: center;">ИЛИ — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует 	3
<p>Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен ответ.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений величин, записана формула для расчёта искомой величины, но не получен ответ, и не приведён рисунок экспериментальной установки.</p>	2

1	2
<p>ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствуют рисунок экспериментальной установки и формула для расчёта искомой величины</p>	2
<p>Записаны только правильные значения прямых измерений.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Приведено правильное значение только одного из прямых измерений, и сделан рисунок экспериментальной установки</p>	1
<p>Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания</p>	0

Задание 5. Определение скорости равномерного движения шарика в жидкости

Задание 5.1

Определите скорость равномерного движения металлического шарика в глицерине.

Для проведения опыта используйте электронный секундомер и стеклянную запаянную трубку с глицерином, в которой могут равномерно двигаться металлический шарик (рис. 2.1.13). Установите направляющую под углом 15° (рис. 2.1.14) и положите на неё трубку. Измерьте скорость движения шарика при перемещении его из точки «15 см» до точки «30 см», отсчитывая от верхнего конца трубки.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта скорости равномерного движения;
- 3) укажите результаты измерений промежутков времени, проведя три опыта, и найдите среднее значение промежутка времени;
- 4) запишите числовое значение скорости движения на данном участке пути.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования (рис. 2.1.13; 2.1.14) в составе:

- штатив с муфтой и лапкой;
- направляющая;
- транспортир;
- трубка стеклянная с глицерином и шариком;
- электронный секундомер.

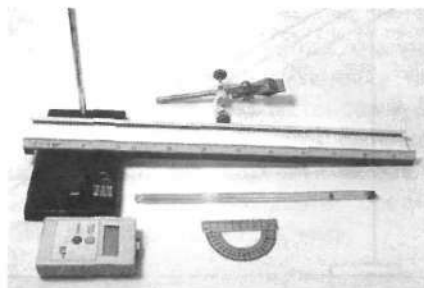


Рис. 2.1.13

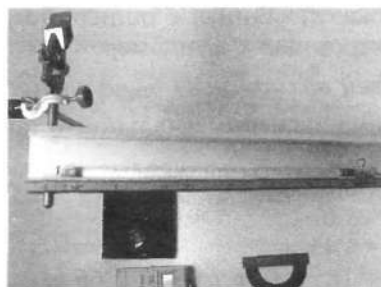


Рис. 2.1.14

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

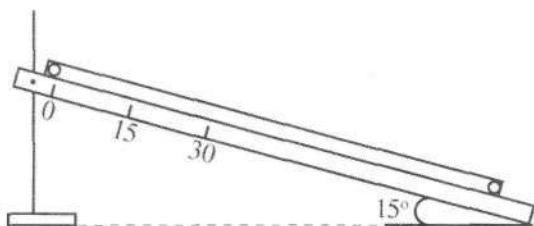


Рис. 2.1.15

1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.1.15);

2) $v = S/t$;

3) $t_1 = 9,77$ с;

$t_2 = 9,82$ с;

$t_3 = 9,63$ с;

$t_{\text{ср}} = (t_1 + t_2 + t_3)/3 = 9,74$ с;

4) $v = 0,15 \text{ м}/9,74 \text{ с} = 0,015 \text{ м/с} = 1,5 \text{ см/с}$.

Указание экспертам

Оценка границ интервала, внутри которого оказывается результат измерений среднего значения времени движения шарика, может быть проведена только с учётом случайных погрешностей. Случайная погрешность измерения времени движения шарика определяется главным образом неопределённостью включения и выключения секундомера при прохождении шариком начала и конца исследуемого промежутка.

Граница случайной погрешности каждого опыта равна $\Delta t = 0,30$ с. Таким образом, любой результат измерения времени движения шарика не может выйти за пределы:

$$t_{\text{ср}} - \Delta t < t < t_{\text{ср}} + \Delta t;$$

$$9,44 \text{ с} \leq t \leq 10,04 \text{ с}.$$

Задание 5.2

Определите скорость равномерного движения металлического шарика в глицерине. Для проведения опыта используйте электронный секундомер и стеклянную запаянную трубку с глицерином, в которой могут равномерно двигаться металлический шарик и пузырёк воздуха. Стеклянную трубку установите под углом 30° . Измерьте скорость движения шарика при перемещении его из точки «15 см» до точки «30 см», отсчитывая от верхнего конца трубки.

В бланке ответов:

1) сделайте рисунок экспериментальной установки;

2) запишите формулу для расчёта скорости равномерного движения;

3) укажите результаты измерений промежутков времени, проведя три опыта, и найдите среднее значение промежутка времени;

4) запишите числовое значение скорости движения на данном участке пути.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- штатив с муфтой и лапкой;
- направляющая;
- транспортер;
- трубка стеклянная с глицерином и шариком;
- электронный секундомер.

Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.1.16);

2) $v = S/t$;

3) $t_1 = 5,86$ с;

$t_2 = 5,67$ с;

$t_3 = 5,45$ с;

$t_{\text{ср}} = (t_1 + t_2 + t_3)/3 = 5,66$ с;

4) $v = 0,15 \text{ м}/5,66 \text{ с} = 0,026 \text{ м/с} = 2,6 \text{ см/с}$.

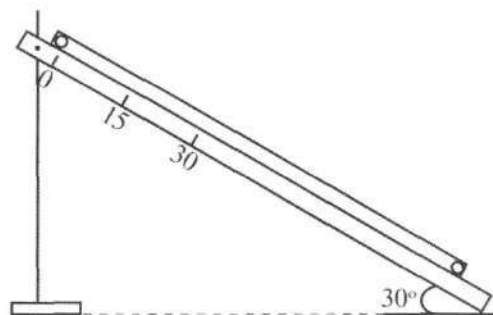


Рис. 2.1.16

Указание экспертам

Граница случайной погрешности каждого опыта равна $\Delta t = 0,64$ с.

Таким образом, любой результат измерения времени движения шарика не может выйти за пределы: $5,36 \text{ с} \leq t \leq 5,96 \text{ с}$.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) формулу для расчёта искомой величины по доступным для измерения величинам (в данном случае — для скорости равномерного движения); 2) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — результаты измерения времени движения); 3) полученное правильное среднее значение; 4) полученное правильное значение искомой величины	4
Приведены все элементы правильного ответа 1—4, но: — допущена ошибка при вычислении значения искомой величины; ИЛИ — допущена ошибка при обозначении единиц измерения искомой величины; ИЛИ — допущена ошибка при расчёте среднего значения для прямых измерений	3
Правильно приведены значения прямых измерений величин, получено среднее значение для прямых измерений, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен ответ. ИЛИ Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствуют формулы для расчёта среднего значения искомой величины и значения искомой величины	2
Записаны только правильные значения прямых измерений	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 6. Определение средней скорости скольжения бруска по наклонной плоскости

Задание 6.1

Используя штатив с муфтой, направляющую, брусок, электронный секундомер и датчики, соберите экспериментальную установку по изучению равноускоренного движения тела по наклонной плоскости. Направляющую установите под углом 30° к горизонту. Соедините разъёмы датчиков с секундомером и расположите датчики в точках «350 мм» и «750 мм» направляющей. Установите брусок у верхней кромки направляющей так, чтобы магнит находился у штриха «-1 см» (рис. 2.1.17—2.1.19). Измерьте среднюю скорость движения каретки на участке от штриха «350 мм» до штриха «750 мм».

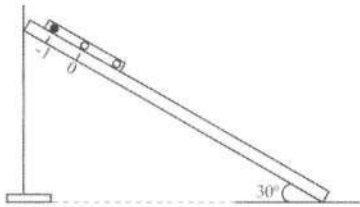


Рис. 2.1.17

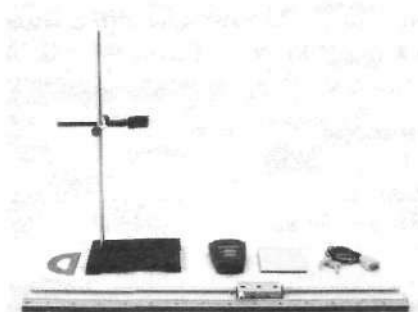


Рис. 2.1.18

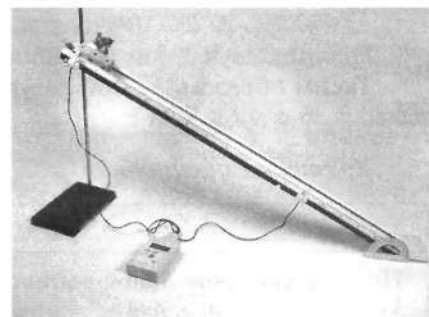


Рис. 2.1.19

В бланке ответов:

- 1) запишите формулу для расчёта средней скорости движения;
- 2) укажите результаты измерений промежутков времени, проведя три опыта;
- 3) найдите среднее значение промежутка времени;
- 4) запишите числовое значение средней скорости движения на данном участке пути.

Характеристика оборудования

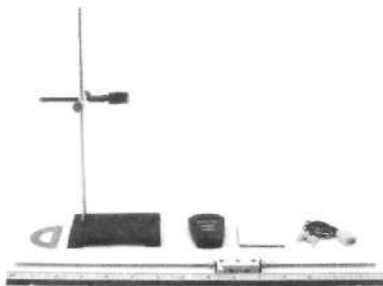


Рис. 2.1.20

При выполнении задания используется комплект оборудования (рис. 2.1.20) в составе:

- секундомер электронный с датчиками;
- направляющая составная;
- брусок деревянный с пусковым магнитом;
- штатив с муфтой;
- транспортер.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

- 1) $v_{\text{cp}} = S/t$;
- 2) $t_1 = 0,230$ с;

$$t_2 = 0,236 \text{ с};$$

$$t_3 = 0,233 \text{ с};$$

$$3) t_{\text{cp}} = (t_1 + t_2 + t_3)/3 = 0,233 \text{ с};$$

$$4) v_{\text{cp}} = 0,4 \text{ м}/0,233 \text{ с} = 1,716 \text{ м/с}.$$

Указание экспертам

Границы интервала, в котором могут оказаться результаты измерения времени движения бруска, могут быть определены только с учётом случайной погрешности измерения времени.

Граница случайной погрешности каждого опыта равна $\Delta t = 0,010$ с.

Интервал возможных значений любого результата:

$$(t_{\text{cp}} - \Delta t) \text{ с} \leq t \leq (t_{\text{cp}} + \Delta t) \text{ с};$$

$$0,220 \text{ с} \leq t \leq 0,240 \text{ с}.$$

Задание 6.2

Используя штатив с муфтой, направляющую, каретку, электронный секундомер и датчики, соберите экспериментальную установку по изучению равноускоренного движения тела по наклонной плоскости. Направляющую установите под углом 30° к горизонту. Соедините разъёмы датчиков с секундомером и расположите датчики в точках «350 мм» и «550 мм» направляющей. Установите брусок у верхней кромки направляющей так, чтобы магнит находился у штриха

«-1 см» (рис. 2.1.17—2.1.19). Измерьте среднюю скорость движения каретки на участке от штриха «350 мм» до штриха «550 мм».

В бланке ответов:

- 1) запишите формулу для расчёта средней скорости движения;
- 2) укажите результаты измерений промежутков времени, проведя три опыта;
- 3) найдите среднее значение промежутка времени;
- 4) запишите числовое значение средней скорости движения на данном участке пути.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- секундомер электронный с датчиками;
- направляющая составная;
- брусок деревянный с пусковым магнитом;
- штатив с муфтой;
- транспортер.

Образец возможного выполнения задания

- 1) $v_{\text{cp}} = S/t$;
- 2) $t_1 = 0,129$ с;
 $t_2 = 0,130$ с;
 $t_3 = 0,131$ с;
- 3) $t_{\text{cp}} = (t_1 + t_2 + t_3)/3 = 0,130$ с;
- 4) $v_{\text{cp}} = 0,2 \text{ м} / 0,130 \text{ с} = 1,538 \text{ м/с}$.

Указание экспертам

Граница случайной погрешности каждого опыта равна $\Delta t = 0,007$ с.

Интервал возможных значений любого результата:

$$(t_{\text{cp}} - \Delta t) \text{ с} \leq t \leq (t_{\text{cp}} + \Delta t) \text{ с};$$

$$0,123 \text{ с} \leq t \leq 0,137 \text{ с}.$$

Задание 6.3

Используя штатив с муфтой, направляющую, каретку, электронный секундомер и датчики, соберите экспериментальную установку по изучению равноускоренного движения тела по наклонной плоскости. Направляющую установите под углом 30° к горизонту. Соедините разъёмы датчиков с секундомером и расположите датчики в точках «550 мм» и «750 мм» направляющей. Установите брусок у верхней кромки направляющей так, чтобы магнит находился у штриха «-1 см» (рис. 2.1.17—2.1.19). Измерьте среднюю скорость движения каретки на участке от штриха «550 мм» до штриха «750 мм».

В бланке ответов:

- 1) запишите формулу для расчёта средней скорости движения;
- 2) укажите результаты измерений промежутков времени, проведя три опыта;
- 3) найдите среднее значение промежутка времени;
- 4) запишите числовое значение средней скорости движения на данном участке пути.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- секундомер электронный с датчиками;
- направляющая составная;
- брусок деревянный с пусковым магнитом;
- штатив с муфтой;
- транспортер.

Образец возможного выполнения задания

1) $v_{cp} = S/t$;

2) $t_1 = 0,101$ с;

$t_2 = 0,103$ с;

$t_3 = 0,102$ с;

3) $t_{cp} = (t_1 + t_2 + t_3)/3 = 0,102$ с;

4) $v_{cp} = 0,2 \text{ м}/0,102 \text{ с} = 1,960 \text{ м/с}$.

Указание экспертам

Граница случайной погрешности каждого опыта равна $\Delta t = 0,005$ с.

Интервал возможных значений любого результата:

$(t_{cp} - \Delta t) \text{ с} \leq t \leq (t_{cp} + \Delta t) \text{ с}$;

$0,097 \text{ с} \leq t \leq 0,107 \text{ с}$.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) формулу для расчёта искомой величины по доступным для измерения величинам (в данном случае — для скорости равномерного движения); 2) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — результаты измерения времени движения); 3) полученное правильное среднее значение; 4) полученное правильное значение искомой величины	4
Приведены все элементы правильного ответа 1–4, но: — допущена ошибка при вычислении значения искомой величины; ИЛИ — допущена ошибка при обозначении единиц измерения искомой величины; ИЛИ — допущена ошибка при расчёте среднего значения для прямых измерений	3
Правильно приведены значения прямых измерений величин, получено среднее значение для прямых измерений, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен ответ. ИЛИ Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствуют формулы для расчёта среднего значения искомой величины и значения искомой величины.	2
Записаны только правильные значения прямых измерений	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 7. Определение ускорения тела при равноускоренном движении по наклонной плоскости

Используя штатив с муфтой и лапкой, направляющую, брусок, электронный секундомер и датчики, соберите экспериментальную установку по изучению равноускоренного движения тела по наклонной плоскости. Направляющую установите под углом 30° к горизонту. Соедините разъёмы датчиков с секундомером и расположите датчики в точках «0» и «600 мм» направ-

ляющей. Установите брусок у верхней кромки направляющей так, чтобы магнит находился у штриха «-1 см» (рис. 2.1.21–2.1.23). Определите ускорение бруска.



Рис. 2.1.21

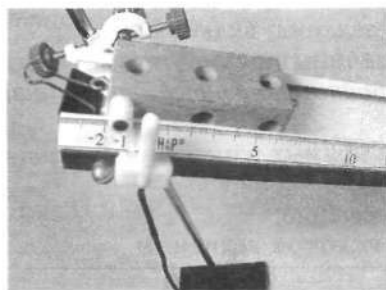


Рис. 2.1.22

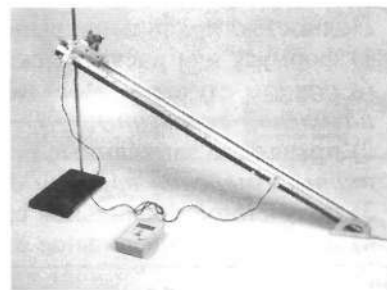


Рис. 2.1.23

В бланке ответов:

- 1) запишите формулу для расчёта ускорения, считая движение бруска равноускоренным из состояния покоя;
- 2) укажите результаты измерений промежутков времени, проведя три опыта;
- 3) найдите среднее значение промежутка времени;
- 4) запишите числовое значение ускорения бруска.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования (рис. 2.1.24) в составе:

- секундомер электронный с датчиками;
- направляющая составная;
- брусок с пусковым магнитом (без резиновой полосы);
- штатив с муфтой и лапкой;
- транспортир.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

$$1) a = 2S/t^2;$$

$$2) t_1 = 0,535 \text{ с};$$

$$t_2 = 0,526 \text{ с};$$

$$t_3 = 0,535 \text{ с};$$

$$3) t_{\text{ср}} = (t_1 + t_2 + t_3)/3 = 0,532 \text{ с};$$

$$4) a = \frac{2 \cdot 0,5 \text{ м}}{(0,5322 \text{ с})^2} = 3,5 \text{ м/с}^2.$$

Указание экспертам

Границы интервала, которому принадлежат результаты измерения времени движения, могут быть определены только с учётом случайных погрешностей.

Граница случайной погрешности любого однократного измерения времени составляет $\Delta t = 0,015 \text{ с}$.

Поэтому любой результат измерения времени принадлежит интервалу:

$$t_{\text{ср}} - \Delta t \leq t \leq t_{\text{ср}} + \Delta t;$$

$$0,517 \text{ с} \leq t \leq 0,547 \text{ с}.$$

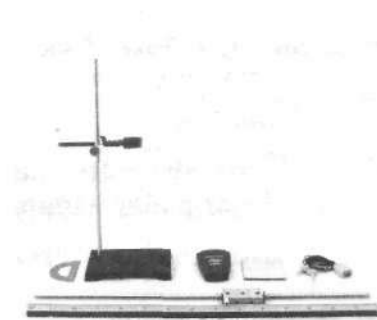


Рис. 2.1.24

Содержание критерия	Балл
<p>Полностью правильное выполнение задания, включающее:</p> <p>1) формулу для расчёта искомой величины по доступным для измерения величинам (в данном случае — для ускорения равноускоренного прямолинейного движения без начальной скорости);</p> <p>2) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — результаты измерения времени движения);</p> <p>3) полученное правильное среднее значение;</p> <p>4) полученное правильное значение искомой величины</p>	4
<p>Приведены все элементы правильного ответа 1—4, но:</p> <p>— допущена ошибка при вычислении значения искомой величины;</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— допущена ошибка при обозначении единиц измерения искомой величины;</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— допущена ошибка при расчёте среднего значения для прямых измерений</p>	3
<p>Правильно приведены значения прямых измерений величин, получено среднее значение для прямых измерений, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен ответ.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствуют формулы для расчёта среднего значения искомой величины и значения искомой величины</p>	2
Записаны только правильные значения прямых измерений	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 8. Определение работы силы трения при равномерном движении тела по горизонтальной поверхности

Используя брусок с крючком, динамометр с пределом измерения 1 Н, груз массой 100 г, направляющую, соберите экспериментальную установку для измерения работы силы трения при равномерном движении бруска с грузом по горизонтальной плоскости. Определите работу силы трения при равномерном движении бруска с грузом на расстояние 50 см.

В бланке ответов:

- 1) зарисуйте схему экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта работы силы упругости, считая движение каретки равномерным;
- 3) кажите результаты измерений силы упругости и пути;
- 4) запишите числовое значение работы силы упругости.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- брусок;
- груз массой (100 ± 2) г;
- динамометр с пределом измерения 1 Н (погрешность 0,02 Н);
- направляющая.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.1.25);

2) $A = F_{\text{тр}} S$;

$F_{\text{упр}} = F_{\text{тр}}$ (при равномерном движении);

3) $F_{\text{упр}} = 0,30 \text{ Н}$; $S = 0,5 \text{ м}$;

4) $A = 0,30 \text{ Н} \cdot 0,5 \text{ м} = 0,15 \text{ Дж}$.

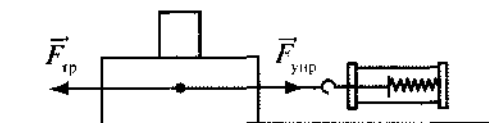


Рис. 2.1.25

Указание экспертам

Погрешность прямых измерений: $F_{\text{упр}} = (0,30 \pm 0,02) \text{ Н}$.

Оценка границ интервала, внутри которого может оказаться верный результат, рассчитывается методом границ.

При этом путь s не измеряется, его можно считать точным параметром.

Нижняя граница работы силы трения НГ (A) = 0,14 Дж;

верхняя граница ВГ (A) = 0,16 Дж.

Необходимо учесть, что результаты измерения силы трения скольжения будут зависеть от материала и обработки поверхности рейки.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
<p>Полностью правильное выполнение задания, включающее:</p> <p>1) схематичный рисунок экспериментальной установки;</p> <p>2) формулу для расчёта искомой величины по доступным для измерения величинам (в данном случае — работы силы упругости через силу и пройденный путь);</p> <p>3) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — результаты измерения пути и силы упругости);</p> <p>4) полученное правильное численное значение искомой величины</p>	4
<p>Приведены все элементы правильного ответа 1—4, но:</p> <p>— допущена ошибка при вычислении значения искомой величины;</p> <p>ИЛИ</p> <p>— допущена ошибка при обозначении единиц измерения искомой величины;</p> <p>ИЛИ</p> <p>— допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует</p>	3
<p>Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен ответ.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений величин, записана формула для расчёта искомой величины, но не получен ответ, и не приведён рисунок экспериментальной установки.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствуют рисунок экспериментальной установки и формула для расчёта искомой величины</p>	2

1	2
Записаны только правильные значения прямых измерений. ИЛИ Приведено правильное значение только одного из прямых измерений, и сделан рисунок экспериментальной установки	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 9. Определение работы силы упругости при подъёме груза с использованием неподвижного блока

Задание 9.1

Используя штатив с муфтой, неподвижный блок, нить, линейку, груз № 1 и динамометр с пределом измерения 1 Н, соберите экспериментальную установку для измерения работы силы упругости при равномерном подъёме груза с использованием неподвижного блока (рис. 2.1.26). Определите работу, совершаемую при подъёме на высоту 10 см.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта работы силы упругости;
- 3) укажите результаты прямых измерений силы упругости и пути;
- 4) запишите числовое значение работы силы упругости.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- штатив с муфтой;
- неподвижный блок;
- груз № 1;
- нить;
- динамометр с пределом измерения 1 Н;
- линейка.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.1.27);
- 2) $A = F_{\text{упр}} S$;
- 3) $F_{\text{упр}} = 0,72 \text{ Н}$; $S = 0,1 \text{ м}$;
- 4) $A = 0,72 \text{ Н} \cdot 0,1 \text{ м} = 0,072 \text{ Дж}$.

Указание экспертам

Погрешность прямых измерений динамометра: $F_{\text{упр}} = (0,72 \pm 0,02) \text{ Н}$. Значения прямых измерений силы упругости считаются верными, если они укладываются в указанные границы.

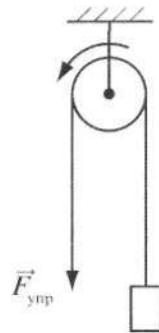


Рис. 2.1.27

Задание 9.2

Используя штатив с муфтой, неподвижный блок, нить, линейку, груз № 3 и динамометр с пределом измерения 1 Н, соберите экспериментальную установку для измерения работы силы упругости при равномерном подъёме груза с использованием неподвижного блока (рис. 2.1.26). Определите работу, совершаемую при подъёме на высоту 20 см.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта работы силы упругости;
- 3) укажите результаты прямых измерений силы упругости и пути;
- 4) запишите числовое значение работы силы упругости.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- штатив с муфтой;
- неподвижный блок;
- груз № 3;
- нить;
- динамометр с пределом измерения 1 Н;
- линейка.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (аналогична заданию 9.1);
- 2) $A = F_{\text{упр}} S$;
- 3) $F_{\text{упр}} = 0,76 \text{ Н}$; $S = 0,2 \text{ м}$;
- 4) $A = 0,76 \text{ Н} \cdot 0,2 \text{ м} = 0,152 \text{ Дж}$.

Указание экспертам

Погрешность прямых измерений динамометра: $F_{\text{упр}} = (0,76 \pm 0,02) \text{ Н}$. Значения прямых измерений силы упругости считаются верными, если они укладываются в указанные границы.

Задание 9.3

Используя штатив с муфтой, неподвижный блок, нить, линейку, груз № 4 и динамометр с пределом измерения 5 Н, соберите экспериментальную установку для измерения работы силы упругости при равномерном подъёме груза с использованием неподвижного блока (рис. 2.1.26). Определите работу, совершаемую при подъёме на высоту 10 см.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта работы силы упругости;
- 3) укажите результаты прямых измерений силы упругости и пути;
- 4) запишите числовое значение работы силы упругости.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- штатив с муфтой;
- неподвижный блок;
- груз № 4;
- нить;
- динамометр с пределом измерения 5 Н;
- линейка.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (аналогична заданию 9.1);
- 2) $A = F_{\text{упр}} S$;

3) $F_{\text{упр}} = 2,0 \text{ Н}; S = 0,1 \text{ м};$

4) $A = 2,0 \text{ Н} \cdot 0,1 \text{ м} = 0,2 \text{ Дж}.$

Указание экспертам

Погрешность прямых измерений динамометра: $F_{\text{упр}} = (2,0 \pm 0,1) \text{ Н}$. Значения прямых измерений силы упругости считаются верными, если они укладываются в указанные границы.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
<p>Полностью правильное выполнение задания, включающее:</p> <p>1) схематичный рисунок экспериментальной установки;</p> <p>2) формулу для расчёта искомой величины по доступным для измерения величинам (в данном случае — работы силы упругости через силу и пройденный путь);</p> <p>3) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — результаты измерения пути и силы упругости);</p> <p>4) полученное правильное численное значение искомой величины</p>	4
<p>Приведены все элементы правильного ответа 1—4, но:</p> <p>— допущена ошибка при вычислении значения искомой величины;</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— допущена ошибка при обозначении единиц измерения искомой величины;</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует</p>	3
<p>Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен ответ.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений величин, записана формула для расчёта искомой величины, но не получен ответ, и не приведён рисунок экспериментальной установки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствуют рисунок экспериментальной установки и формула для расчёта искомой величины</p>	2
<p>Записаны только правильные значения прямых измерений.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Приведено правильное значение только одного из прямых измерений, и сделан рисунок экспериментальной установки</p>	1
<p>Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания</p>	0

Задание 10. Определение работы силы упругости при подъёме груза с использованием подвижного блока

Задание 10.1

Используя штатив с муфтой, неподвижный блок, подвижный блок, нить, линейку, груз № 1 и динамометр с пределом измерения 1 Н, соберите экспериментальную установку для измерения работы силы упругости при подъёме груза с использованием подвижного блока (рис. 2.1.28). Определите работу, совершаемую при подъёме груза на высоту 10 см.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта работы силы упругости;
- 3) укажите результаты прямых измерений силы упругости и пути;
- 4) запишите числовое значение работы силы упругости.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- штатив с муфтой;
- неподвижный блок;
- подвижный блок массой (25 ± 1) г;
- груз № 1;
- нить;
- динамометры с пределами измерений 1 Н и 5 Н;
- линейка.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.1.29);
- 2) $A = F_{\text{упр}} S$;
- 3) $F_{\text{упр}} = 0,50$ Н; $S = 0,1$ м;
- 4) $A = 0,50 \text{ Н} \cdot 0,1 \text{ м} = 0,05$ Дж.

Указание экспертам

Погрешность прямых измерений динамометра: $F_{\text{упр}} = (0,50 \pm 0,02)$ Н. Значения прямых измерений силы упругости считаются верными, если они укладываются в указанные границы.

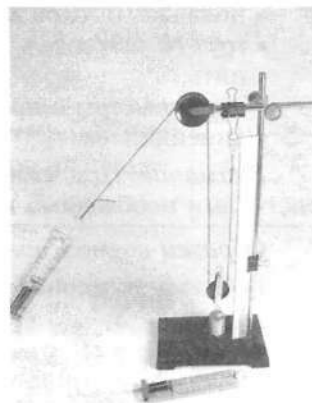


Рис. 2.1.28

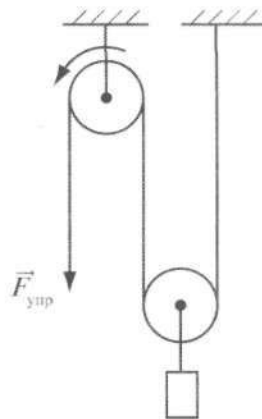


Рис. 2.1.29

Задание 10.2

Используя штатив с муфтой, неподвижный блок, подвижный блок, нить, линейку, груз № 4 и динамометр с пределом измерения 5 Н, соберите экспериментальную установку для измерения работы силы упругости при равномерном подъёме груза с использованием подвижного блока (рис. 2.1.28). Определите работу, совершаемую при подъёме груза на высоту 20 см.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта работы силы упругости;
- 3) укажите результаты прямых измерений силы упругости и пути;
- 4) запишите числовое значение работы силы упругости.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- штатив с муфтой;
- неподвижный блок;
- подвижный блок массой (25 ± 1) г;
- груз № 4;
- нить;
- динамометры с пределами измерений 1 Н и 5 Н;
- линейка.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки (аналогична заданию 10.1);

2) $A = F_{\text{упр}} S$;

3) $F_{\text{упр}} = 1,2$ Н; $S = 0,2$ м;

4) $A = 1,2$ Н · 0,2 м = 0,24 Дж.

Указание экспертам

Погрешность прямых измерений динамометра: $F_{\text{упр}} = (1,2 \pm 0,1)$ Н. Значения прямых измерений силы упругости считаются верными, если они укладываются в указанные границы.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) схематичный рисунок экспериментальной установки; 2) формулу для расчёта искомой величины по доступным для измерения величинам (в данном случае — работы силы упругости через силу и пройденный путь); 3) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — результаты измерения пути и силы упругости); 4) полученное правильное численное значение искомой величины	4
Приведены все элементы правильного ответа 1–4, но: — допущена ошибка при вычислении значения искомой величины; ИЛИ — допущена ошибка при обозначении единиц измерения искомой величины; ИЛИ — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует	3
Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен ответ. ИЛИ Правильно приведены значения прямых измерений величин, записана формула для расчёта искомой величины, но не получен ответ, и не приведён рисунок экспериментальной установки. ИЛИ Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствуют рисунок экспериментальной установки и формула для расчёта искомой величины	2

1	2
Записаны только правильные значения прямых измерений. ИЛИ Приведено правильное значение только одного из прямых измерений, и сделан рисунок экспериментальной установки	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 11. Определение момента силы, действующего на рычаг

Задание 11.1

Используя рычаг, три груза по 100 г каждый, штатив и динамометр с пределом измерения 5 Н, соберите установку для исследования равновесия рычага. Три груза подвесьте слева на расстоянии 5 см от оси вращения рычага. Измерьте момент силы, который необходимо приложить к правому концу рычага на расстоянии 12,5 см от оси вращения рычага для того, чтобы он оставался в равновесии в горизонтальном положении.

В бланке ответов:

- 1) зарисуйте схему экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта момента силы;
- 3) укажите результаты измерений приложенной силы и длины плеча;
- 4) запишите числовое значение момента силы.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- штатив с муфтой;
- три груза массой по 100 г;
- динамометр с пределом измерения 5 Н;
- рычаг.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.1.30а; 2.1.30б);
- 2) $M = FL$;
- 3) $F = 1,1 \text{ Н}$;
 $L = 0,125 \text{ м}$;
- 4) $M \approx 0,14 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Указание экспертам

Погрешности прямых измерений:

$$F = (1,1 \pm 0,1) \text{ Н};$$

$$L = (0,125 \pm 0,003) \text{ м (ось имеет диаметр 5 мм)}.$$

Интервал, в котором могут оказаться значения момента, определяем методом границ:

$$\text{верхняя граница момента силы ВГ } (M) = (0,125 + 0,003) \cdot 1,2 = 0,15 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\text{нижняя граница НГ } (M) = (0,125 - 0,003) \cdot 1,0 = 0,12 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

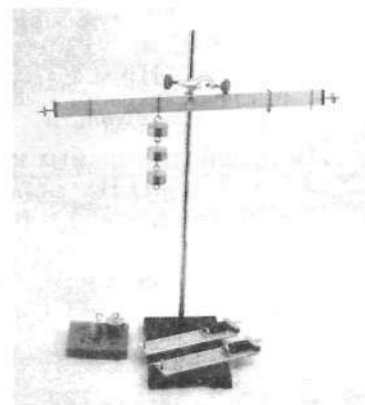


Рис. 2.1.30а

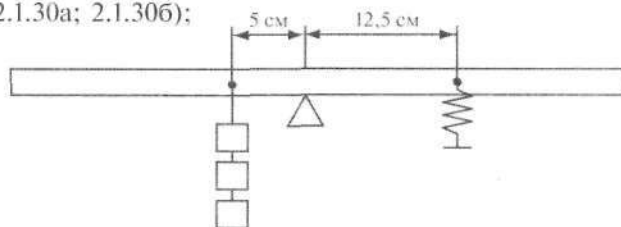


Рис. 2.1.30б

Задание 11.2

Используя рычаг, три груза по 100 г каждый, штатив и динамометр с пределом измерения 5 Н, соберите установку для исследования равновесия рычага. Три груза подвесьте слева от оси вращения рычага следующим образом: два груза на расстоянии 5 см и один груз на расстоянии 10 см от оси. Измерьте момент силы, который необходимо приложить к правому концу рычага на расстоянии 5 см от оси вращения рычага для того, чтобы он оставался в равновесии в горизонтальном положении.

В бланке ответов:

- 1) зарисуйте схему экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта момента силы;
- 3) укажите результаты измерений приложенной силы и длины плеча;
- 4) запишите числовое значение момента силы.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- штатив с муфтой;
- три груза массой по 100 г;
- динамометр с пределом измерения 5 Н;
- рычаг.

Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.1.31);

2) $M = FL$;

3) $F = 4,1$ Н;

$L = 0,05$ м;

4) $M \approx 0,21$ Н · м.

Указание экспертам

Погрешности прямых измерений:

$F = (4,1 \pm 0,1)$ Н;

$L = (0,050 \pm 0,003)$ м (ось имеет диаметр 5 мм).

Интервал, в котором могут оказаться значения момента, определяем методом границ:

верхняя граница момента силы ВГ (M) = $(0,05 + 0,003) \cdot 4,2 = 0,22$ Н · м;

нижняя граница НГ (M) = $(0,05 - 0,003) \cdot 4,0 = 0,18$ Н · м.

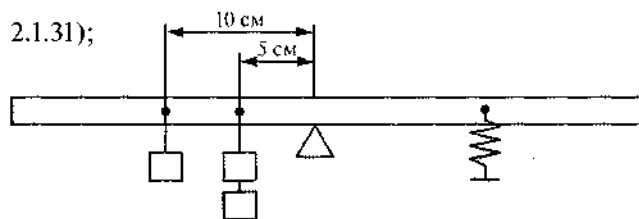


Рис. 2.1.31

Задание 11.3

Используя рычаг, три груза по 100 г каждый, штатив и динамометр с пределом измерения 5 Н, соберите установку для исследования равновесия рычага. Три груза подвесьте слева от оси вращения рычага следующим образом: два груза на расстоянии 10 см и один груз на расстоянии 5 см от оси. Измерьте момент силы, который необходимо приложить к правому концу рычага на расстоянии 12,5 см от оси вращения рычага для того, чтобы он оставался в равновесии в горизонтальном положении.

В бланке ответов:

- 1) зарисуйте схему экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта момента силы;
- 3) укажите результаты измерений приложенной силы и длины плеча;
- 4) запишите числовое значение момента силы.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- штатив с муфтой;
- три груза массой по 100 г;
- динамометр с пределом измерения 5 Н;
- рычаг.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.1.32);
- 2) $M = FL$;
- 3) $F = 2,0 \text{ Н}$;
 $L = 0,125 \text{ м}$;
- 4) $M = 0,25 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

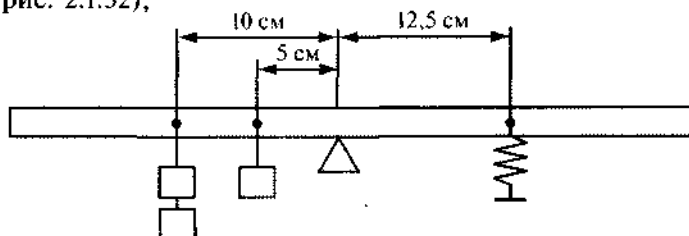


Рис. 2.1.32

Указание экспертам

Погрешности прямых измерений:

$$F = (2,0 \pm 0,1) \text{ Н};$$

$$L = (0,125 \pm 0,003) \text{ м (ось имеет диаметр 5 мм)}.$$

Интервал, в котором могут оказаться значения момента, определяем методом границ:

$$\text{верхняя граница момента силы ВГ (M)} = (0,125 + 0,003) \cdot 2,1 = 0,27 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\text{нижняя граница НГ (M)} = (0,125 - 0,003) \cdot 1,9 = 0,23 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
Полностью правильное выполнение задания, включающее: <ol style="list-style-type: none"> 1) схематичный рисунок экспериментальной установки; 2) формулу для расчёта искомой величины по доступным для измерения величинам (в данном случае — момента силы через силу и её плечо); 3) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — результаты измерения плеча силы и силы); 4) полученное правильное численное значение искомой величины 	4
Приведены все элементы правильного ответа 1—4, но: <ul style="list-style-type: none"> — допущена ошибка при вычислении значения искомой величины; <li style="text-align: center;">ИЛИ — допущена ошибка при обозначении единиц измерения искомой величины; <li style="text-align: center;">ИЛИ — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует 	3
Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен ответ. <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> Правильно приведены значения прямых измерений величин, записана формула для расчёта искомой величины, но не получен ответ, и не приведён рисунок экспериментальной установки. <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствуют рисунок экспериментальной установки и формула для расчёта искомой величины	2
Записаны только правильные значения прямых измерений. <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> Приведено правильное значение только одного из прямых измерений, и сделан рисунок экспериментальной установки	1

1	2
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 12. Определение частоты колебаний математического маятника

Задание 12.1

Используя штатив с муфтой и лапкой, груз с прикрепленной к нему мерной лентой и секундомер, соберите экспериментальную установку для исследования свободных колебаний нитяного маятника. Определите время для 30 полных колебаний и посчитайте частоту колебаний для случая, когда длина нити равна 1 м.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта частоты колебаний;
- 3) укажите результаты прямых измерений числа и времени колебаний;
- 4) запишите численное значение частоты колебаний маятника.

Характеристика оборудования

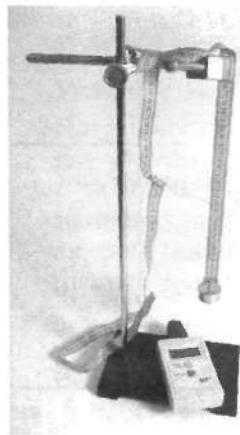


Рис. 2.1.33

При выполнении задания используется комплект оборудования (рис. 2.1.33) в составе:

- штатив с муфтой и лапкой;
- груз с прикрепленной к нему лентой;
- секундомер.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.1.34);
- 2) $\nu = \frac{N}{t}$;
- 3) $t = 60$ с;
 $N = 30$;
- 4) $\nu = 0,5$ Гц.



Рис. 2.1.34

Указание экспертам

Измерение времени колебаний t считается верным, если его значение попадает в интервал ± 4 с к указанному значению.

Задание 12.2

Используя штатив с муфтой и лапкой, груз с прикрепленной к нему нитью, линейку и секундомер, соберите экспериментальную установку для исследования свободных колебаний нитяного маятника. Определите время для 30 полных колебаний и посчитайте частоту колебаний для случая, когда длина нити равна 50 см.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта частоты колебаний;

- 3) укажите результаты прямых измерений числа и времени колебаний;
- 4) запишите численное значение частоты колебаний маятника.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования (рис. 2.1.33) в составе:

- штатив с муфтой и лапкой;
- груз с прикрепленной к нему лентой;
- секундомер.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки (аналогична заданию 12.1);

$$2) v = \frac{N}{t};$$

$$3) t = 42 \text{ с};$$

$$N = 30;$$

$$4) v = 0,7 \text{ Гц}.$$

Указание экспертам

Измерение времени колебаний t считается верным, если его значение попадает в интервал ± 4 с к указанному значению.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
<p>Полностью правильное выполнение задания, включающее:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) схематичный рисунок экспериментальной установки; 2) формулу для расчёта искомой величины по доступным для измерения величинам (в данном случае — частоты колебаний маятника через число колебаний и промежуток времени, в течение которого они длились); 3) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — результаты измерения промежутка времени и числа колебаний); 4) полученное правильное численное значение искомой величины 	4
<p>Приведены все элементы правильного ответа 1—4, но:</p> <ul style="list-style-type: none"> — допущена ошибка при вычислении значения искомой величины; <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — допущена ошибка при обозначении единиц измерения искомой величины; <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует 	3
<p>Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен ответ.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений величин, записана формула для расчёта искомой величины, но не получен ответ, и не приведён рисунок экспериментальной установки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствуют рисунок экспериментальной установки и формула для расчёта искомой величины</p>	2

1	2
Записаны только правильные значения прямых измерений. ИЛИ Приведено правильное значение только одного из прямых измерений, и сделан рисунок экспериментальной установки	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 13. Определение частоты колебаний пружинного маятника

Задание 13.1

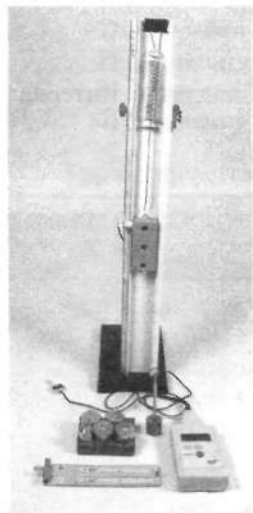


Рис. 2.1.35

Используя штатив с муфтой и лапкой, пружину № 1, направляющую с датчиками, электронный секундомер и брусок, соберите экспериментальную установку для исследования свободных колебаний пружинного маятника (рис. 2.1.35). (См. также раздел 2.4, задание 1.) Измерьте половину периода колебаний бруска на пружине и посчитайте частоту колебаний.

В бланке ответов:

- 1) запишите формулу для расчёта частоты колебаний;
- 2) укажите результаты прямых измерений половины периода колебаний, проведя три опыта;
- 3) найдите среднее значение периода колебаний;
- 4) запишите численное значение частоты колебаний маятника.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- штатив с муфтой и лапкой;
- направляющая;
- брусок;
- пружина № 1;
- датчики;
- электронный секундомер.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

1) $\nu = 1/T$;

2) $T_1/2 = 0,102$ с;

$T_2/2 = 0,104$ с;

$T_3/2 = 0,100$ с;

3) $T_{\text{ср}} = 2 \cdot (T_1/2 + T_2/2 + T_3/2)/3 = 0,204$ с;

4) $\nu \approx 4,9$ Гц.

Указание экспертам

Границы интервала, в котором могут оказаться результаты измерения половины периода колебаний бруска, могут быть определены только с учётом случайной погрешности измерения времени.

Граница случайной погрешности каждого опыта равна $\Delta(T/2) = 0,007$ с.

Интервал возможных значений любого результата: $0,095 \text{ с} \leq T/2 \leq 0,109 \text{ с}$.

Задание 13.2

Используя штатив с муфтой и лапкой, пружину № 2, направляющую с датчиками, электронный секундомер и брусок, соберите экспериментальную установку для исследования свободных колебаний пружинного маятника (рис. 2.1.35). (См. также раздел 2.4, задание 1.) Измерьте половину периода колебаний бруска на пружине и посчитайте частоту колебаний.

В бланке ответов:

- 1) запишите формулу для расчёта частоты колебаний;
- 2) укажите результаты прямых измерений половины периода колебаний, проведя три опыта;
- 3) найдите среднее значение периода колебаний;
- 4) запишите численное значение частоты колебаний маятника.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- штатив с муфтой и лапкой;
- направляющая;
- брусок;
- пружина № 2;
- датчики;
- электронный секундомер.

Образец возможного выполнения задания

1) $\nu = 1/T$;

2) $T_1/2 = 0,336$ с;

$T_2/2 = 0,332$ с;

$T_3/2 = 0,331$ с;

3) $T_{\text{ср}} = 2 \cdot (T_1/2 + T_2/2 + T_3/2)/3 = 0,333$ с;

4) $\nu \approx 1/T_{\text{ср}} \approx 3,0$ Гц.

Указание экспертам

Границы интервала, в котором могут оказаться результаты измерения половины периода колебаний бруска, могут быть определены только с учётом случайной погрешности измерения времени.

Граница случайной погрешности каждого опыта равна $\Delta(T/2) = 0,009$ с.

Интервал возможных значений любого результата: $0,324 \text{ с} \leq T/2 \leq 0,342 \text{ с}$.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) формулу для расчёта искомой величины по доступным для измерения величинам (в данном случае — для частоты колебаний); 2) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — результаты измерения половины периода колебаний);	4

1	2
3) полученное правильное среднее значение периода колебаний; 4) полученное правильное значение искомой величины	
Приведены все элементы правильного ответа 1—4, но: — допущена ошибка при вычислении значения искомой величины; ИЛИ — допущена ошибка при обозначении единиц измерения искомой величины; ИЛИ — допущена ошибка при расчёте среднего значения для прямых измерений	3
Правильно приведены значения прямых измерений величин, получено среднее значение для прямых измерений, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен ответ. ИЛИ Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствуют формулы для расчёта среднего значения искомой величины и значения искомой величины	2
Записаны только правильные значения прямых измерений	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 14. Определение относительной влажности воздуха

Используя два термометра, стакан с водой и кусок марли, соберите экспериментальную установку для измерения относительной влажности воздуха. После сборки (рис. 2.1.37; 2.1.38) установки надо добиться, чтобы марля была влажной, и подождать примерно 10 мин, пока не перестанет уменьшаться температура влажного термометра.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите результаты прямых измерений температуры сухого и влажного термометров;
- 3) используя психрометрическую таблицу, запишите числовое значение относительной влажности воздуха.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе (рис. 2.1.36):

- штатив с муфтой и лапкой;
- два термометра;
- стакан с водой;
- кусочек марли.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки изображена на рис. 2.1.39а.
- 2) Температура влажного термометра 18 °С;
температура в помещении 24 °С;

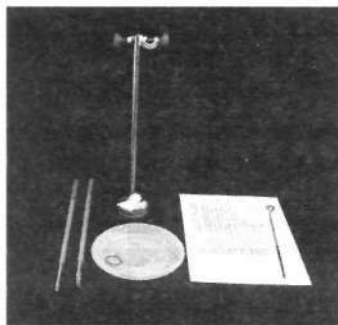


Рис. 2.1.36

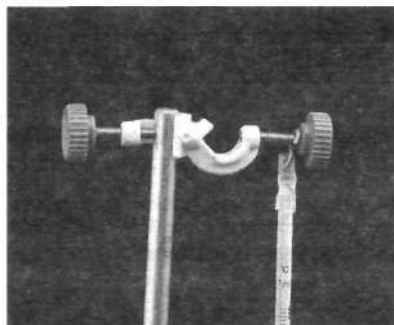


Рис. 2.1.37

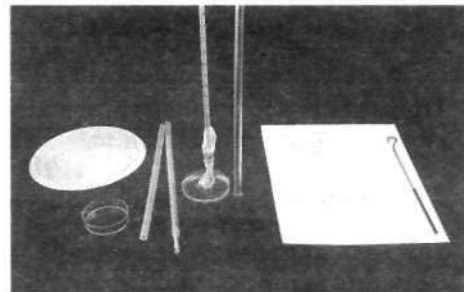


Рис. 2.1.38

разность показаний $6\text{ }^{\circ}\text{C}$;
влажность 56% .

Указание экспертам

Считая погрешность измерения температуры равной $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, можно найти «прямоугольник возможных значений» (рис. 2.1.39а; 2.1.39б).

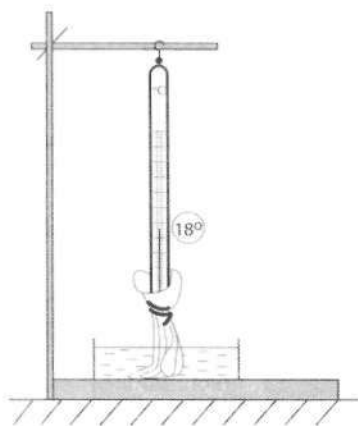


Рис. 2.1.39а

$^{\circ}\text{C}$	5	6	7
21	60	52	46
22	B 61	54	47 C
23	61	55	48
24	62	56	49
25	63	57	50
26	A 64	58	51 D
27	65	59	52
28	65	59	53
29	66	60	54
30	67	61	55

Рис. 2.1.39б

Результаты эксперт контролирует по гигрометру, входящему в состав набора. Показания гигрометра, с учётом его погрешности, должны оказаться внутри выделенного на рис. 2.1.39б прямоугольника.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) рисунок экспериментальной установки; 2) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — показания сухого и влажного термометров); 3) полученное значение относительной влажности по психрометрической таблице	4

1	2
Приведены все элементы правильного ответа 1–3, но: — допущена ошибка при вычислении значения искомой величины; ИЛИ — допущена ошибка при обозначении единиц измерения искомой величины	3
Правильно приведены значения прямых измерений величин, но не найдено значение относительной влажности воздуха. ИЛИ Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствует схема экспериментальной установки	2
Записаны только правильные значения прямых измерений. ИЛИ Представлена только схема экспериментальной установки	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 15. Определение количества теплоты, полученного водой при теплообмене с нагретым алюминиевым цилиндром



Рис. 2.1.40

Для выполнения задания понадобятся сосуд с холодной водой, алюминиевый цилиндр на нити, электронные весы, калориметр и термометр (рис. 2.1.40).

Определите количество теплоты, которое получает холодная вода при опускании в неё нагретого стального цилиндра. Измерения проводите, налив в стакан 70 г холодной воды. Для измерения массы жидкости, налитой в сосуд, сначала измерьте массу сосуда, затем нажмите кнопку «Т/Выкл», потом наливайте в сосуд воду, наблюдая за показаниями весов (рис. 2.1.41–2.1.43).

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта количества теплоты;
- 3) укажите результаты прямых измерений начальной и конечной температуры воды;
- 4) запишите числовое значение количества теплоты, которое получила холодная вода при опускании в неё нагретого алюминиевого цилиндра.



Рис. 2.1.41



Рис. 2.1.42



Рис. 2.1.43

Примечание: цилиндр, нагретый до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, в калориметр с холодной водой помещает организатор экзамена.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- калориметр, масса внутреннего стакана (26 ± 1) г;
- термометр;
- цилиндр алюминиевый массой (70 ± 1) г;
- электронные весы, погрешность прямого измерения массы $0,1$ г;
- сосуд с водой комнатной температуры.

У организатора экзамена в аудитории:

чайник электрический с водой, цилиндр алюминиевый с крючком на нити, проволочный крючок.

Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.1.44):

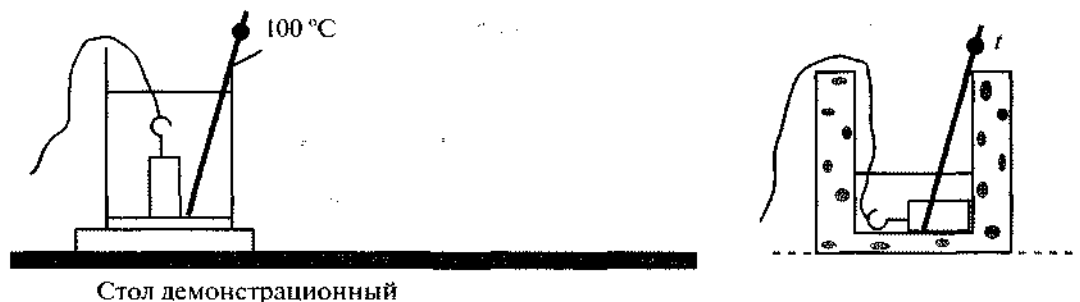


Рис. 2.1.44

2) Результаты измерений и табличные данные:

- температура холодной воды $t_{\text{хол. воды}} = 23\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- масса холодной воды $m_{\text{хол. воды}} = 70\text{ г} = 0,070\text{ кг}$;
- температура, установившаяся в калориметре, $t_0 = 36\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- удельная теплоёмкость воды $C = 4200\text{ Дж/кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$;

3) Результаты расчётов количества теплоты:

$$Q = 4200\text{ Дж/кг} \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot 0,070\text{ кг} \cdot (36 - 23)\text{ }^{\circ}\text{C} = 3822\text{ Дж.}$$

Указание экспертам

Для нахождения интервала возможных значений удобно пользоваться методом границ (см. 4.4).

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) формулу для расчёта искомой величины по доступным для измерения величинам (в данном случае — для количества теплоты через массу воды, температуру холодной и тёплой воды и удельную теплоёмкость воды); 2) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — результаты измерения массы и температуры воды); 3) полученное правильное значение искомой величины	4

1	2
Приведены все элементы правильного ответа 1—3, но: — допущена ошибка при вычислении значения искомой величины; ИЛИ — допущена ошибка при обозначении единиц измерения искомой величины	3
Правильно приведены значения прямых измерений величин, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен ответ. ИЛИ Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствуют формулы для расчёта среднего значения искомой величины и значения искомой величины	2
Записаны только правильные значения прямых измерений	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 16. Определение давления воздуха в шприце

Для выполнения задания воспользуйтесь манометром, барометром, шприцем со шлангом и канцелярским зажимом.

Установите поршень баллона шприца № 1 в положение 12 мл, подсоедините шланг баллона к тройнику манометра, перекройте отводной шланг с помощью канцелярского зажима. Переместите поршень в положение 9 мл. Запишите показание манометра. Определите, воспользовавшись барометром, висящим на стене кабинета, давление воздуха в баллоне (рис. 2.1.45; 2.1.46).

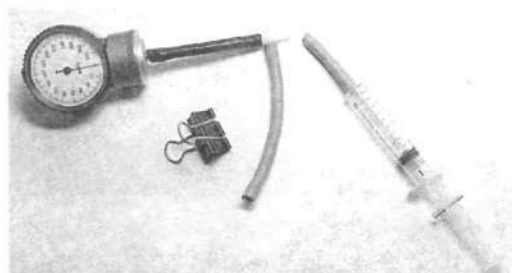


Рис. 2.1.45

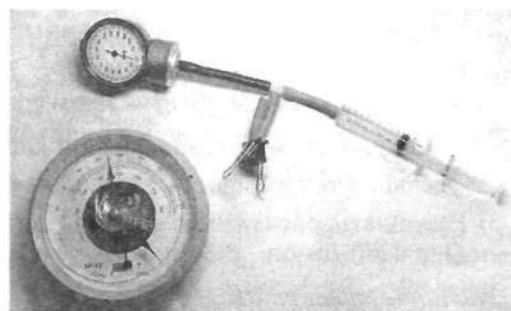


Рис. 2.1.46

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта давления;
- 3) укажите результаты измерения давлений.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- манометр;
- барометр;
- шприц медицинский со шлангом, канцелярский зажим.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.1.45; 2.1.46).
- 2) Показания манометра 210 мм рт. ст.
- 3) Показания барометра 750 мм рт. ст.
- 4) Давление воздуха в баллоне $750 + 210 = 960$ мм рт. ст.

Указание экспертам

1. Показания барометра записываются организатором экзамена для последующего сравнения с записью учащихся.

2.

V' , мл	12	11	10	9	8	7
Δp , мм рт. ст	0	40	100	150	210	270

V' — это положение поршня по шкале баллона. Объём V сжимаемого газа примерно на 2 мл больше. Из них 1,5 мл — это объём манометрических коробочек, 0,5 мл — это объём патрубков.

Небольшой участок гиперболы, соответствующей закону Бойля — Мариотта, можно интерпретировать как прямую. Уравнение этой прямой согласно методу наименьших квадратов имеет вид: $V' = 11,8 - 0,018 \cdot \Delta p$.

Результаты по измерениям Δp , проведённым учащимися, могут отличаться от полученных с использованием графика на 10% (рис. 2.1.47).

В этой погрешности 5% — это изменение атмосферного давления. Ещё 5% — погрешность измерения объёма.

Таким образом, при положении поршня $V_0 = 8$ мл показания манометра из интервала (210 ± 20) мм рт. ст. необходимо признать верными.



Рис. 2.1.47

Содержание критерия	Балл
<p>Полностью правильное выполнение задания, включающее:</p> <p>1) формулу для расчёта искомой величины по доступным для измерения величинам (в данном случае — для давления воздуха в баллоне как суммы показаний барометра и манометра);</p> <p>2) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — результаты измерения давления манометром и атмосферного давления барометром);</p> <p>3) полученное правильное значение искомой величины</p>	4
<p>Приведены все элементы правильного ответа 1–3, но:</p> <p>— допущена ошибка при вычислении значения искомой величины;</p> <p>ИЛИ</p> <p>— допущена ошибка при обозначении единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно приведены значения прямых измерений величин, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен ответ.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствуют формулы для расчёта среднего значения искомой величины и значения искомой величины</p>	2
Записаны только правильные значения прямых измерений	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 17. Определение электрического сопротивления резистора

Задание 17.1

Используя источник тока (выпрямитель учебный), вольтметр с пределом измерения 3 В, амперметр с пределом измерения 3 А, ключ, реостат, соединительные провода, резистор, обозначенный R_2 , соберите экспериментальную установку для определения электрического сопротивления резистора. При помощи реостата установите в цепи силу тока 0,5 А.

В бланке ответов:

- 1) нарисуйте электрическую схему эксперимента;
- 2) запишите формулу для расчёта электрического сопротивления;
- 3) укажите результаты измерения напряжения при силе тока 0,5 А;
- 4) запишите численное значение электрического сопротивления.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- выпрямитель учебный ВУ-4;
- резистор 2,2 Ом, обозначенный R_2 ;
- реостат;
- амперметр с пределом измерения 3 А (погрешность прямого измерения 0,15 А);
- вольтметр с пределом измерения 3 В (погрешность прямого измерения 0,15 В);
- ключ и соединительные провода.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.1.48);

2) $I = U/R$; $R = U/I$;

3) $I = 0,5 \text{ A}$; $U = 1,1 \text{ В}$;

4) $R = 2,2 \text{ Ом}$.

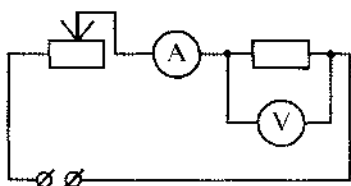


Рис. 2.1.48

Указание экспертам

Оценка границ интервала, внутри которого может оказаться верный результат, рассчитывается методом границ. С учётом погрешности измерения силы тока и напряжения получаем:

нижняя граница сопротивления НГ (R) = $0,95\text{В}/0,65 \text{ А} = 1,5 \text{ Ом}$;

верхняя граница ВГ (R) = $1,25\text{В}/0,35 \text{ А} = 3,5 \text{ Ом}$.

Задание 17.2

Используя источник тока (выпрямитель учебный), вольтметр с пределом измерения 3 В, амперметр с пределом измерения 0,6 А, ключ, реостат, соединительные провода, резистор, обозначенный $R5$, соберите экспериментальную установку для определения электрического сопротивления резистора. При помощи реостата установите в цепи силу тока 0,3 А.

В бланке ответов:

- 1) нарисуйте электрическую схему эксперимента;
- 2) запишите формулу для расчёта электрического сопротивления;
- 3) укажите результаты измерения напряжения при силе тока 0,3 А;
- 4) запишите численное значение электрического сопротивления.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- выпрямитель учебный ВУ-4;
- резистор 8,2 Ом, обозначенный $R5$;
- реостат;
- амперметр с пределом измерения 0,6 А (погрешность прямого измерения 0,03 А);
- вольтметр с пределом измерения 3 В (погрешность прямого измерения 0,15 В);
- ключ и соединительные провода.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки (аналогична заданию 17.1);

2) $I = U/R$; $R = U/I$;

3) $I = 0,30 \text{ А}$; $U = 2,5 \text{ В}$;

4) $R = 8,3 \text{ Ом}$.

Указание экспертам

Оценка границ интервала, внутри которого может оказаться верный результат, рассчитывается методом границ. С учётом погрешности измерения силы тока и напряжения получаем:

нижняя граница сопротивления НГ (R) = 7,1 Ом;

верхняя граница ВГ (R) = $1,25\text{В}/0,35 \text{ А} = 9,8 \text{ Ом}$.

Содержание критерия	Балл
<p>Полностью правильное выполнение задания, включающее:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) электрическую схему эксперимента; 2) формулу для расчёта искомой величины (<i>в данном случае — для электрического сопротивления через напряжение и силу тока</i>); 3) правильно записанные результаты прямых измерений (<i>в данном случае — измерения электрического напряжения и силы тока</i>); 4) полученное правильное численное значение искомой величины 	4
<p>Приведены все элементы правильного ответа 1–4, но:</p> <ul style="list-style-type: none"> — допущена ошибка при вычислении значения искомой величины; <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — допущена ошибка при обозначении единиц измерения одной из величин; <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует 	3
<p>Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен ответ.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений величин, записана формула для расчёта искомой величины, но не получен ответ, и не приведён рисунок экспериментальной установки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствуют рисунок экспериментальной установки и формула для расчёта искомой величины</p>	2
<p>Записаны только правильные значения прямых измерений.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Приведено правильное значение только одного из прямых измерений, и сделан рисунок экспериментальной установки</p>	1
<p>Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания</p>	0

Задание 18. Определение мощности электрического тока, выделяемой на резисторе

Задание 18.1

Используя источник тока (выпрямитель учебный), вольтметр с пределом измерения 3 В, амперметр с пределом измерения 3 А, ключ, реостат, соединительные провода, резистор, обозначенный R_2 , соберите экспериментальную установку для определения мощности, выделяемой на резисторе. При помощи реостата установите в цепи силу тока 0,5 А.

В бланке ответов:

- 1) нарисуйте электрическую схему эксперимента;
- 2) запишите формулу для расчёта электрического сопротивления;
- 3) укажите результаты измерения напряжения при силе тока 0,5 А;
- 4) запишите численное значение электрического сопротивления.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- выпрямитель учебный ВУ-4;
- резистор 2,2 Ом, обозначенный R_2 ;
- реостат;
- амперметр с пределом измерения 3 А (погрешность прямого измерения 0,15 А);
- вольтметр с пределом измерения 3 В (погрешность прямого измерения 0,15 В);
- ключ и соединительные провода.

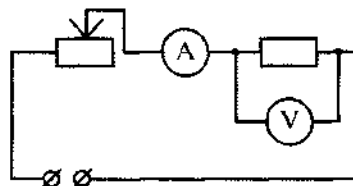


Рис. 2.1.49

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.1.49);
- 2) $P = U \cdot I$;
- 3) $I = 0,5$ А; $U = 1,1$ В;
- 4) $P = 0,55$ Вт.

Указание экспертам

Оценка границ интервала, внутри которого может оказаться верный результат, рассчитывается методом границ. С учётом погрешности измерения получаем:

- нижняя граница мощности НГ (P) = 0,33 Вт;
верхняя граница ВГ (P) = 0,81 Вт.

Задание 18.2

Используя источник тока (выпрямитель учебный), вольтметр с пределом измерения 3 В, амперметр с пределом измерения 0,6 А, ключ, реостат, соединительные провода, резистор, обозначенный R_5 , соберите экспериментальную установку для определения мощности электрического тока, выделяемой на резисторе. При помощи реостата установите в цепи силу тока 0,3 А.

В бланке ответов:

- 1) нарисуйте электрическую схему эксперимента;
- 2) запишите формулу для расчёта электрического сопротивления;
- 3) укажите результаты измерения напряжения при силе тока 0,3 А;
- 4) запишите численное значение электрического сопротивления.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- выпрямитель учебный ВУ-4;
- резистор 8,2 Ом, обозначенный R_5 ;
- реостат;
- амперметр с пределом измерения 0,6 А (погрешность прямого измерения 0,03 А);
- вольтметр с пределом измерения 3 В (погрешность прямого измерения 0,15 В);
- ключ и соединительные провода.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (аналогична заданию 18.1);
- 2) $P = U \cdot I$;
- 3) $I = 0,30$ А; $U = 2,5$ В;
- 4) $P = 0,75$ Вт.

Указание экспертам

Оценка границ интервала, внутри которого может оказаться верный результат, рассчитывается методом границ. С учётом погрешности измерения получаем:

нижняя граница мощности НГ (P) = 0,63 Вт;

верхняя граница ВГ (P) = 0,87 Вт.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) электрическую схему эксперимента; 2) формулу для расчёта искомой величины (<i>в данном случае — для мощности электрического тока через напряжение и силу тока</i>); 3) правильно записанные результаты прямых измерений (<i>в данном случае — измерения электрического напряжения и силы тока</i>); 4) полученное правильное численное значение искомой величины	4
Приведены все элементы правильного ответа 1—4, но: — допущена ошибка при вычислении значения искомой величины; ИЛИ — допущена ошибка при переводе одной из измеренных величин в СИ, что привело к ошибке при вычислении значения искомой величины; ИЛИ — допущена ошибка при обозначении единиц одной из измеренных величин; ИЛИ — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует	3
Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен ответ. ИЛИ Правильно приведены значения прямых измерений величин, записана формула для расчёта искомой величины, но не получен ответ, и не приведён рисунок экспериментальной установки. ИЛИ Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствуют рисунок экспериментальной установки и формула для расчёта искомой величины	2
Записаны только правильные значения прямых измерений. ИЛИ Приведено правильное значение только одного из прямых измерений, и сделан рисунок экспериментальной установки	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 19. Определение работы электрического тока, протекающего через резистор

Задание 19.1

Используя источник тока (выпрямитель учебный), вольтметр с пределом измерения 3 В, амперметр с пределом измерения 3 А, ключ, реостат, соединительные провода, резистор, обозначенный R_2 , соберите экспериментальную установку для определения работы электрического тока на резисторе, совершаемой в течение 5 мин. При помощи реостата установите в цепи силу тока 0,5 А.

В бланке ответов:

- 1) нарисуйте электрическую схему эксперимента;
- 2) запишите формулу для расчёта электрического сопротивления;
- 3) укажите результаты измерения напряжения при силе тока 0,5 А;
- 4) запишите численное значение электрического сопротивления.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- выпрямитель учебный ВУ-4;
- резистор 2,2 Ом, обозначенный R_2 ;
- реостат;
- амперметр с пределом измерения 3 А (погрешность прямого измерения 0,15 А);
- вольтметр с пределом измерения 3 В (погрешность прямого измерения 0,15 В);
- ключ и соединительные провода.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.1.50);
- 2) $A = U \cdot I \cdot t$;
- 3) $I = 0,5$ А; $U = 1,1$ В; $t = 5$ мин = 300 с;
- 4) $A = 165$ Дж.

Указание экспертам

Оценка границ интервала, внутри которого может оказаться верный результат, рассчитывается методом границ. С учётом погрешности измерения получаем:

нижняя граница работы электрического тока НГ (А) = 99 Дж;

верхняя граница ВГ (А) = 243 Дж.

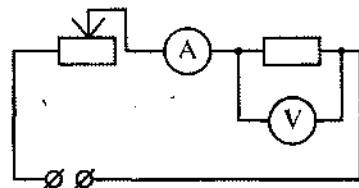


Рис. 2.1.50

Задание 19.2

Используя источник тока (выпрямитель учебный), вольтметр с пределом измерения 3 В, амперметр с пределом измерения 0,6 А, ключ, реостат, соединительные провода, резистор, обозначенный R_5 , соберите экспериментальную установку для определения работы электрического тока на резисторе, совершаемой в течение 10 мин. При помощи реостата установите в цепи силу тока 0,3 А.

В бланке ответов:

- 1) нарисуйте электрическую схему эксперимента;
- 2) запишите формулу для расчёта электрического сопротивления;
- 3) укажите результаты измерения напряжения при силе тока 0,3 А;
- 4) запишите численное значение электрического сопротивления.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- выпрямитель учебный ВУ-4;

- резистор 8,2 Ом, обозначенный R5;
- реостат;
- амперметр с пределом измерения 0,6 А (погрешность прямого измерения 0,03 А);
- вольтметр с пределом измерения 3 В (погрешность прямого измерения 0,15 В);
- ключ и соединительные провода.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (аналогична заданию 19.1);
- 2) $A = U \cdot I \cdot t$;
- 3) $I = 0,3 \text{ А}$; $U = 2,5 \text{ В}$; $t = 10 \text{ мин} = 600 \text{ с}$;
- 4) $A = 450 \text{ Дж}$.

Указание экспертам

Оценка границ интервала, внутри которого может оказаться верный результат, рассчитывается методом границ. С учётом погрешности измерения получаем:

- нижняя граница работы электрического тока $НГ(A) = 380 \text{ Дж}$;
 верхняя граница $ВГ(A) = 524 \text{ Дж}$.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
<p>Полностью правильное выполнение задания, включающее:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) электрическую схему эксперимента; 2) формулу для расчёта искомой величины (<i>в данном случае — для работы электрического тока через время, напряжение и силу тока</i>); 3) правильно записанные результаты прямых измерений (<i>в данном случае — измерения электрического напряжения и силы тока</i>); 4) полученное правильное численное значение искомой величины 	4
<p>Приведены все элементы правильного ответа 1—4, но:</p> <ul style="list-style-type: none"> — допущена ошибка при вычислении значения искомой величины; <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — допущена ошибка при переводе одной из измеренных величин в СИ, что привело к ошибке при вычислении значения искомой величины; <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — допущена ошибка при обозначении единиц одной из измеренных величин; <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует 	3
<p>Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен ответ.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений величин, записана формула для расчёта искомой величины, но не получен ответ, и не приведён рисунок экспериментальной установки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствуют рисунок экспериментальной установки и формула для расчёта искомой величины</p>	2

1	2
Записаны только правильные значения прямых измерений. ИЛИ Приведено правильное значение только одного из прямых измерений, и сделан рисунок экспериментальной установки	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 20. Определение оптической силы собирающей линзы

Задание 20.1

Используя оптическую скамью, собирающую линзу, обозначенную Л1, экран и держатель для экрана, соберите экспериментальную установку для определения оптической силы линзы. В качестве предмета используйте освещённое окно (рис. 2.1.51а).

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта оптической силы линзы;
- 3) укажите результаты измерения фокусного расстояния линзы;
- 4) запишите численное значение оптической силы линзы.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- оптическая скамья длиной 600 мм;
- линза собирающая Л1;
- экран и держатель для экрана.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

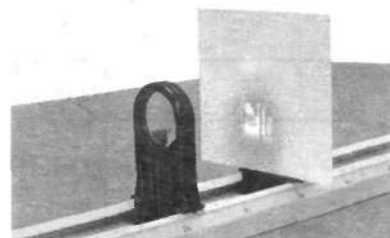


Рис. 2.1.51а

Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки (изображение удалённого источника света (окна) формируется практически в фокальной плоскости) (рис. 2.1.51а; 2.1.51б);

- 2) $D = 1/F$;
- 3) $F = 97 \text{ мм} = 0,097 \text{ м}$;
- 4) $D \approx 10,3$ (дптр).

Указание экспертам

$$F = (97 \pm 6) \text{ мм.}$$

Погрешность отсчёта при измерении F не может быть меньше половины толщины линзы. При оценке F добавляется также ещё половина толщины линзы, возникающая при настройке изображения на резкость.

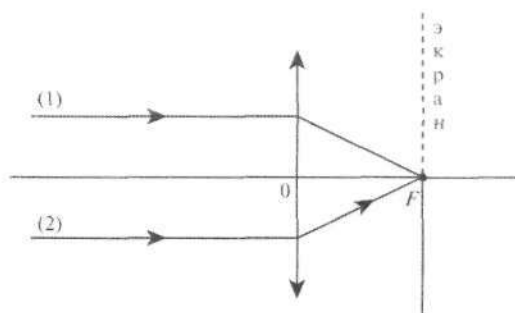


Рис. 2.1.51б

Задание 20.2

Используя источник тока, ключ, планшет «1», осветитель, диафрагму с тремя щелями, собирающую цилиндрическую линзу, обозначенную Л4, соберите экспериментальную установку для

определения оптической силы линзы. Положение лампы осветителя настройте так, чтобы получить три параллельных узких пучка.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта оптической силы линзы;
- 3) укажите результаты измерения фокусного расстояния линзы;
- 4) запишите численное значение оптической силы линзы.

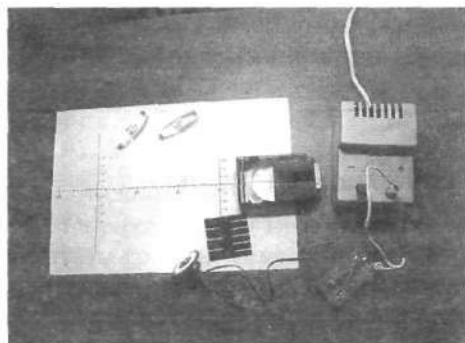


Рис. 2.1.52

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования (рис. 2.1.52) в составе:

- выпрямитель учебный ВУ-4;
- ключ;
- планшет «1»;
- линза собирающая цилиндрическая Л1;
- осветитель;
- диафрагма с тремя щелями.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

1) Оптическая схема представлена на рис. 2.1.53 (параллельный оптической оси пучок света собирается в фокусе);

2) $D = 1/F$;

3) $F = 110 \text{ мм} = 0,11 \text{ м}$;

4) $D \approx 9,1 \text{ дптр}$.

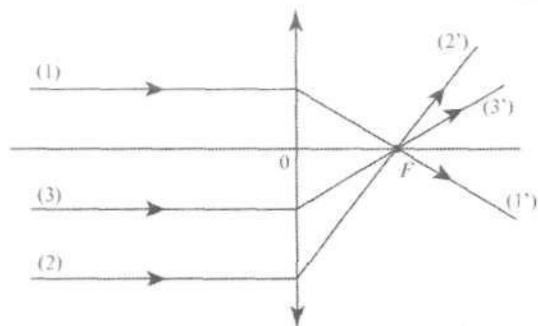


Рис. 2.1.53

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) схематичный рисунок экспериментальной установки; 2) формулу для расчёта искомой величины по доступным для измерения величинам (в данном случае — для оптической силы через фокусное расстояние); 3) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — результаты измерения фокусного расстояния); 4) полученное правильное численное значение искомой величины	4
Приведены все элементы правильного ответа 1—4, но: — допущена ошибка при вычислении значения искомой величины; ИЛИ — допущена ошибка при обозначении единиц измерения искомой величины;	3

1	2
<p>ИЛИ</p> <p>— допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует</p>	
<p>Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен ответ.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений величин, записана формула для расчёта искомой величины, но не получен ответ, и не приведён рисунок экспериментальной установки.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствуют рисунок экспериментальной установки и формула для расчёта искомой величины</p>	2
<p>Записано только правильное значение прямого измерения.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Сделан рисунок экспериментальной установки</p>	1
<p>Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания</p>	0

2.2. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ МЕЖДУ ФИЗИЧЕСКИМИ ВЕЛИЧИНАМИ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРЯМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ)

Задание 1. Исследование зависимости массы от объёма

Используя электронные весы, мерный цилиндр и набор из трёх алюминиевых тел разного объёма, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости массы тела от его объёма.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки по измерению объёма тел;
- 2) укажите результаты измерения массы грузов и их объёмов для трёх случаев в виде таблицы (или графика);
- 3) сформулируйте вывод о зависимости массы от объёма.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- три алюминиевых цилиндра, имеющих маркировку № 6, № 3, № 2;
- электронные весы;
- мерный цилиндр (мензурка) с ценой деления 2 мл.

Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.2.1):

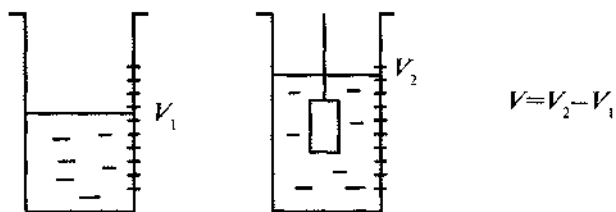


Рис. 2.2.1

2) Результаты измерений:

№	Масса, г	Объём V_1 , мл	Объём V_2 , мл	Объём V , мл
6	38,5	100	114	14
3	70,3		126	26
2	100,0		136	36

3) Вывод: при увеличении объёма сплошных тел, изготовленных из одного и того же вещества, масса тел увеличивается.

Указание экспертам

Измерение массы тел считается верным, если её значение попадает в интервал ($m \pm 0,2$) г, а измерение объёма считается верным, если его значение попадает в интервал ($V \pm 4$) мл к указанным в таблице значениям.

Наличие вывода о функциональной (прямой пропорциональной) зависимости между массой и объёмом не является обязательным, достаточным считается вывод о качественной зависимости.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) схематичный рисунок экспериментальной установки; 2) правильно записанные результаты прямых измерений (<i>в данном случае — массы и объёма для трёх измерений</i>); 3) сформулированный правильный вывод	4
Приведены все элементы правильного ответа 1—3, но: — допущена ошибка при переводе одной из измеренных величин в СИ при заполнении таблицы (или при построении графика); ИЛИ — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует	3
Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не сформулирован вывод. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, сформулирован вывод, но в одном из экспериментов присутствует ошибка в прямых измерениях	2

1	2
Записаны только правильные значения прямых измерений. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, и частично приведены результаты верных прямых измерений	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 2. Исследование зависимости силы тяжести, действующей на тела, от массы тел

Используя электронные весы, динамометр и набор из трёх тел разной массы, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости силы тяжести, действующей на тело, от его массы.

В бланке ответов:

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите результаты измерения массы грузов и силы тяжести для трёх случаев в виде таблицы (или графика);
- сформулируйте вывод о зависимости силы тяжести от массы тела.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- три цилиндра, имеющих маркировку № 6, № 1, № 4;
- электронные весы;
- динамометр с пределом измерения 5 Н, погрешность прямого измерения силы 0,1 Н;
- динамометр с пределом измерения 1 Н, погрешность прямого измерения силы 0,02 Н.

Образец возможного выполнения

- Схема экспериментальной установки (рис. 2.2.2).
- Результаты измерений:

№	Масса, г	Сила тяжести, Н	Используемый динамометр
6	38,5	0,38	с пределом измерения 1 Н
1	66,3	0,70	с пределом измерения 1 Н
4	196,3	2,0	с пределом измерения 5 Н

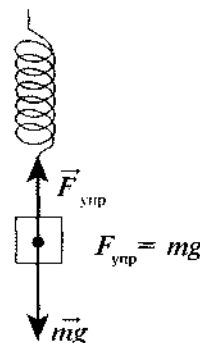


Рис. 2.2.2

- Вывод: при увеличении массы тел сила тяжести, действующая на тела, увеличивается.

Указание экспертам

Измерение массы тел считается верным, если её значение попадает в интервал $(m \pm 0,2)$ г, а измерение силы тяжести считается верным, если её значение попадает в интервал $(F \pm 0,02)$ Н к указанным в таблице значениям сил тяжести для тел № 6 и № 1 и $(F \pm 0,1)$ Н для тела № 4.

Наличие вывода о функциональной (прямой пропорциональной) зависимости между массой и силой тяжести не является обязательным, достаточным считается вывод о качественной зависимости.

Содержание критерия	Балл
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) схематичный рисунок экспериментальной установки; 2) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — массы и силы тяжести для трёх измерений); 3) сформулированный правильный вывод	4
Приведены все элементы правильного ответа 1—3, но: — допущена ошибка при переводе одной из измеренных величин в СИ при заполнении таблицы (или при построении графика); ИЛИ — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует	3
Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не сформулирован вывод. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, сформулирован вывод, но в одном из экспериментов присутствует ошибка в прямых измерениях	2
Записаны только правильные значения прямых измерений. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, и частично приведены результаты верных прямых измерений	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 3. Исследование зависимости силы трения скольжения от силы нормального давления

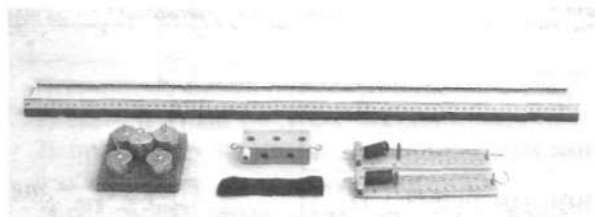


Рис. 2.2.3

Используя брусок с крючком, динамометры с пределом измерения 5 Н и 1 Н, набор грузов по 100 г каждый и направляющую (рис. 2.2.3), соберите экспериментальную установку для исследования зависимости силы трения скольжения между бруском и поверхностью горизонтально расположенной направляющей от силы нормального давления.

Определите силу трения скольжения, помещая на брусок поочередно один, два и три груза. Для определения силы нормального давления бруска с грузами на поверхность направляющей воспользуйтесь динамометром.

В бланке ответов:

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите результаты измерения силы нормального давления и силы трения скольжения для трёх случаев в виде таблицы (или графика);
- сформулируйте вывод о зависимости силы трения скольжения между бруском и поверхностью направляющей от силы нормального давления.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- брусок массой (50 ± 1) г;
- три груза массой (100 ± 2) г каждый;
- динамометр с пределом измерения 5 Н, погрешность прямого измерения 0,1 Н;
- динамометр с пределом измерения 1 Н, погрешность прямого измерения силы трения 0,04 Н;
- направляющая.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.2.4):

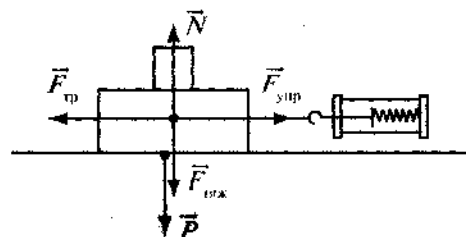


Рис. 2.2.4

2) Результаты измерений:

№	При равномерном движении $F_{\text{упр}} = F_{\text{тр}}$, (Н)	$N = P$, (Н)
1	0,30	1,5
2	0,48	2,5
3	0,72	3,5
	Используется динамометр с пределом измерения 1 Н	Используется динамометр с пределом измерения 5 Н

3) Вывод: при увеличении силы нормального давления сила трения скольжения, возникающая между бруском и поверхностью направляющей, также увеличивается.

Указание экспертам

Измерение силы P считается верным, если её значение попадает в интервал $(P \pm 0,2)$ Н к указанным в таблице значениям. Измерение силы трения считается верным, если результаты прямого измерения силы упругости при использовании динамометра с пределом измерения 1 Н попадают в интервал $(F_{\text{упр}} \pm 0,04)$ Н к указанным в таблице значениям.

Наличие вывода о функциональной (прямой пропорциональной) зависимости между силой трения скольжения и силой нормального давления не является обязательным, достаточным считается вывод о качественной зависимости.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) схематичный рисунок экспериментальной установки; 2) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — сил трения скольжения и сил нормального давления для трёх измерений); 3) сформулированный правильный вывод	4

1	2
<p>Приведены все элементы правильного ответа 1—3, но:</p> <p>— допущена ошибка при переводе одной из измеренных величин в СИ при заполнении таблицы (или при построении графика);</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует</p>	3
<p>Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не сформулирован вывод.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Сделан рисунок экспериментальной установки, сформулирован вывод, но в одном из экспериментов присутствует ошибка в прямых измерениях</p>	2
<p>Записаны только правильные значения прямых измерений.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Сделан рисунок экспериментальной установки, и частично приведены результаты верных прямых измерений</p>	1
<p>Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания</p>	0

Задание 4. Исследование зависимости растяжения (деформации) пружины от приложенной силы

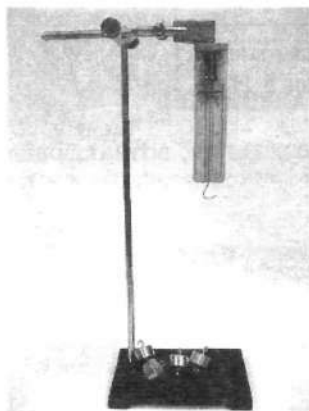


Рис. 2.2.5

Используя штатив с муфтой и лапкой, пружину № 1, линейку, набор грузов по 100 г каждый (рис. 2.2.5), соберите экспериментальную установку для исследования зависимости растяжения (деформации) пружины от приложенной силы. Определите растяжение пружины, подвесивая к ней поочерёдно один, два и три груза.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите результаты измерения длины недеформированной и деформированной пружины, её удлинения для трёх случаев в виде таблицы (или графика);
- 3) сформулируйте вывод о зависимости растяжения (деформации) пружины от приложенной силы.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- штатив лабораторный с муфтой и лапкой;
- пружина № 1 жёсткостью (50 ± 2) Н/м;
- набор грузов массой по (100 ± 2) г;
- динамометр с пределом измерения 5 Н (погрешность прямого измерения силы 0,1 Н);
- линейка стальная.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения

- 1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.2.6).
- 2) Результаты измерений:

№	P , Н	l_0 , мм	l , мм	x , мм
1	1,0	24	45	21
2	2,0		64	40
3	3,0		83	59

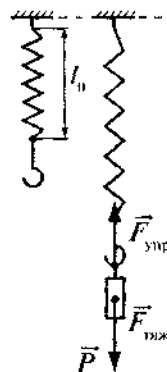


Рис. 2.2.6

3) Вывод: при увеличении растяжения пружины сила упругости, возникающая в пружине, также увеличивается.

Указание экспертам

Измерение удлинения пружины считается верным, если его значение попадает в интервал ($x \pm 4$) мм к указанным в таблице значениям x .

Измерение силы считается верным, если её значение попадает в интервал ($P \pm 0,1$) Н к указанным в таблице значениям P .

Наличие вывода о функциональной (прямой пропорциональной) зависимости между растяжением пружины и приложенной силой не является обязательным, достаточным считается качественный вывод об изменении деформации при увеличении силы.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) схематичный рисунок экспериментальной установки; 2) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — удлинения пружины и силы упругости для трёх измерений); 3) сформулированный правильный вывод	4
Приведены все элементы правильного ответа 1—3, но: — допущена ошибка при переводе одной из измеренных величин в СИ при заполнении таблицы (или при построении графика); ИЛИ — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует	3
Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не сформулирован вывод. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, сформулирован вывод, но в одном из экспериментов присутствует ошибка в прямых измерениях	2
Записаны только правильные значения прямых измерений. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, и частично приведены результаты верных прямых измерений	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 5. Исследование изменения веса тела в воде от объёма погружённой в жидкость части тела

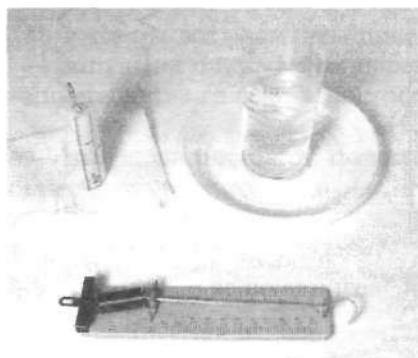


Рис. 2.2.7

Используя динамометр с пределом измерения 1 Н, мерный цилиндр (мензурку) и пластиковый цилиндр № 1 (рис. 2.2.7), соберите экспериментальную установку для исследования зависимости веса тела от объёма погружённой в воду части тела. Последовательно погрузите пластиковый цилиндр на четверть, половину и полностью и измерьте вес тела для каждого случая. Объём погружённой части цилиндра определяйте по шкале, нанесённой на цилиндр.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите результаты измерения объёма погружённой части цилиндра и веса тела для трёх случаев в виде таблицы (или графика);
- 3) сформулируйте вывод о зависимости веса тела от объёма погружённой в жидкость части тела.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- динамометр с пределом измерения 1 Н (погрешность измерения 0,02 Н);
- стакан с водой;
- пластиковый цилиндр на нити, имеющий маркировку № 1, с нанесённой на нём шкалой.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.2.8).
- 2) Результаты измерений:

№	Объём погружённой части цилиндра	$P = F_{\text{упр}}, \text{ Н}$
1	1/4 от V_0	0,52
2	1/2 от V_0	0,38
3	V_0	0,10

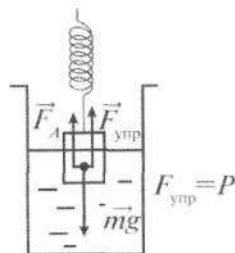


Рис. 2.2.8

- 3) Вывод: при увеличении объёма погружённой в жидкость части тела вес тела уменьшается.

Указание экспертам

Измерение силы считается верным, если её значение попадает в интервал $(P \pm 0,4)$ Н к указанным в таблице значениям P .

Наличие вывода о функциональной (прямой пропорциональной) зависимости между весом тела и объёмом погружённой в жидкость части тела не является обязательным, достаточным считается вывод о качественной зависимости.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) схематичный рисунок экспериментальной установки; 2) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — веса тела для трёх измерений);	4

1	2
3) сформулированный правильный вывод	
Приведены все элементы правильного ответа 1—3, но: — допущена ошибка при переводе одной из измеренных величин в СИ при заполнении таблицы (или при построении графика); ИЛИ — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует	3
Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не сформулирован вывод. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, сформулирован вывод, но в одном из экспериментов присутствует ошибка в прямых измерениях	2
Записаны только правильные значения прямых измерений. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, и частично приведены результаты верных прямых измерений	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 6. Исследование зависимости периода колебаний подвешенного к ленте груза от длины ленты

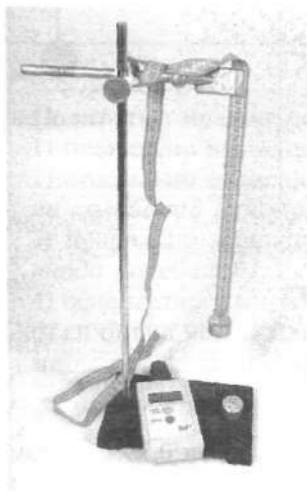


Рис. 2.2,9

Используя штатив с муфтой и лапкой, груз № 5 с прикреплённой к нему лентой и электронный секундомер, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости периода свободных колебаний сконструированного маятника от длины ленты (рис. 2.2.9). Определите время для 10 полных колебаний. Для этого отклоните ленту с грузом на $10\text{--}15^\circ$ и нажмите кнопку «Пуск/Стоп» секундомера в момент начала колебаний. Вновь нажмите эту кнопку после завершения 10 колебаний. Для трёх маятников, длины которых равны соответственно 50 см, 25 см и 15 см, проделайте эти измерения три раза. Посчитайте периоды колебаний.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите результаты прямых измерений времени колебаний для трёх длин ленты маятника в виде таблицы, указав число колебаний;
- 3) посчитайте период колебаний для каждого случая и результаты занесите в таблицу:

Длина маятника, см	15	25	50
Время 10 колебаний, с			
Среднее арифметическое времени 10 колебаний, с			
Период колебаний, с			

4) сформулируйте вывод о зависимости периода свободных колебаний маятника от длины ленты.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- штатив с муфтой и лапкой;
- груз с прикреплённой к нему мерной лентой длиной 150 см;
- электронный секундомер.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Рисунок экспериментальной установки (рис. 2.2.10).
- 2) Результаты измерений и вычислений:

Длина маятника, см	15	25	50
Время 10 колебаний, с	7,970	10,22	13,92
	7,953	9,985	14,26
	7,886	10,15	14,41
Среднее арифметическое времени 10 колебаний, с	7,936	10,12	14,20
Период колебаний, с	0,80	1,01	1,42



Рис. 2.2.10

3) Вывод: при увеличении длины маятника период колебаний увеличивается. Как видно из графика, достоверно можно утверждать, что период колебаний не прямо пропорционален его длине.

Указание экспертам

Границы возможных значений времени 10 колебаний и среднего для надёжности 0,99 с учётом того, что $S = 9,9$ (см. раздел 4), указаны в таблице 2.2.1:

Таблица 2.2.1

Длина маятника, см	15	25	50
Границы возможного значения времени 10 колебаний, с	7,58—8,29	9,14—11,10	12,20—16,20
Границы среднего, с	7,73—8,15	9,55—10,69	13,05—15,35

График зависимости периода колебаний от длины (рис. 2.2.11):

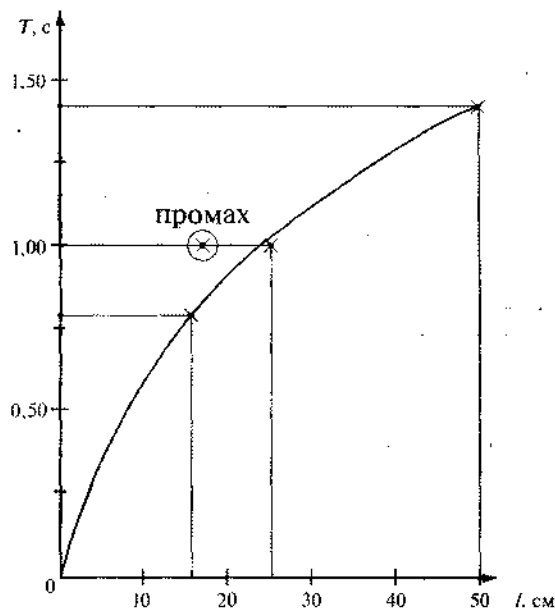


Рис. 2.2.11

Наличие вывода о функциональной (непрямой пропорциональной зависимости) между периодом колебаний и длиной маятника не является обязательным, достаточным считается вывод о качественной зависимости.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) правильно выполненный рисунок экспериментальной установки; 2) правильно записанные результаты прямых измерений (<i>в данном случае — времени колебаний для трёх измерений</i>); 3) правильно записанные результаты косвенных измерений (<i>в данном случае — периода колебаний</i>); 4) сформулированный правильный вывод	4
Приведены все элементы правильного ответа 1—4, но: — допущена ошибка в единицах измерения одной из измеренных (вычисленных) величин; ИЛИ — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует; ИЛИ — допущена ошибка при формулировке вывода, или вывод отсутствует	3
Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен вывод.	2

1	2
<p>ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений величин, записана формула для расчёта искомой величины, но расчёты не приведены, и вывод отсутствует.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Сделан рисунок экспериментальной установки, сформулирован вывод, но в одном из экспериментов присутствует ошибка в измерениях</p>	2
<p>Записаны только правильные значения прямых измерений.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Сделан рисунок экспериментальной установки, и частично приведены результаты верных прямых измерений</p>	1
<p>Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания</p>	0

Задание 7. Исследование зависимости периода колебаний пружинного маятника от массы груза

Используя штатив с муфтой и лапкой, пружину № 1, электронный секундомер с датчиками, брусок массой 50 г и набор грузов (рис. 2.2.12), соберите экспериментальную установку для исследования зависимости периода свободных колебаний пружинного маятника от массы бруска с грузами (рис. 2.2.13).

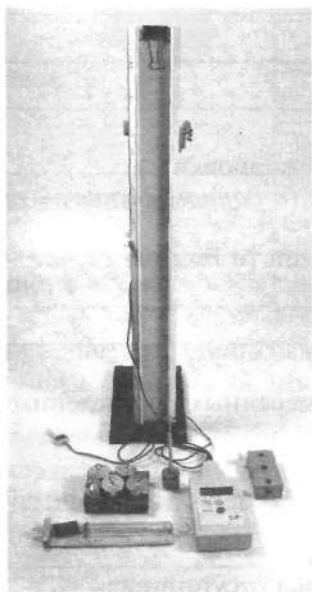


Рис. 2.2.12

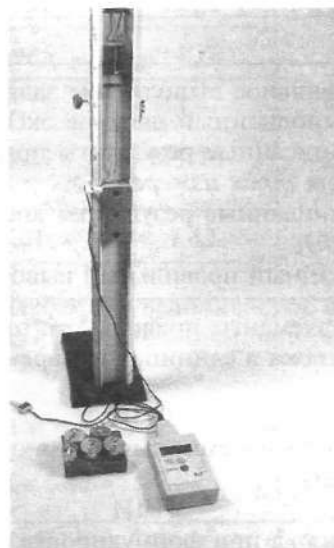


Рис. 2.2.13

Измерьте время половины периода колебаний и посчитайте период колебаний для трёх случаев, когда брусок колеблется на пружине без дополнительного груза, с грузом массой 50 г и с грузом массой 150 г. Для измерения достаточно переместить груз на 2—3 см вниз

и отпустить (рис. 2.2.14). Не забывайте совмещать датчик с магнитом при подвешивании к бруску дополнительных грузов.

В бланке ответов:

- 1) укажите результаты прямых измерений времени половины периода колебаний для трёх случаев, проведя для каждого случая три измерения;
- 2) посчитайте среднее значение половины периода колебаний и период колебаний для каждого случая и результаты занесите в таблицу;
- 3) заполните таблицу:

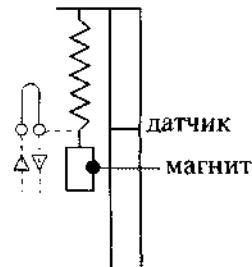


Рис. 2.2.14

№	Масса груза на пружине, г	Время, равное половине периода колебаний t , с				Период колебаний T , с
		t_1 , с	t_2 , с	t_3 , с	$t_{ср}$, с	
1 (брусек)	50					
2 (брусек и груз 50 г)	100					
3 (брусек и грузы 50 г и 100 г)	200					

- 4) сформулируйте вывод о зависимости периода свободных колебаний маятника от массы груза.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- штатив с муфтой и лапкой;
- пружина № 1;
- брусок с пусковым магнитом и двумя крючками массой (50 ± 1) г;
- набор грузов, состоящий из четырёх грузов массой (100 ± 2) г и одного груза массой (50 ± 1) г;
- электронный секундомер с датчиками.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема измерительной установки (рис. 2.2.15):

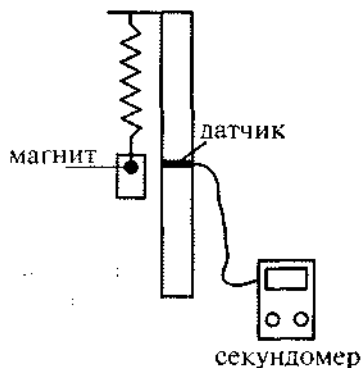


Рис. 2.2.15

2) Результаты прямых измерений и расчётов:

№	Масса груза на пружине, г	Время, равное половине периода колебаний t , с				Период колебаний T , с
		t_1 , с	t_2 , с	t_3 , с	$t_{\text{ср}}$, с	
1 (брусек)	50	0,100	0,100	0,102	0,101	0,202
2 (брусек и груз 50 г)	100	0,146	0,152	0,147	0,148	0,296
3 (брусек и грузы 50 г и 100 г)	200	0,196	0,202	0,198	0,199	0,397

3) Вывод: при увеличении массы груза период свободных колебаний маятника увеличивается.

Указание экспертам

Границы возможных значений длительности половины периода и среднего для надёжности 0,99 с учётом того, что $S = 9,9$ (см. раздел 4), указаны в таблице 2.2.2:

Таблица 2.2.2

Масса груза, г	50	100	200
Границы длительности половины периода, с	0,090—0,110	0,120—0,170	0,180—0,220
Границы среднего, с	0,095—0,107	0,133—0,163	0,185—0,213

Наличие вывода о функциональной зависимости между массой груза и периодом колебаний не является обязательным, достаточным считается вывод о качественной зависимости.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) правильно выполненный рисунок экспериментальной установки; 2) правильно записанные результаты прямых измерений (<i>в данном случае — времени половины периода колебаний для трёх измерений для каждого из трёх случаев</i>); 3) правильно записанные результаты косвенных измерений (<i>в данном случае — среднего значения половины периода колебаний и периода колебаний</i>); 4) сформулированный правильный вывод	4
Приведены все элементы правильного ответа 1—4, но: — допущена ошибка в единицах измерения одной из измеренных (вычисленных) величин; ИЛИ — допущена ошибка при формулировке вывода, или вывод отсутствует	3
Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен вывод. ИЛИ Правильно приведены значения прямых измерений величин, записана формула для расчёта искомой величины, но расчёты не приведены, и вывод отсутствует.	2

1	2
ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, сформулирован вывод, но в одном из экспериментов присутствует ошибка в измерениях	
Записаны только правильные значения прямых измерений. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, и частично приведены результаты верных прямых измерений	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 8. Исследование зависимости пути от времени при равноускоренном движении без начальной скорости

Используя штатив с муфтой и лапкой, направляющую, брусок без резинки, электронный секундомер и датчики (рис. 2.2.16), соберите экспериментальную установку по изучению равноускоренного движения тела по наклонной плоскости. Направляющую установите под углом 30° к горизонту (рис. 2.2.17). Соедините разъёмы датчиков с секундомером и последовательно располагайте датчики в точках «0» и «35 см», «0» и «50 см», «0» и «70 см» направляющей. Установите брусок у верхней кромки направляющей так, чтобы магнит находился у штриха «-1 см» (рис. 2.2.18). Определите время движения бруска для каждого из трёх случаев расположения датчиков.

В бланке ответов:

- 1) измерьте в каждом случае промежутки времени, необходимые бруску для прохождения пути в 35 см, 50 см и 70 см, проведя для каждого расстояния три измерения времени; результаты измерений запишите в таблицу:

№	Путь, м	Время движения бруска t , с			
		t_1 , с	t_2 , с	t_3 , с	$t_{\text{ср}}$, с
1	0,35				
2	0,50				
3	0,70				

- 2) найдите среднее значение времени для прохождения каждого из указанных выше расстояний;
- 3) представьте результаты в виде таблицы или графика;
- 4) сформулируйте вывод о зависимости пути при равноускоренном движении каретки от времени движения.

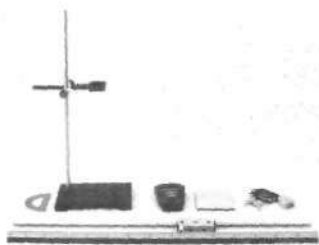


Рис. 2.2.16

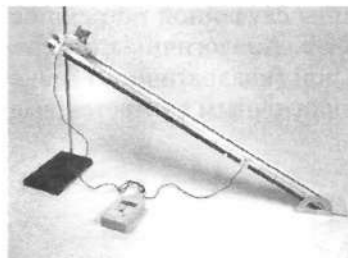


Рис. 2.2.17

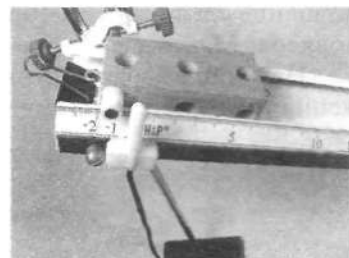


Рис. 2.2.18

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе (рис. 2.2.16):

- секундомер электронный с датчиками;
- направляющая составная;
- брусок с пусковым магнитом;
- штатив с муфтой и лапкой;
- транспортир.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.2.19):

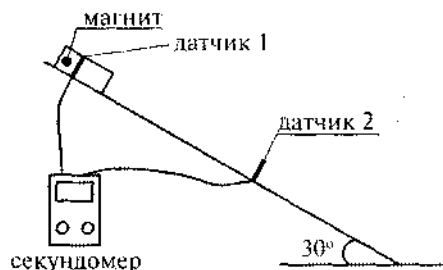


Рис. 2.2.19

2) Результаты прямых измерений и расчёта среднего:

№	Путь, м	Время движения бруска t , с			
		t_1 , с	t_2 , с	t_3 , с	t_{cp} , с
1	0,35	0,437	0,451	0,472	0,443
2	0,50	0,529	0,534	0,538	0,565
3	0,70	0,636	0,630	0,633	0,633

3) Вывод: при увеличении пути время движения увеличивается. Зависимость не является прямо пропорциональной. Это подтверждают следующие данные: при увеличении расстояния в 1,43 раза время перемещения увеличивается в $0,565 \text{ с} : 0,443 \text{ с} = 1,27$ раза, а при увеличении пути в 2 раза время увеличилось всего в 1,4 раза.

Указание экспертам

Для надёжности 0,99 при трёх измерениях $S = 9,9$ (см. раздел 4). Поэтому прямые измерения времени t считаются верными, если их значения попадают в интервал $(t_{cp} \pm 0,06)$ с к указанным в таблице средним значениям. Границы случайной погрешности для всех серий имеют одинаковый порядок. Максимальная граница 0,06 с. Аналогичный интервал для средних имеет вид $(t_{cp} \pm 0,04)$.

Наличие вывода о функциональной (квадратичной) зависимости между путём и временем движения не является обязательным, достаточным считается вывод о качественной зависимости.

Содержание критерия	Балл
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) правильно записанные результаты прямых измерений (<i>в данном случае — по три измерения промежутков времени для трёх расстояний</i>); 2) найденные средние значения промежутков времени; 3) сформулированный правильный вывод	4
Приведены все элементы правильного ответа 1—3, но: — допущена ошибка при переводе одной из измеренных величин в СИ при заполнении таблицы (или при построении графика); ИЛИ — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует	3
Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не сформулирован вывод. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, сформулирован вывод, но в одном из экспериментов присутствует ошибка в прямых измерениях	2
Записаны только правильные значения прямых измерений. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, и частично приведены результаты верных прямых измерений	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 9. Исследование равновесия рычага

Используя штатив с муфтой и лапкой, рычаг, динамометр с пределом измерения 5 Н и набор грузов массой 100 г (рис. 2.2.20), соберите экспериментальную установку для исследования зависимости силы упругости, необходимой для установления равновесия рычага, от плеча силы. Перед настройкой установки опустите муфту так, как показано на рис. 2.2.21.

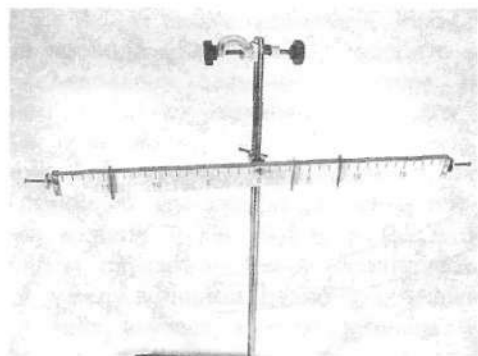


Рис. 2.2.20

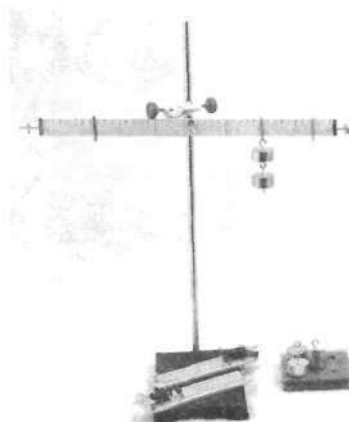


Рис. 2.2.21

Подвесьте два груза на расстоянии 10 см от оси вращения справа. Измерьте силу упругости пружины динамометра, которая удерживает рычаг в равновесии, если она приложена слева на расстояниях 10 см, 12,5 см и 15 см от оси вращения рычага.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите результаты измерения силы и плеча для трёх случаев в виде таблицы (или графика);
- 3) сформулируйте вывод о зависимости силы упругости, возникающей в пружине, от плеча, на котором подвешен груз.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- штатив лабораторный с муфтой и лапкой;
- рычаг;
- набор грузов массой (100 ± 2) г каждый;
- динамометр с пределом измерения 5 Н (погрешность 0,1 Н).

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.2.22).

2) Результаты прямых измерений:

№	Плечо силы l , м	$F_{\text{упр}}$, Н
1	0,10	1,9
2	0,125	1,5
3	0,15	1,2

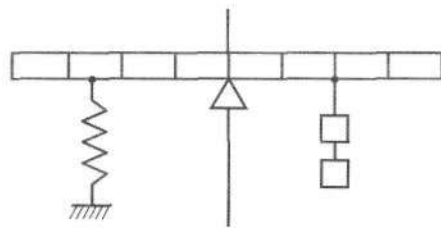


Рис. 2.2.22

3) Вывод: при увеличении плеча силы величина силы, удерживающей рычаг в равновесии, уменьшается. Например, плечо увеличилось в 1,5 раза, сила уменьшилась чуть больше чем в 1,5 раза. Разница объясняется погрешностями измерений силы и плеча.

Указание экспертам

Измерение *силы упругости* считается верным, если её значение попадает в полосу возможных значений, представленных на графике (рис. 2.2.23):

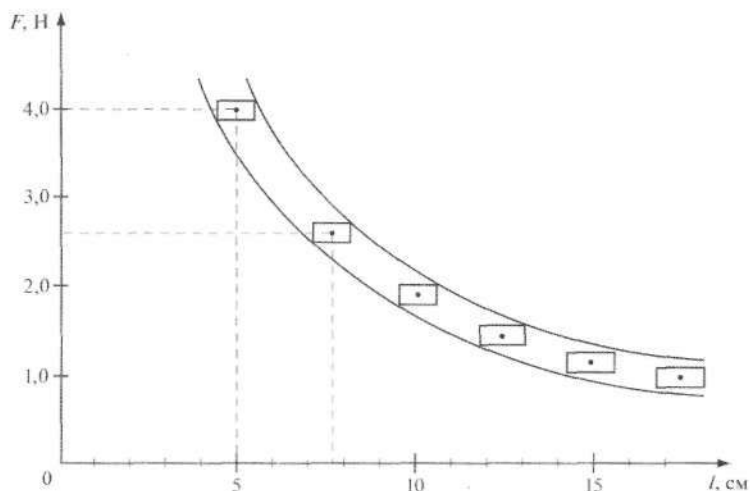


Рис. 2.2.23

Наличие вывода о функциональной зависимости между силой упругости и плечом, на котором находится груз, не является обязательным, достаточным считается вывод о качественном изменении силы упругости при изменении плеча.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
<p>Полностью правильное выполнение задания, включающее:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) схематичный рисунок экспериментальной установки; 2) правильно записанные результаты прямых измерений (<i>в данном случае — упругости для трёх измерений</i>); 3) сформулированный правильный вывод 	4
<p>Приведены все элементы правильного ответа 1—3, но:</p> <ul style="list-style-type: none"> — допущена ошибка при переводе одной из измеренных величин в СИ при заполнении таблицы (или при построении графика); <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует 	3
<p>Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не сформулирован вывод.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Сделан рисунок экспериментальной установки, сформулирован вывод, но в одном из экспериментов присутствует ошибка в прямых измерениях</p>	2
<p>Записаны только правильные значения прямых измерений.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Сделан рисунок экспериментальной установки, и частично приведены результаты верных прямых измерений</p>	1
<p>Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания</p>	0

Задание 10. Исследование зависимости силы тока, протекающего через резистор, от электрического напряжения на резисторе

Используя источник тока (выпрямитель учебный), выбрав предел измерения вольтметра 3 В и предел измерения амперметра 0,6 А, а также используя ключ, реостат, соединительные провода (рис. 2.2.24), соберите электрическую цепь для исследования зависимости силы электрического тока в резисторе R_3 от напряжения на его концах.

В бланке ответов:

- 1) нарисуйте электрическую схему эксперимента;
- 2) с помощью реостата установите поочерёдно силу тока в цепи 0,3 А, 0,4 А и 0,5 А и измерьте в каждом случае значения электрического напряжения между концами резистора, укажите результаты измерения силы тока и напряжения для трёх случаев в виде таблицы (или графика);
- 3) сформулируйте вывод о зависимости силы электрического тока в резисторе от напряжения между его концами.

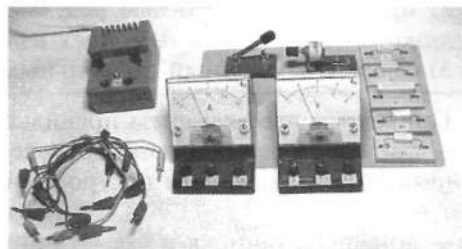


Рис. 2.2.24

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- выпрямитель учебный ВУ-4;
- резистор 4,7 Ом, обозначенный R3;
- реостат;
- амперметр с пределом измерения 0,6 А (погрешность прямого измерения 0,03 А);
- вольтметр с пределом измерения 3 В (погрешность прямого измерения 0,15 В);
- ключ и соединительные провода.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.2.25).
- 2) Результаты измерений:

№	I , А	U , В
1	0,30	1,50
2	0,40	2,00
3	0,50	2,40

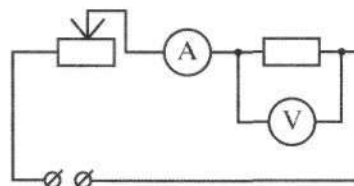


Рис. 2.2.25

3) Вывод: при увеличении напряжения между концами проводника сила тока в проводнике также увеличивается.

Указание экспертам

Способы оценки интервалов возможных значений силы тока и напряжения подробно рассмотрены в разделе 4.

Наличие вывода о функциональной (прямой пропорциональной) зависимости между силой тока и напряжением не является обязательным, достаточным считается вывод о качественной зависимости.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) схематичный рисунок экспериментальной установки; 2) правильно записанные результаты прямых измерений (<i>в данном случае — силы тока и напряжения для трёх измерений</i>); 3) сформулированный правильный вывод	4
Приведены все элементы правильного ответа 1—3, но: — допущена ошибка при переводе одной из измеренных величин в СИ при заполнении таблицы (или при построении графика); ИЛИ — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует	3
Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не сформулирован вывод. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, сформулирован вывод, но в одном из экспериментов присутствует ошибка в прямых измерениях	2

1	2
Записаны только правильные значения прямых измерений. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, и частично приведены результаты верных прямых измерений	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 11. Исследование зависимости угла преломления от угла падения светового луча на границе «воздух — стекло»

Используя источник тока (выпрямитель учебный), осветитель, диафрагму с одной щелью, планшет «2» с круговым транспортиром, стеклянный полуцилиндр, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости угла преломления от угла падения на границе «воздух — стекло».

В бланке ответов:

- 1) нарисуйте схему эксперимента;
- 2) установите поочередно угол падения в 20° , 30° и 60° и измерьте в каждом случае значения угла преломления, укажите результаты измерения угла падения и угла преломления для трёх случаев в виде таблицы (или графика);
- 3) сформулируйте вывод о зависимости угла преломления от угла падения.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется набор оборудования в составе (рис. 2.2.26):

- выпрямитель учебный ВУ-4;
- осветитель;
- диафрагма с одной щелью;
- планшет «2» с круговым транспортиром;
- стеклянный полуцилиндр;
- ключ и соединительные провода.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

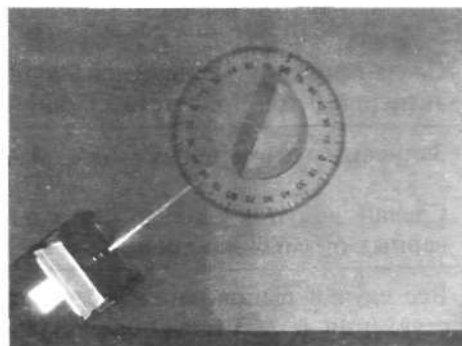


Рис. 2.2.26

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.2.27).
- 2) Результаты измерений:

№	α , град	γ , град
1	20	14
2	30	20
3	60	35



Рис. 2.2.27

3) Вывод: при увеличении угла падения угол преломления также увеличивается. Зависимость не является прямой пропорциональной. Например, при увеличении угла падения в 1,5 раза угол

преломления увеличивается в 1,4. При увеличении угла падения в 3 раза угол преломления возрастает всего в 2,5 раза.

Указание экспертам

Погрешность измерения углов определяется главным образом двумя факторами: погрешностью совмещения центра полуцилиндра с центром транспортера и шириной светового пучка. Ширина падающего пучка не зависит от угла падения, однако при увеличении угла падения сильно увеличивается сечение пучка в точке падения, и в связи с этим преломлённый пучок размывается в такой степени, что при $\alpha > 75^\circ$ измерения производить нецелесообразно (см. раздел 4.6).

Полоса возможных значений углов представлена на графике, приведённом на рис. 4.22. Именно этим графиком необходимо пользоваться при контроле достоверности измерений, проведённых учащимися.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) схематичный рисунок экспериментальной установки; 2) правильно записанные результаты прямых измерений (<i>в данном случае — углов падения и преломления для трёх измерений</i>); 3) сформулированный правильный вывод	4
Приведены все элементы правильного ответа 1—3, но: допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует.	3
Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не сформулирован вывод. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, сформулирован вывод, но в одном из экспериментов присутствует ошибка в прямых измерениях	2
Записаны только правильные значения прямых измерений. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, и частично приведены результаты верных прямых измерений	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

2.3. ПРОВЕРКА ЗАДАНЫХ ПРЕДПОЛОЖЕНИЙ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРЯМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ)

Задание 1. Проверка независимости периода колебаний груза, подвешенного к ленте, от массы груза

Проверьте экспериментально предположение: период колебаний груза, висящего на ленте, не зависит от массы груза.

Для проведения эксперимента используйте следующее оборудование: штатив с муфтой и лапкой, мерная лента, секундомер, стальной груз № 5 и алюминиевый груз № 6 (размеры грузов одинаковые, а массы отличаются в 3 раза). Соберите экспериментальную установку для исследования свободных колебаний груза. Соедините разъем секундомера со специальным

модулем без датчиков. Определите время для 10 полных колебаний при поочерёдном подвешивании на мерной ленте каждого из грузов и посчитайте период колебаний для случая, когда длина ленты маятника равна 50 см.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите результаты прямых измерений времени 10 колебаний, проведя три опыта поочерёдно для каждого из грузов;
- 3) запишите формулу для расчёта периода колебаний, посчитайте численное значение периода колебаний маятника для каждого груза и сделайте вывод о справедливости или ошибочности проверяемого *предположения*. Погрешность в определении периода колебаний принять равной $\pm 0,07$ с.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования (рис. 2.3.1) в составе:

- штатив с муфтой и лапкой;
- мерная лента;
- грузы № 5 и № 6;
- электронный секундомер со специальным модулем без датчиков.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.3.2).

2) Для груза № 5:

$$t_1 = 14,41 \text{ с}; t_2 = 14,25 \text{ с}; t_3 = 14,26 \text{ с};$$

$$t_{\text{ср1}} = (t_1 + t_2 + t_3)/3 = 14,36 \text{ с}.$$

Для груза № 6:

$$t_1 = 13,97 \text{ с}; t_2 = 14,02 \text{ с}; t_3 = 13,96 \text{ с};$$

$$t_{\text{ср2}} = (t_1 + t_2 + t_3)/3 = 13,98 \text{ с}.$$

3) $T = t/n$; $n = 10$;

$$T_1 = 1,436 \text{ с};$$

$$T_2 = 1,398 \text{ с}.$$

4) Вывод: значение периода колебаний груза № 5 принадлежит интервалу $(T_1 \pm \Delta T) = (1,43 \pm 0,07)$ с. Для груза № 6 такой интервал имеет вид $(T_2 \pm \Delta T) = (1,40 \pm 0,07)$ с. Эти интервалы перекрываются. Следовательно, период колебаний математического маятника не зависит от массы груза.

Указание экспертам

Граница случайной погрешности измерения периода оценивается при надёжности 0,99 и трёх измерениях $S = 9,9$ (см. раздел 4). Так как $T = t_{\text{ср}}/n$, то относительная погрешность $t_{\text{ср}}$ равна относительной погрешности измерения периода.

Правильным признаётся также вывод, в котором ученик без ссылки на пересечение интервалов пишет, что с учётом погрешностей период колебаний не зависит от массы.

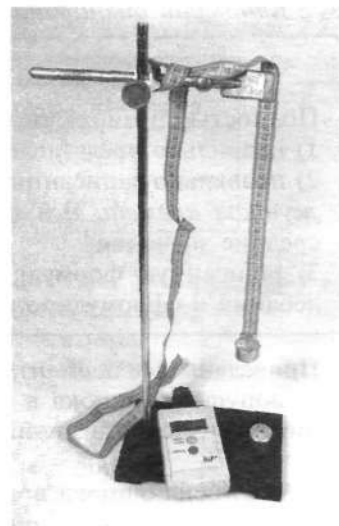


Рис. 2.3.1



Рис. 2.3.2

Содержание критерия	Балл
<p>Полностью правильное выполнение задания, включающее:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) правильно представленную схему эксперимента; 2) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — промежутков времени для трёх измерений в двух случаях) и полученные правильные средние значения; 3) записанную формулу для периода колебаний, сделанные расчёты для периода колебаний и сформулированный правильный вывод 	4
<p>Приведены все элементы правильного ответа 1—3, но:</p> <ul style="list-style-type: none"> — допущена ошибка в единицах измерения при представлении результатов измерения физической величины; <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — допущена ошибка при указании интервала возможных значений физической величины с учётом погрешности её определения; <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — допущена ошибка при расчёте среднего значения для прямых измерений 	3
<p>Правильно приведены значения прямых измерений величин, получены правильные средние значения, но не сформулирован вывод.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Приведены все элементы ответа, но в одном из экспериментов присутствует ошибка в прямых измерениях</p>	2
<p>Записаны только правильные значения прямых измерений.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Частично приведены результаты верных прямых измерений, и подсчитаны средние значения</p>	1
<p>Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания</p>	0

Задание 2. Проверка независимости выталкивающей силы, действующей на тело в жидкости, от массы тела

Самостоятельно выберите оборудование и поставьте опыт, демонстрирующий, что выталкивающая сила, действующая на тело, погружённое в воду, **не зависит** от массы тела.

В бланке ответов:

- 1) укажите используемые приборы и материалы;
- 2) нарисуйте схему экспериментальной установки;
- 3) запишите результаты проведённых прямых и косвенных измерений и сформулируйте вывод по результатам опыта.

Погрешности прямых измерений для ряда приборов указаны в таблице 2.3.1. **Будьте внимательны:** при **вычитании** измеренных значений погрешности **увеличиваются в два раза**.

Характеристики грузов представлены в таблице 2.3.2.

Прибор	Предел измерений	Цена деления	Погрешность прямого измерения
Динамометр	1 Н	0,02 Н	0,02 Н
Динамометр	5 Н	0,1 Н	0,1 Н

Таблица 2.3.2

Номер маркировки	Вещество	Форма «круглый цилиндр», диаметр D, мм	Высота H, мм
1	Пластик	30,0	80,0
2	Алюминий		50,0
3	Алюминий		37,0
4	Сталь		37,0
5	Сталь		19,0
6	Алюминий		19,0

Образец возможного выполнения задания

1) Динамометр с пределом измерения 1 Н, стакан с водой, нить, грузы № 5 и № 6 (имеющие одинаковый объём, но разные массы).

2) Схема экспериментальной установки (рис. 2.3.3).

3) Результаты проведённых прямых и косвенных измерений:

$$F_{\text{выт}} = P_1 - P_2.$$

Для груза № 5:

$$P_1 = 0,94 \text{ Н}; P_2 = 0,82 \text{ Н}; F_{\text{выт}5} = (0,12 \pm 0,04) \text{ Н}.$$

Для груза № 6:

$$P_1 = 0,38 \text{ Н}; P_2 = 0,24 \text{ Н}; F_{\text{выт}6} = (0,14 \pm 0,04) \text{ Н}.$$

4) Вывод: значение выталкивающей силы, действующей на груз № 5, принадлежит интервалу $(0,12 \pm 0,04)$ Н, для груза № 6 такой интервал имеет вид $(0,14 \pm 0,04)$ Н. Эти интервалы перекрываются. Следовательно, выталкивающая сила не зависит от массы тела.

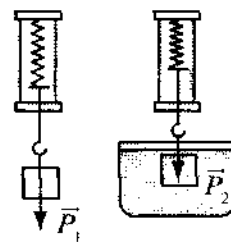


Рис. 2.3.3

Указание экспертам

Верным следует признавать запись интервалов, в которых погрешность равна 0,02 Н.

Правило, в соответствии с которым при вычитании измеренных значений абсолютные погрешности складываются, следует из метода границ погрешностей (см. раздел 4). Но оно известно учащимся только при изучении математики по некоторым учебникам алгебры 8-го класса.

Для проведения исследования ученик может выбрать тела № 3 и № 4. Возможные результаты в этом случае приведены ниже:

Для груза № 3:

$$P_1 = 0,68 \text{ Н}; P_2 = 0,42 \text{ Н}; F_{\text{выт}3} = (0,26 \pm 0,04) \text{ Н}.$$

Для груза № 4:

$$P_1 = 1,9 \text{ Н}; P_2 = 1,6 \text{ Н}; F_{\text{выт}4} = (0,3 \text{ Н} \pm 0,2) \text{ Н}.$$

В последнем случае относительная погрешность возрастает до 70%.

Вместе с тем это исследование также должно быть признано верным.

Следует признавать верным и вывод без ссылки на перекрытие интервалов, например: «Учитывая погрешность измерения, получили: выталкивающая сила не зависит от массы тела».

Содержание критерия	Балл
Полностью правильное выполнение задания, включающее для двух опытов: 1) правильно сформированный комплект оборудования; 2) схему экспериментальной установки; 3) правильно сформулированные результаты опыта и вывод	4
Приведены все элементы правильного ответа 1—3, но: — присутствует ошибка в рисунке экспериментальной установки; ИЛИ — указанный комплект оборудования является неполным; ИЛИ — вывод является неточным или отсутствует; ИЛИ — присутствуют ошибки в косвенных измерениях или единицах измерения	3
Отсутствует один из трёх элементов ответа. ИЛИ Присутствуют ошибки в прямых измерениях	2
Правильно приведён только один из элементов ответа. ИЛИ Правильно приведены результаты прямых измерений	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 3. Проверка линейной зависимости длины столбика жидкости в термометрической трубке от температуры

Проверьте экспериментально предположение: длина столбика жидкости в термометрической трубке линейно **зависит** от температуры.

Для проведения эксперимента используйте следующее оборудование: штатив с муфтой и канцелярским зажимом, термометрическая трубка с миллиметровой шкалой, термометр, сосуд для воды, сосуд с горячей водой (температура не превосходит $70\text{ }^{\circ}\text{C}$), линейка (рис. 2.3.4).



Рис. 2.3.4



Рис. 2.3.5

Соберите измерительную установку (рис. 2.3.5), по результатам прямых измерений длины столбика жидкости и температуры постройте график зависимости длины от температуры и сделайте вывод.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите результаты прямых измерений и приведите график зависимости длины от температуры, построенный на планшете (рис. 2.3.6. Планшет «1»);
- 3) сформулируйте вывод.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- термометр, предел измерения 100 °С, погрешность (при отсутствии параллакса) 1 °С;
- линейка, предел измерения 150 мм;
- термометрическая трубка на основании с миллиметровой шкалой, погрешность (при отсутствии параллакса) 1 мм.

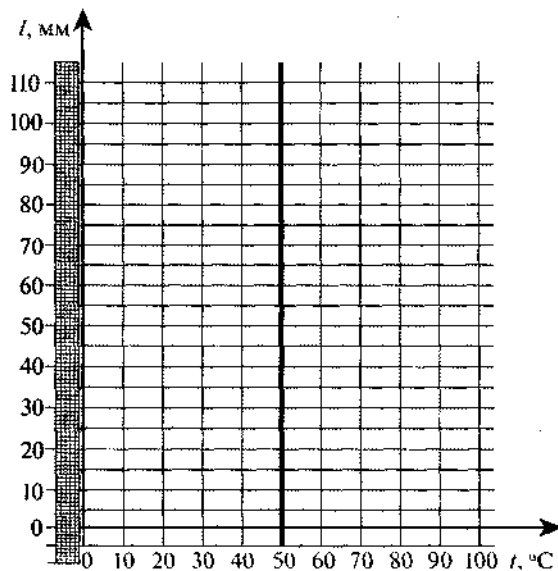


Рис. 2.3.6. Планшет «1»

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.3.7 на с. 116).
- 2) Результаты прямых измерений приведены в таблице:

Длина l , мм	38	55	65
Температура t , °С	23	40	50

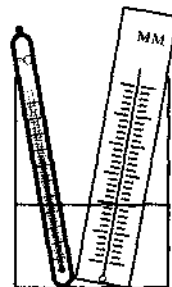


Рис. 2.3.7

График приведён на планшете (рис. 2.3.8. Планшет «2»).

3) Вывод: предположение о линейной зависимости длины столбика жидкости от температуры верно, так как график, построенный по результатам измерений, — прямая линия.

Указание экспертам

При оценке достоверности исследования целесообразно воспользоваться графиком, приведённым на рис. 2.3.8 (Планшет «2»), на котором пунктиром обозначена полоса возможных значений.

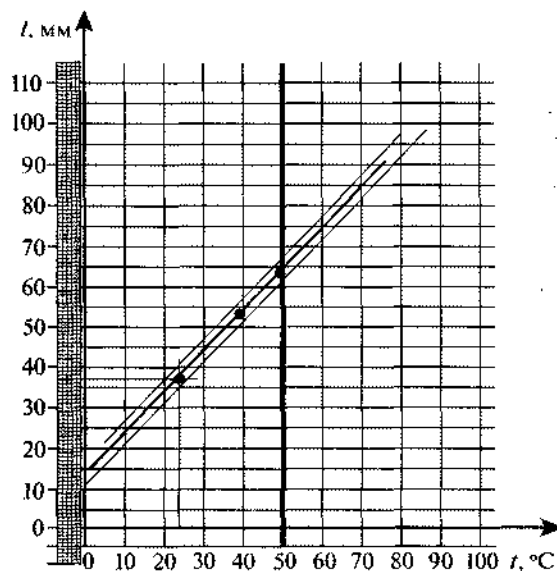


Рис. 2.3.8. Планшет «2»

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
<p>Полностью правильное выполнение задания, включающее:</p> <p>1) схематичный рисунок экспериментальной установки;</p> <p>2) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — длины столбика жидкости и температуры);</p> <p>3) график и сформулированный правильный вывод</p>	4
<p>Приведены все элементы правильного ответа 1—3, но:</p> <p>— допущена ошибка в единицах измерения при представлении результатов измерения физической величины;</p> <p>ИЛИ</p> <p>— допущена ошибка при указании интервала возможных значений физической величины с учётом погрешности её определения;</p> <p>ИЛИ</p> <p>— допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует</p>	3
<p>Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не сформулирован вывод.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Сделан рисунок экспериментальной установки, сформулирован вывод, но в одном из экспериментов присутствует ошибка в прямых измерениях</p>	2
<p>Записаны только правильные значения прямых измерений.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Сделан рисунок экспериментальной установки, и частично приведены результаты верных прямых измерений</p>	1
<p>Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания</p>	0

Задание 4. Проверка правила сложения напряжений при последовательном соединении двух резисторов

Задание 4.1

С помощью источника тока, вольтметра (выбрав предел измерения вольтметра 3 В) и амперметра (предел измерения амперметра 0,6 А), а также используя ключ, реостат, соединительные провода, резисторы, обозначенные R_2 и R_3 (рис. 2.3.9), проверьте экспериментально *правило сложения напряжений* при последовательном соединении двух резисторов.

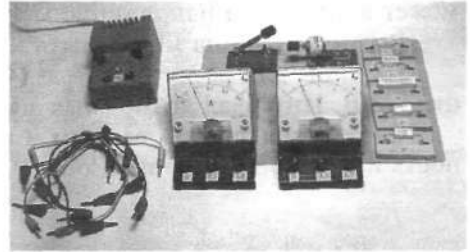


Рис. 2.3.9

В бланке ответов:

- 1) нарисуйте электрическую схему экспериментальной установки;
- 2) с помощью реостата установите силу тока в цепи в 0,4 А, измерьте электрическое напряжение на каждом из резисторов и общее напряжение на концах электрической цепи из двух резисторов при их последовательном соединении;
- 3) сравните общее напряжение на двух резисторах с суммой напряжений на каждом из резисторов, учитывая, что погрешность прямых измерений с помощью лабораторного вольтметра составляет 0,15 В;
- 4) сделайте вывод о справедливости или ошибочности проверяемого правила.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- источник тока (выпрямитель учебный ВУ-4);
- резисторы 2,2 Ом и 4,7 Ом, обозначенные R_2 и R_3 ;
- вольтметр с пределом измерения 3 В (погрешность измерения 0,15 В);
- амперметр с пределом измерения 0,6 А;
- реостат;
- ключ и соединительные провода.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

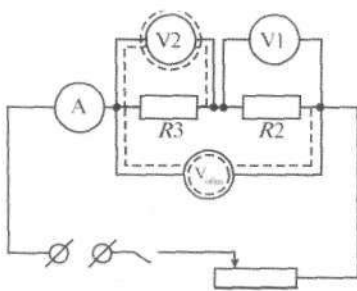


Рис. 2.3.10

Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.3.10).

2) $I = 0,4$ А.

Напряжение на резисторе R_2 : $U_1 = 0,9$ В.

Напряжение на резисторе R_3 : $U_2 = 1,9$ В.

Общее напряжение на концах цепи из двух резисторов:

$$U_{\text{общ}} = 2,9 \text{ В.}$$

3) Сумма напряжений $U_1 + U_2 = 2,8$ В.

С учётом погрешности измерений общее напряжение на концах электрической цепи из двух резисторов находится в интервале от 2,75 В до 3,05 В. Сумма напряжений 2,8 В попадает в этот интервал значений.

4) Вывод: общее напряжение на двух последовательно соединённых резисторах равно сумме напряжений на каждом из резисторов.

Указание экспертам

В пункте 3 образца возможного выполнения задания показана упрощённая схема определения интервалов. Необходимо интервал $(2,90 \pm 0,15)$ В сравнивать с интервалом $(2,8 \pm 0,3)$ В, поскольку при сложении измеренных значений абсолютные погрешности складываются (см. раздел 4).

Нижняя граница возможного значения напряжения между концами резистора $R_2 = (2,2 \pm 0,2)$ Ом определяются тем, что у ученика может оказаться резистор, сопротивление которого равно 2,0 Ом (см. раздел 4.5). Тогда при силе тока $(0,40 \pm 0,03)$ А напряжение равно $2,0 \cdot 0,37 = 0,74$ В.

Погрешность измерения не превосходит 0,15 В. Следовательно, среди возможных значений не может встретиться напряжение меньше, чем $0,75 \text{ В} - 0,15 \text{ В} = 0,60 \text{ В}$.

Верхняя граница может быть найдена аналогично. Она равна 1,2 В.

Границы для резистора $R_3 = (4,7 \pm 0,3)$ Ом определяются так же. Нижняя равна 1,4 В, а верхняя 2,3 В. Интервал возможных значений $U_{\text{общ}}$ имеет вид $2,15 \text{ В} \div 3,50 \text{ В}$.

Следует признавать верным и вывод без ссылки на интервалы, например: «Учитывая погрешность измерения, получили: общее напряжение равно сумме напряжений».

Задание 4.2

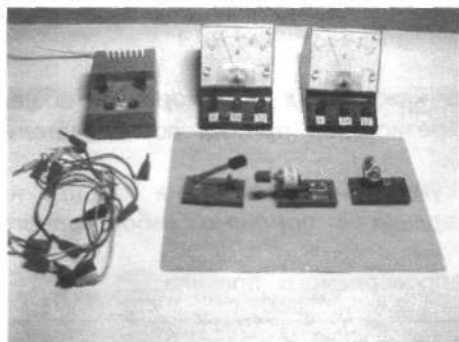


Рис. 2.3.11

С помощью источника тока, вольтметра (выбрав предел измерения вольтметра 6 В) и амперметра (предел измерения амперметра 0,6 А), а также используя ключ, реостат, соединительные провода (рис. 2.3.11), резистор, обозначенный R_4 , и лампочки, проверьте экспериментально *правило сложения напряжения* при последовательном соединении резистора и лампочки.

В бланке ответов:

- 1) нарисуйте электрическую схему экспериментальной установки;
- 2) с помощью реостата установите силу тока в цепи в 0,30 А и измерьте электрическое напряжение на концах резистора, лампочки и общее напряжение на концах участка электрической цепи, состоящей из резистора и лампочки при их последовательном соединении;
- 3) сравните общее напряжение с суммой напряжений, измеренных отдельно на резисторе и лампочке соответственно, учитывая, что погрешность прямых измерений с помощью вольтметра с пределом измерения 6 В составляет 0,30 В;
- 4) сделайте вывод о справедливости или ошибочности проверяемого правила.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе.

- источник тока (выпрямитель учебный ВУ-4);
- резистор 5,6 Ом, обозначенный R_4 ;
- лампочка с номинальным напряжением 4,8 В;
- вольтметр с пределом измерения 6 В (погрешность измерения 0,30 В);
- амперметр с пределом измерения 0,6 А (погрешность измерения 0,03 А);
- реостат;
- ключ и соединительные провода.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.3.12).
- 2) $I = 0,30$ А.
Напряжение на резисторе R_4 : $U_{R_4} = (1,80 \pm 0,30)$ В.
Напряжение на лампочке: $U_{\text{л}} = (2,0 \pm 0,3)$ В.

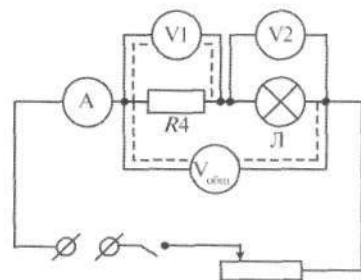


Рис. 2.3.12

Общее напряжение на концах электрической цепи из резистора и лампочки:

$$U_{\text{общ}} = (4,0 \pm 0,3) \text{ В.}$$

3) Сумма напряжений $U_1 + U_2 = 3,8 \text{ В.}$

С учётом погрешности измеренное значение общего напряжения находится в интервале от 3,7 В до 4,3 В. Сумма напряжений попадает в этот интервал значений.

4) Вывод: общее напряжение на последовательно соединённых резисторе и лампе равно сумме напряжений на контактах каждого из проводников.

Указание экспертам

В пункте 3 образца возможного выполнения задания показана упрощённая схема определения интервалов. Необходимо интервал $(4,0 \pm 0,3) \text{ В}$ сравнивать с интервалом $(3,8 \pm 0,6) \text{ В}$, поскольку при сложении измеренных значений абсолютные погрешности складываются (см. раздел 4).

Оценка границ возможных значений напряжения на резисторе проводится так же, как в задании 4.1. Этот интервал имеет вид $1,2 \text{ В} \div 2,2 \text{ В}$.

Оценка возможных напряжений на лампочке проводится в соответствии с информацией, приведённой в 4.5.3 «Лампочки».

Следует признавать верным и вывод без ссылки на интервалы, например: «Учитывая погрешность измерения, получили: общее напряжение на лампочке и резисторе равно сумме напряжений на них».

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) схематичный рисунок экспериментальной установки; 2) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — напряжения для трёх измерений); 3) расчёты и сформулированный правильный вывод	4
Приведены все элементы правильного ответа 1–3, но: — допущена ошибка в единицах измерения при представлении результатов измерения физической величины; ИЛИ — допущена ошибка при указании интервала возможных значений физической величины с учётом погрешности её определения; ИЛИ — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует	3
Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не сформулирован вывод. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, сформулирован вывод, но в одном из экспериментов присутствует ошибка в прямых измерениях	2
Записаны только правильные значения прямых измерений. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, и частично приведены результаты верных прямых измерений	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 5. Проверка правила для силы тока при параллельном соединении резисторов

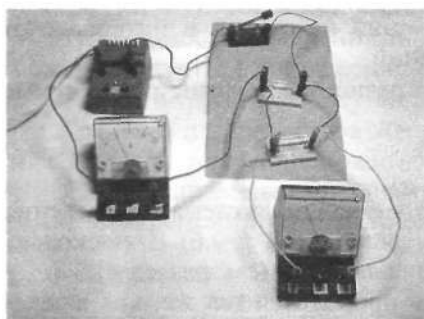


Рис. 2.3.13

С помощью источника тока (выпрямитель учебный), вольтметра (выбрав предел измерения вольтметра 3 В) и амперметра (предел измерения амперметра 3 А), а также используя ключ, реостат, соединительные провода (рис. 2.3.13), резисторы, обозначенные R_2 и R_3 , проверьте экспериментально *правило сложения силы электрического тока* при параллельном соединении двух резисторов.

Установите с помощью реостата общую силу тока в цепи (до разветвления) в 1,6 А, измерьте напряжение на параллельно соединённых резисторах, рассчитайте силу тока в каждом из них, если $R_2 = 2,2$ Ом и $R_3 = 4,7$ Ом.

В бланке ответов:

- нарисуйте электрическую схему экспериментальной установки;
- приведите результаты прямых измерений и расчётов, заполнив таблицу:

Общая сила тока I_0 , А	Напряжение U_0 , В	Расчёт силы тока в резисторах		Сумма сил токов I , А
		I_{R_2} , А	I_{R_3} , А	

- сделайте вывод о справедливости или ошибочности проверяемого правила.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- источник тока (выпрямитель учебный ВУ-4);
- резисторы 2,2 Ом и 4,7 Ом, обозначенные R_2 и R_3 ;
- амперметр с пределом измерения 3 А (погрешность измерения 0,15 А);
- вольтметр с пределом измерения 3 В (погрешность измерения 0,15 В);
- реостат;
- ключ и соединительные провода.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

- Схема экспериментальной установки (рис. 2.3.14).
- Результаты измерений:

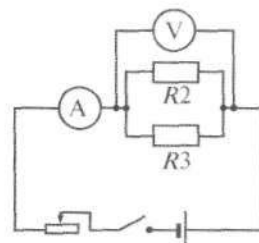


Рис. 2.3.14

Общая сила тока I_0 , А	Напряжение U_0 , В	Расчёт силы тока в резисторах		Сумма сил токов I , А
		I_{R_2} , А	I_{R_3} , А	
1,7	2,6	1,2	0,6	1,8

- С учётом погрешности измерений общая сила токов заключена в интервале 1,55 А ÷ 1,85 А. В этот интервал попадает сумма сил токов 1,80 А.

4) Вывод: при параллельном соединении резисторов общая сила тока до разветвления равна сумме сил тока в каждом из разветвлений.

Указание экспертам

Оптимальный способ контроля правильности измерения I_0 и U_0 состоит в согласованности частного $R_0 = U_0 / I_0$ с величиной $R_2, R_3 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = 1,50 \text{ Ом}$.

$$\varepsilon_{R_0} = \frac{0,15}{1,7} + \frac{0,15}{2,6} = 0,15 = 15\%;$$

$$\Delta R_0 = 0,23 \text{ Ом}; R_0 = (1,50 \pm 0,25) \text{ Ом}.$$

Границы R_2, R_3 находятся из условия, что $R_2 = (2,2 \pm 0,2) \text{ Ом}; R_3 = (4,7 \pm 0,3) \text{ Ом}$.

Поэтому (см. раздел 4):

$$\text{НГ}(R_2, R_3) = 1,20 \text{ Ом};$$

$$\text{ВГ}(R_2, R_3) = 1,90 \text{ Ом};$$

$$1,20 \text{ Ом} < R_2, R_3 < 1,90 \text{ Ом}.$$

Интервалы R_0 и R_2, R_3 пересекаются. Это и означает правильность измерений, проведённых учеником.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) схематичный рисунок экспериментальной установки; 2) правильно записанные результаты прямых измерений (<i>в данном случае — силы токов в неразветвлённой части цепи, а также напряжения на параллельно соединённых резисторах</i>); 3) расчёты и сформулированный правильный вывод	4
Приведены все элементы правильного ответа 1–3, но: — допущена ошибка в единицах измерения при представлении результатов измерения физической величины; ИЛИ — допущена ошибка при указании интервала возможных значений физической величины с учётом погрешности её определения; ИЛИ — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует	3
Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не сформулирован вывод. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, сформулирован вывод, но в одном из экспериментов присутствует ошибка в прямых измерениях	2
Записаны только правильные значения прямых измерений. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, и частично приведены результаты верных прямых измерений	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 6. Проверка зависимости электрического сопротивления проводника от площади его поперечного сечения

Используя источник тока (выпрямитель учебный), вольтметр (выбрав предел измерения 3 В), амперметр (предел измерения 0,6 А), реостат, ключ, соединительные провода, панель I « ρ, l, S », (рис. 2.3.15) соберите электрическую схему (рис. 2.3.16) и проверьте экспериментально, уменьшается ли электрическое сопротивление проводника с увеличением площади поперечного сечения проводника. Резисторы, обозначенные R_1 и R_2 , изготовлены из проволоки одинаковой длины и с одинаковым удельным сопротивлением, но имеют разные площади поперечного сечения ($S_2 = 2S_1$).

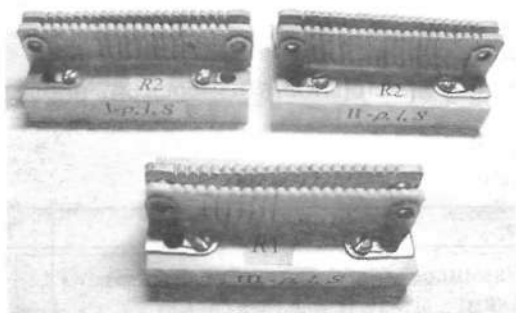


Рис. 2.3.15

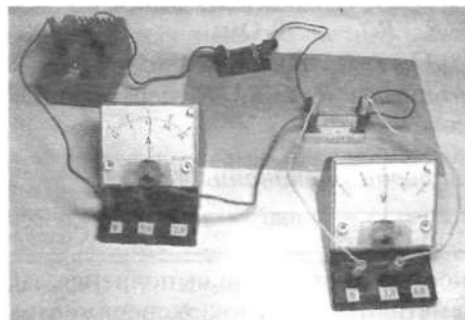


Рис. 2.3.16

В бланке ответов:

- 1) нарисуйте электрическую схему экспериментальной установки;
- 2) измерьте силу тока и напряжение на резисторах R_1 и R_2 ;
- 3) напишите формулу для расчёта электрического сопротивления и посчитайте электрическое сопротивление для каждого резистора;
- 4) сравните отношение рассчитанных сопротивлений и сделайте вывод о справедливости или ошибочности проверяемой гипотезы.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- источник тока (выпрямитель учебный ВУ-4);
- панель I « ρ, l, S »;
- амперметр с пределами измерения 3 А и 0,6 А;
- вольтметр с пределами измерения 6 В и 3 В;
- реостат;
- ключ и соединительные провода.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.3.17).

2) $I = (0,22 \pm 0,02)$ А.

Напряжение на резисторе R_1 : $U_1 = (1,10 \pm 0,15)$ В.

Напряжение на резисторе R_2 : $U_2 = (0,55 \pm 0,15)$ В.

3) $R = U/I$.

$R_1 \approx 5,0$ Ом.

$R_2 \approx 2,5$ Ом.

- 4) Вывод: электрическое сопротивление металлического проводника уменьшается с увеличением площади поперечного сечения проводника.

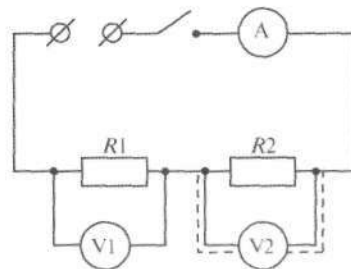


Рис. 2.3.17

Указание экспертам

Измерение напряжений считается верным, если значение U попадает в интервал $\pm 0,15$ (В), а значение I — в интервал $\pm 0,03$ (А) к указанным значениям.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) схематичный рисунок экспериментальной установки; 2) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — силы тока и напряжения для двух резисторов); 3) правильно записанную формулу для электрического сопротивления, расчёты и сформулированный правильный вывод. Правильными следует признавать выводы, основанные на расчёте отношения напряжений без вычисления сопротивлений резисторов	4
Приведены все элементы правильного ответа 1—3, но: — допущена ошибка в единицах измерения при представлении результатов измерения физической величины; ИЛИ — допущена ошибка при указании интервала возможных значений физической величины с учётом погрешности её определения; ИЛИ — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует	3
Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не сформулирован вывод. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, сформулирован вывод, но в одном из экспериментов присутствует ошибка в прямых измерениях	2
Записаны только правильные значения прямых измерений. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, и частично приведены результаты верных прямых измерений	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 7. Проверка зависимости электрического сопротивления проводника от его длины

Используя источник тока (выпрямитель учебный), вольтметр с пределом измерения 6 В, амперметр с пределом измерения 0,6 А, реостат, ключ, соединительные провода, панель III «р, I, S», соберите электрическую схему (рис. 2.3.18; 2.3.19) и проверьте экспериментально, увеличивается ли электрическое сопротивление проводника с увеличением длины проводника. Резисторы, обозначенные R_1 и R_2 , изготовлены из проволоки одинакового диаметра и с одинаковым удельным сопротивлением, но имеют разные длины ($l_2 = 2l_1$).

В бланке ответов:

- 1) нарисуйте электрическую схему экспериментальной установки;
- 2) измерьте силу тока и напряжение на резисторах R_1 и R_2 ;

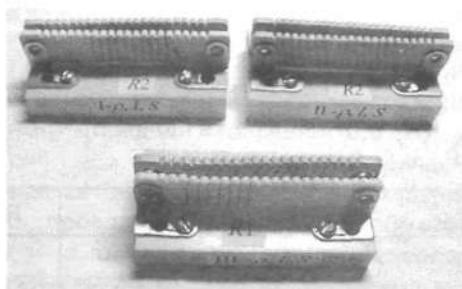


Рис. 2.3.18

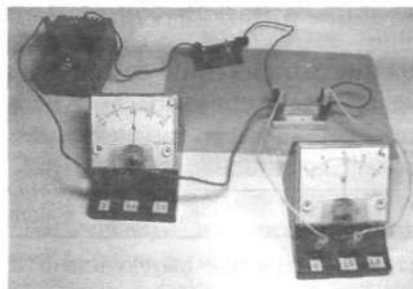


Рис. 2.3.19

- 3) напишите формулу для расчёта электрического сопротивления и посчитайте электрическое сопротивление для каждого резистора;
- 4) сравните отношение рассчитанных сопротивлений и сделайте вывод о справедливости или ошибочности проверяемой гипотезы.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- источник тока (выпрямитель учебный ВУ-4);
- панель III « ρ, l, S »;
- амперметр с пределом измерения 0,6 А (погрешность измерения 0,02 А);
- вольтметр с пределом измерения 6 В (погрешность измерения 0,3 В);
- реостат;
- ключ и соединительные провода.

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.3.20).

2) $I = (0,30 \pm 0,002) \text{ A}$.

Напряжение на резисторе R_1 : $U_1 = (1,5 \pm 0,3) \text{ В}$.

Напряжение на резисторе R_2 : $U_2 = (3,0 \pm 0,3) \text{ В}$.

3) $R = U/I$.

$R_1 \approx 5,0 \text{ Ом}$.

$R_2 \approx 10 \text{ Ом}$.

4) Вывод: электрическое сопротивление проводника увеличивается с увеличением длины проводника.

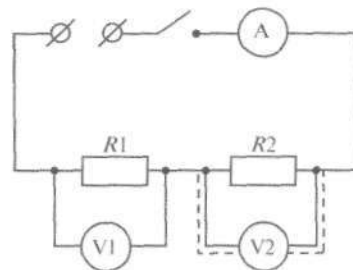


Рис. 2.3.20

Указание экспертам

Измерение напряжений считается верным, если значение U попадает в интервал $\pm 0,3$ (В), а значение I — в интервал $\pm 0,02$ (А) к указанным значениям.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) схематичный рисунок экспериментальной установки; 2) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — силы тока и напряжения для двух резисторов); 3) правильно записанную формулу для электрического сопротивления, расчёты и сформулированный правильный вывод. Правильным следует также признать вывод,	4

1	2
основанный на расчёте отношения напряжений без определения сопротивлений	
Приведены все элементы правильного ответа 1—3, но: — допущена ошибка в единицах измерения при представлении результатов измерения физической величины; ИЛИ — допущена ошибка при указании интервала возможных значений физической величины с учётом погрешности её определения; ИЛИ — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует	3
Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не сформулирован вывод. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, сформулирован вывод, но в одном из экспериментов присутствует ошибка в прямых измерениях	2
Записаны только правильные значения прямых измерений. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, и частично приведены результаты верных прямых измерений	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 8. Проверка предположения о сумме расстояний от линзы до предмета и изображения

Хорошо известно, что при приближении предмета к собирающей линзе его действительное изображение удаляется от линзы. Вполне обосновано поэтому следующее предположение: сумма $(d + f)$, где d — расстояние от линзы до предмета и f — расстояние от линзы до изображения, при перемещении предмета остаётся неизменной. Используя оптическую скамью, держатель с лампочкой осветителя, держатель со слайдом, держатель для экрана, собирающую линзу, обозначенную Л1 (рис. 2.3.21), и источник тока (рис. 2.3.22), соберите экспериментальную установку (рис. 2.3.23; 2.3.24).

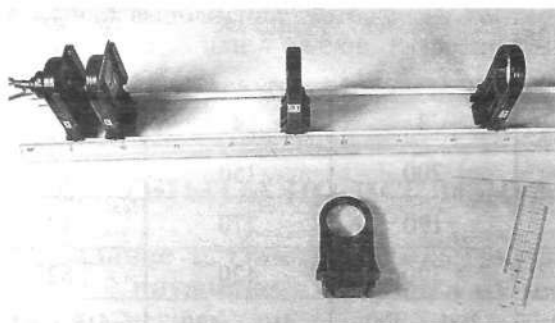


Рис. 2.3.21

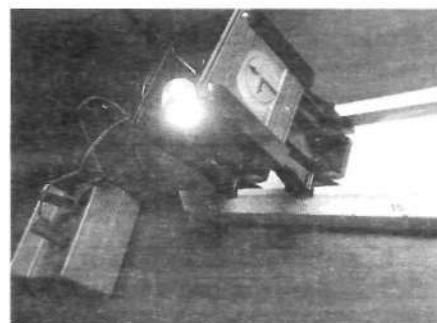


Рис. 2.3.22

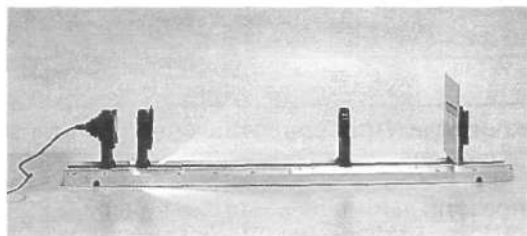


Рис. 2.3.23

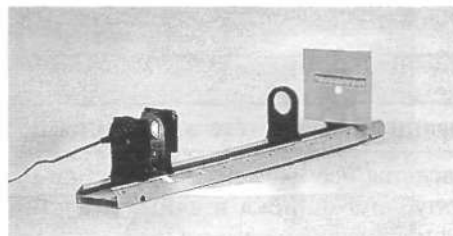


Рис. 2.3.24

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) расположите линзу на расстоянии $d = 300$ мм от предмета (слайда) и получите на экране чёткое изображение. Определите расстояние f от линзы до изображения. Уменьшая расстояние между линзой и слайдом, каждый раз настраивайте систему и измеряйте f . Заполните таблицу:

№ опыта	1	2	3	4	5
d , мм	300	250	200	150	125
f , мм					
$(d + f)$, мм					
Интервал возможных значений $(d + f)$, мм					

- 3) с учётом того, что погрешность определения суммы $(d + f)$ не меньше 10 мм, сформулируйте вывод: подтвердил ли эксперимент выдвинутое предположение.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- оптическая скамья длиной 600 мм;
- линза собирающая Л1;
- держатель с лампочкой осветителя;
- источник тока (выпрямитель учебный);
- держатель со слайдом;
- экран и держатель для экрана.

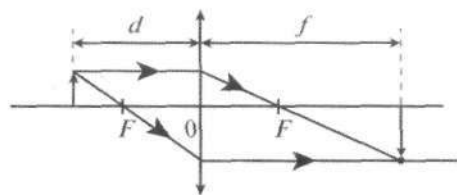


Рис. 2.3.25

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.3.25).
- 2) Результаты измерений:

№ опыта	1	2	3	4	5
d , мм	300	250	200	150	125
f , мм	140	160	190	270	420
$(d + f)$, мм	440	410	390	420	625
Интервал возможных значений $(d + f)$, мм	430 ÷ 450	400 ÷ 420	380 ÷ 400	410 ÷ 430	615 ÷ 635

3) Вывод: результаты третьего и пятого опытов явно показывают, что выдвинутая гипотеза о постоянстве суммы ($d + f$) не подтверждается.

Указание экспертам

Погрешности измерения f и d — это погрешности отсчёта. Они, по крайней мере, не могут быть меньше половины толщины линзы. При оценке f сюда добавляется ещё половина толщины линзы, возникающая при настройке изображения на резкость. При оценке d ещё добавляется толщина слайда 1 мм. Следовательно: ($d \pm 0,004$) м; ($f \pm 0,006$) м.

При сложении величин абсолютные погрешности складываются. Поэтому в задании и указана погрешность суммы в 10 мм. Для контроля достоверности измерений целесообразно пользоваться данными, приведёнными в последнем пункте раздела 4.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) схематичный рисунок экспериментальной установки; 2) правильно записанные результаты прямых измерений (<i>в данном случае — расстояний d и f</i>); 3) расчёты для ($d + f$) и сформулированный правильный вывод	4
Приведены все элементы правильного ответа 1—3, но: — допущена ошибка в единицах измерения при представлении результатов измерения физической величины; ИЛИ — допущена ошибка при указании интервала возможных значений физической величины с учётом погрешности её определения; ИЛИ — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует	3
Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не сформулирован вывод. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, сформулирован вывод, но в одном из экспериментов присутствует ошибка в прямых измерениях	2
Записаны только правильные значения прямых измерений. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки, и частично приведены результаты верных прямых измерений	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

2.4. ОПЫТЫ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Задание 1. Опыты, демонстрирующие зависимость периода колебаний пружинного маятника от массы груза и жёсткости пружины

Поставьте два опыта, демонстрирующих зависимость периода колебаний пружинного маятника от массы груза и жёсткости пружины.

Для проведения опытов используйте установку для изучения пружинного маятника (рис. 2.4.1), электронный секундомер, набор грузов, пружину № 1 жёсткостью 50 Н/м и пружину № 2 жёсткостью 10 Н/м.

В бланке ответов для каждого из опытов:

- 1) запишите, какое предположение проверялось в опыте;
- 2) зарисуйте схему экспериментальной установки;
- 3) сформулируйте вывод по результатам опыта.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- базовый набор для изучения колебаний пружинного маятника;
- набор грузов: 4 груза массой (100 ± 2) г каждый;
- пружина № 1, жёсткость (50 ± 2) Н/м;
- пружина № 2, жёсткость $(10,0 \pm 0,4)$ Н/м;
- электронный секундомер.



Рис. 2.4.1

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения задания

Опыт 1.

- 1) Как зависит период колебаний от массы груза?
- 2) Схема экспериментальной установки (рис. 2.4.2).

Сравнивается период колебаний грузов разной массы на одной и той же пружине.

- 3) Вывод: чем больше масса груза, тем больше период колебаний.

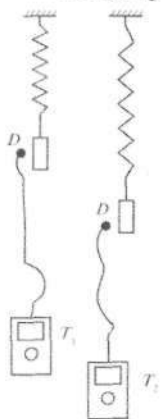


Рис. 2.4.2

Опыт 2.

- 1) Как зависит период колебаний от жёсткости пружины?
- 2) Схема экспериментальной установки (рис. 2.4.3).

Измеряется период для двух маятников: к разным пружинам подвешиваются одинаковые грузы.

- 3) Вывод: чем больше жёсткость пружины, тем меньше период колебаний маятника.

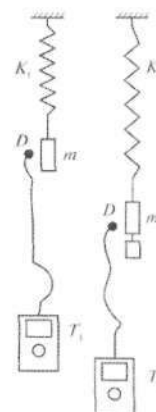


Рис. 2.4.3

Указание экспертам

В данном исследовании на основе прямых измерений делаются лишь качественные выводы. Для полного верного ответа не требуется проведения прямых измерений и определения, каким образом период зависит от заданной величины. Достаточно только указания на наличие этой зависимости и её качественная характеристика.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
Полностью правильное выполнение задания, включающее для двух опытов: <ol style="list-style-type: none"> 1) правильно сформулированную гипотезу опыта; 2) схему экспериментальной установки (в данном случае — с указанием на рисунке или в описании двух ситуаций, для которых сравниваются результаты); 3) правильно сформулированные результаты опыта 	4

1	2
Приведены все элементы правильного ответа 1—3 для обоих опытов, но: — для одного из опытов сделана ошибка в рисунке экспериментальной установки или рисунок отсутствует; ИЛИ — для одного из опытов сделана ошибка при формулировке вывода	3
Приведены правильные элементы ответа 1—3 только для одного из опытов. ИЛИ Правильно сформулированы только гипотезы и выводы для обоих опытов	2
Записаны только правильные гипотезы для обоих опытов. ИЛИ Для одного из опытов верно сформулирована гипотеза опыта и приведена верная схема экспериментальной установки. ИЛИ Для одного из опытов верно сформулирована гипотеза опыта и сделан правильный вывод	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 2. Опыты, демонстрирующие зависимость выталкивающей силы, действующей на тело в жидкости, от объёма погружённой в жидкость части тела и от плотности жидкости

Поставьте опыты, демонстрирующие зависимость выталкивающей силы, действующей на погружённое в жидкость тело, от плотности жидкости и объёма погружённой части тела.

Для проведения исследования используйте следующее оборудование: два сосуда, один из которых наполнен пресной водой, а второй — раствором соли в воде, цилиндр на нити, динамометр.

В бланке ответов для каждого из двух опытов:

- 1) запишите, какое предположение проверялось в опыте;
- 2) зарисуйте (или опишите) схему проведения опыта по исследованию зависимости выталкивающей силы от заданной величины;
- 3) сделайте вывод о том, зависит ли выталкивающая сила от заданной величины.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- динамометр с пределом измерения 1 Н;
- груз № 1, имеющий шкалу вдоль направляющей;
- мерный цилиндр с пределом измерения 250 мл;
- стаканы с пресной и солёной водой (или другой жидкостью).

Образец возможного выполнения задания

Опыт 1.

1) Зависит ли выталкивающая сила от объёма погружённой в жидкость части тела?

2) Схема экспериментальной установки (рис. 2.4.4).

$F_{\text{выт}}$ определяется как разность веса тела в воздухе и в жидкости.

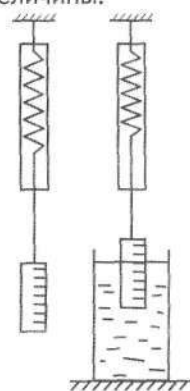


Рис. 2.4.4

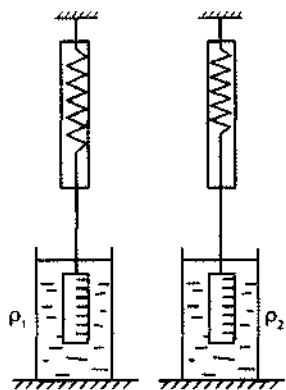


Рис. 2.4.5

Постепенно опускаем тело в воду и наблюдаем, что показания динамометра уменьшаются.

3) Вывод: выталкивающая сила зависит от объема погружённого в воду тела, так как при увеличении объема погружённой части тела выталкивающая сила увеличивается.

Опыт 2.

1) Зависит ли выталкивающая сила от плотности жидкости?

2) Схема экспериментальной установки (рис. 2.4.5).

$F_{\text{выт}}$ определяется как разность веса тела в воздухе и в жидкости.

Сначала полностью опускаем тело, подвешенное к динамометру, в пресную воду, а затем — в солёную. Показания динамометра в солёной воде меньше.

3) Вывод: выталкивающая сила зависит от плотности жидкости.

Указание экспертам

В данном исследовании на основе прямых измерений делаются лишь качественные выводы. Для полного верного ответа не требуется проведения прямых измерений и определения, каким образом выталкивающая сила зависит от заданной величины. Достаточно только указания на наличие этой зависимости и её качественная характеристика.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
<p>Полностью правильное выполнение задания, включающее для двух опытов:</p> <p>1) правильно сформулированную гипотезу опыта;</p> <p>2) схему экспериментальной установки (в данном случае — с указанием на рисунке или в описании способа измерения архимедовой силы и двух ситуаций, для которых сравниваются результаты);</p> <p>3) правильно сформулированные результаты опыта и вывод</p>	4
<p>Приведены все элементы правильного ответа 1—3 для обоих опытов, но:</p> <p>— для одного из опытов сделана ошибка в рисунке экспериментальной установки или рисунок отсутствует;</p> <p>ИЛИ</p> <p>— для одного из опытов сделана ошибка при формулировке вывода</p>	3
<p>Приведены правильные элементы ответа 1—3 только для одного из опытов.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Правильно сформулированы только гипотезы и выводы для обоих опытов</p>	2
<p>Записаны только правильные гипотезы для обоих опытов.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Для одного из опытов верно сформулирована гипотеза опыта и приведена верная схема экспериментальной установки.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Для одного из опытов верно сформулирована гипотеза опыта и сделан правильный вывод</p>	1
<p>Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям представления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания</p>	0

Задание 3. Опыты, демонстрирующие зависимость силы трения скольжения от веса тела и характера соприкасающихся поверхностей

Поставьте опыты, демонстрирующие зависимость силы трения скольжения от веса тела и характера соприкасающихся поверхностей.

Для проведения исследования используйте следующее оборудование: брусок с крючком, динамометр с пределом измерения 1 Н, набор грузов (100 ± 2) г и (50 ± 1) г, направляющую, резиновую полосу (рис. 2.4.6а).

В бланке ответов для каждого из двух опытов:

- 1) запишите, какое предположение проверялось в опыте;
- 2) зарисуйте (или опишите) схему проведения опыта по исследованию зависимости силы трения от заданной величины. Укажите, каким образом фиксировалось значение силы трения скольжения;
- 3) сделайте вывод о том, зависит ли сила трения скольжения от заданной величины.

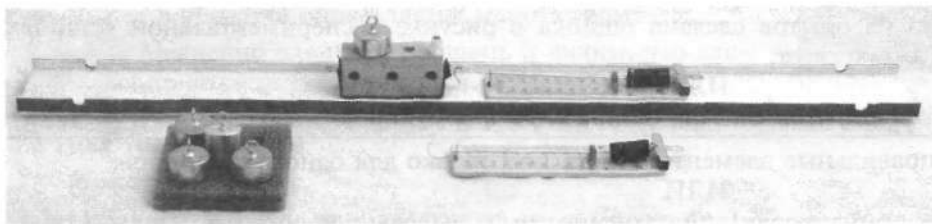


Рис. 2.4.6а

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- 2 груза из набора из 4 грузов массой (100 ± 2) г;
- динамометр с пределом измерения 1 Н (погрешность 0,02 Н);
- направляющая;
- лента резиновая.

Образец возможного выполнения задания

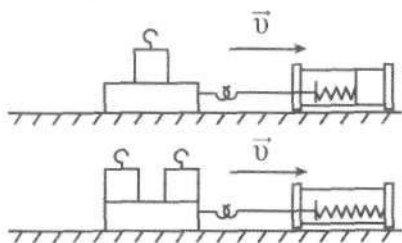


Рис. 2.4.6б

Опыт 1.

- 1) Зависит ли сила трения скольжения от веса тела?
- 2) Схема экспериментальной установки (рис. 2.4.6б).

Сила трения скольжения равна силе упругости при равномерном движении бруска по поверхности направляющей (см. рис.).

Измеряем силу трения при равномерном движении бруска сначала с одним грузом, а затем с двумя. Сила трения во втором случае больше.

- 3) Вывод: сила трения скольжения зависит от веса тела.

Опыт 2.

- 1) Зависит ли сила трения скольжения от характера соприкасающихся поверхностей?
- 2) Схема экспериментальной установки (рис. 2.4.7).

Сначала измеряем силу трения при равномерном движении бруска с одним грузом по направляющей, а затем укрепляем на бруске резиновую полосу и повторяем опыт. Сила трения различна.

- 3) Вывод: сила трения скольжения зависит от рода трущихся поверхностей.

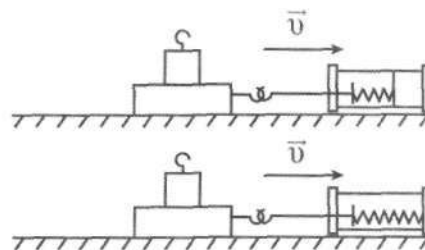


Рис. 2.4.7

Указание экспертам

Для полного верного ответа не требуется записи данных прямых измерений. Достаточно только указания на наличие изменений в силе трения и существование её зависимости от заданных величин.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
Полностью правильное выполнение задания, включающее для двух опытов: 1) правильно сформулированную гипотезу опыта; 2) схему экспериментальной установки (в данном случае — с указанием на рисунке или в описании способа измерения силы трения и двух ситуаций, для которых сравниваются результаты); 3) правильно сформулированные результаты опыта и вывод	4
Приведены все элементы правильного ответа 1—3 для обоих опытов, но: — для одного из опытов сделана ошибка в рисунке экспериментальной установки или рисунок отсутствует; ИЛИ — для одного из опытов сделана ошибка при формулировке вывода	3
Приведены правильные элементы ответа 1—3 только для одного из опытов. ИЛИ Правильно сформулированы только гипотезы и выводы для обоих опытов	2
Записаны только правильные гипотезы для обоих опытов. ИЛИ Для одного из опытов верно сформулирована гипотеза опыта и приведена верная схема экспериментальной установки. ИЛИ Для одного из опытов верно сформулирована гипотеза опыта и сделан правильный вывод	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 4. Опыты, демонстрирующие зависимость давления воздуха от его объёма и температуры

Поставьте опыты, демонстрирующие, как зависит давление воздуха от его объёма и температуры.

Для проведения исследования используйте следующее оборудование: баллон № 1 от шприца, баллон № 2 от шприца с неподвижным поршнем, манометр и стакан с тёплой водой.

В бланке ответов для каждого из двух опытов:

- 1) запишите, какое предположение проверялось в опыте;
- 2) зарисуйте (или опишите) схему проведения опыта по исследованию зависимости давления от заданной величины;
- 3) сделайте вывод о том, зависит ли давление от заданной величины.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования (рис. 2.4.8 — 2.4.10) в составе:

- баллон № 1 от шприца объёмом 12 мл с ограничителем;
- баллон № 2 от шприца, объём которого 20 мл зафиксирован неподвижным поршнем;
- манометр с пределами измерения (20 ÷ 300) мм рт. ст., цена деления 2 мм рт. ст.;
- сосуд с водой, температура не более 70 °С;
- внешний стакан калориметра с крышкой.

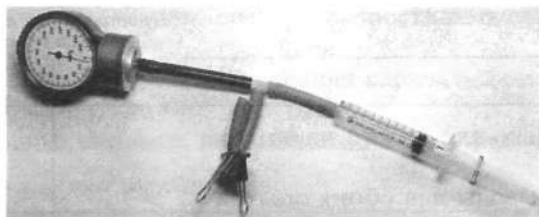


Рис. 2.4.8



Рис. 2.4.9

Образец возможного выполнения задания

Опыт 1.

- 1) Зависит ли давление воздуха от его объёма?
- 2) Схема экспериментальной установки (рис. 2.4.11). Давление воздуха определяется манометром.

Медленнодвигаем поршень и видим, что давление воздуха увеличивается.

- 3) Вывод: с уменьшением объёма воздуха его давление увеличивается.

Опыт 2.

- 1) Зависит ли давление воздуха от его температуры?
- 2) Схема экспериментальной установки (рис. 2.4.12).

Сохраняя объём воздуха неизменным, опускаем баллон шприца в тёплую воду и видим, что давление воздуха увеличивается.

- 3) Вывод: с ростом температуры давление воздуха увеличивается.

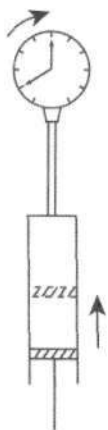


Рис. 2.4.11



Рис. 2.4.10

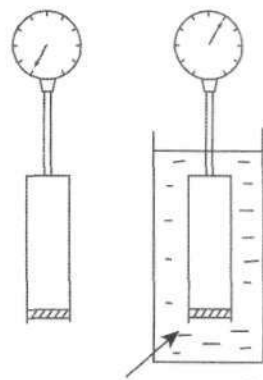


Рис. 2.4.12

Указание экспертам

Для полного верного ответа не требуется проведения прямых измерений и определения, каким образом давление зависит от заданной величины. Достаточно только указания на наличие этой зависимости.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
Полностью правильное выполнение задания, включающее для двух опытов: <ol style="list-style-type: none"> 1) правильно сформулированную гипотезу опыта; 2) схему экспериментальной установки (<i>в данном случае — с указанием на рисунке или в описании способа измерения давления воздуха и двух ситуаций, для которых сравниваются результаты</i>); 3) правильно сформулированные результаты опыта и вывод 	4
Приведены все элементы правильного ответа 1—3 для обоих опытов, но: <ul style="list-style-type: none"> — для одного из опытов сделана ошибка в рисунке экспериментальной установки или рисунок отсутствует; ИЛИ <ul style="list-style-type: none"> — для одного из опытов сделана ошибка при формулировке вывода 	3

1	2
Приведены правильные элементы ответа 1–3 только для одного из опытов. ИЛИ Правильно сформулированы только гипотезы и выводы для обоих опытов	2
Записаны только правильные гипотезы для обоих опытов. ИЛИ Для одного из опытов верно сформулирована гипотеза опыта и приведена верная схема экспериментальной установки. ИЛИ Для одного из опытов верно сформулирована гипотеза опыта и сделан правильный вывод	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 5. Наблюдение скорости изменения температуры воды при её охлаждении

Самостоятельно выберите оборудование (рис. 2.4.13а) и поставьте опыт, демонстрирующий, что скорость изменения температуры горячей воды $\left[\frac{\text{(изменение температуры)}}{\text{(промежуток времени)}} \right]$ при её охлаждении до комнатной температуры уменьшается.

В бланке ответов:

- 1) укажите используемые приборы и материалы;
- 2) зарисуйте схему экспериментальной установки;
- 3) запишите результаты проведённых измерений и сформулируйте вывод по результатам опыта.

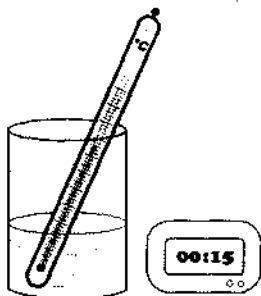


Рис. 2.4.13а

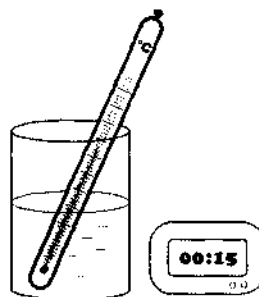


Рис. 2.4.13б

Образец возможного выполнения задания

- 1) Сосуд с горячей водой, термометр, секундомер.
- 2) Схема экспериментальной установки (рис. 2.4.13а; 2.4.13б).
- 3) Зависимость температуры остывающей воды от времени:

Время t , мин	0	10	20
Температура t , °C	70	56	48

За первые 10 мин средняя скорость остывания воды равна

$$(70 - 56)/10 = 1,4 \text{ град/мин.}$$

В следующие 10 мин средняя скорость остывания воды равна

$$(56 - 48)/10 = 0,8 \text{ град/мин.}$$

Вывод: скорость изменения температуры воды по мере остывания уменьшается.

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) правильно сформированный комплект оборудования; 2) схему экспериментальной установки; 3) правильно представленные результаты опыта и вывод	4
Приведены все элементы правильного ответа 1—3, но: — присутствует ошибка в рисунке экспериментальной установки; ИЛИ — вывод является неточным или отсутствует; ИЛИ — присутствуют ошибки в определении скорости остывания воды или единицах измерения	3
Присутствуют элементы ответа 1—2, но не определена скорость остывания воды. ИЛИ Сделан неверный вывод	2
Правильно приведён только один из элементов ответа. ИЛИ Правильно приведены только результаты прямых измерений	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 6. Опыт, демонстрирующий зависимость электрического сопротивления проводника от материала, из которого проводник изготовлен

Поставьте опыт, демонстрирующий зависимость электрического сопротивления от материала, из которого изготовлен проводник.

Для проведения исследования соберите электрическую цепь из последовательно соединённых источника тока и исследуемых резисторов из набора панелей «р, I, S» (рис. 2.4.14).

Описание набора панелей «р, I, S» дано в таблице 2.4.1 (см. с. 136):

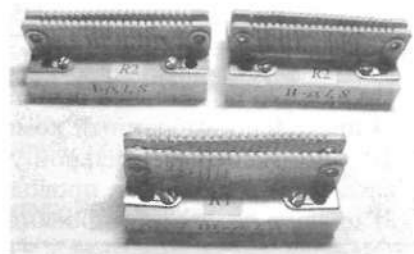


Рис. 2.4.14

Панель I « ρ, l, S »	Панель II « ρ, l, S »	Панель III « ρ, l, S »
Резисторы R_1 и R_2 изготовлены из проволок одинаковой длины и с одинаковым удельным сопротивлением. Диаметры проволок разные	Резисторы R_1 и R_2 изготовлены из проволок одинаковой длины и с одинаковым диаметром. Материалы, из которых изготовлены проволоки, разные	Резисторы R_1 и R_2 изготовлены из одной и той же проволоки. Длины проволок разные

Выберите для опыта необходимую панель, соберите электрическую цепь и измерьте напряжение на каждом из резисторов.

В бланке ответов:

- 1) укажите, какие резисторы вы использовали для проведения опыта;
- 2) зарисуйте схему экспериментальной установки;
- 3) на основании измеренных значений напряжения сформулируйте вывод.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- источник тока (выпрямитель учебный);
- панель II « ρ, l, S »;
- вольтметр с пределом измерения 6 В;
- ключ и соединительные провода.

Образец возможного выполнения задания

1) Для опыта выбрали панель II « ρ, l, S ». Резисторы R_1 и R_2 изготовлены из проволок одинаковой длины и с одинаковым диаметром. Материалы, из которых изготовлены проволоки, разные.

2) Схема экспериментальной установки (рис. 2.4.15).

Сила тока на последовательно соединённых резисторах одинакова. По результатам опыта напряжение на первом резисторе больше, чем на втором. Значит, резисторы имеют разное сопротивление. Использованные резисторы отличались только материалом, из которого они изготовлены.

3) Вывод: электрическое сопротивление проводника зависит от материала, из которого изготовлен проводник.

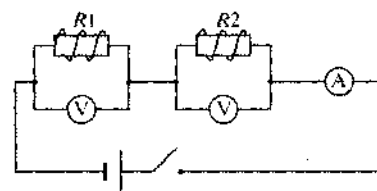


Рис. 2.4.15

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) правильно выбранный комплект резисторов; 2) схему экспериментальной установки с указанием на равенство токов при последовательном соединении проводников; 3) правильно сформулированные результаты опыта и вывод	4
Приведены все элементы правильного ответа 1—3, но: — присутствует ошибка в рисунке экспериментальной установки; ИЛИ — вывод является неточным или отсутствует; ИЛИ — отсутствует указание на равенство токов при последовательном соединении резисторов	3

1	2
Отсутствует элемент ответа 3. ИЛИ Присутствуют ошибки в прямых измерениях напряжения	2
Правильно приведена только схема электрической цепи. ИЛИ Указана только правильно выбранная панель резисторов	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 7. Опыт, демонстрирующий зависимость электрического сопротивления проводника от длины проволоки, из которой изготовлен проводник

Поставьте опыт, демонстрирующий зависимость электрического сопротивления проводника от длины проволоки, из которой изготовлен проводник.

Для проведения исследования соберите электрическую цепь из последовательно соединённых источника тока и исследуемых резисторов из набора панелей « ρ, l, S » (рис. 2.4.16).

Описание набора панелей « ρ, l, S » дано в таблице 2.4.2:

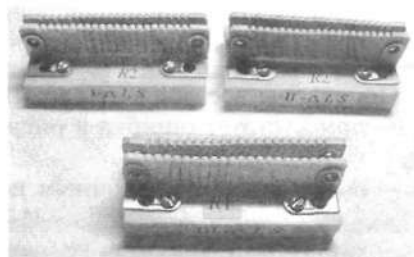


Рис. 2.4.16

Таблица 2.4.2

Панель I « ρ, l, S »	Панель II « ρ, l, S »	Панель III « ρ, l, S »
Резисторы $R1$ и $R2$ изготовлены из проволок одинаковой длины и с одинаковым удельным сопротивлением. Диаметры проволок разные	Резисторы $R1$ и $R2$ изготовлены из проволок одинаковой длины и с одинаковым диаметром. Материалы, из которых изготовлены проволоки, разные	Резисторы $R1$ и $R2$ изготовлены из одной и той же проволоки. Длины проволок разные

Выберите для опыта необходимую панель, соберите электрическую цепь и измерьте напряжение на каждом из резисторов.

В бланке ответов:

- 1) укажите, какие резисторы вы использовали для проведения опыта;
- 2) зарисуйте схему экспериментальной установки;
- 3) на основании измеренных значений напряжения сформулируйте вывод.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- источник тока (выпрямитель учебный);
- панель III « ρ, l, S »;
- вольтметр с пределом измерения 6 В;
- ключ и соединительные провода.

Образец возможного выполнения задания

1) Для опыта выбрали панель III «р, I, S». Резисторы R_1 и R_2 изготовлены из одной и той же проволоки. Длины проволок разные.

2) Схема экспериментальной установки (рис. 2.4.17).

Сила тока на последовательно соединённых резисторах одинакова. По результатам опыта напряжение на втором резисторе больше, чем на первом. Значит, резисторы имеют разное сопротивление. У использованных резисторов отличалась только длина проволоки.

3) Вывод: электрическое сопротивление проводника зависит от длины проволоки, из которой изготовлен проводник.

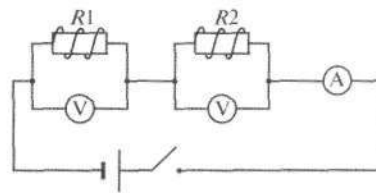


Рис. 2.4.17

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) правильно выбранный комплект резисторов; 2) схему экспериментальной установки с указанием на равенство токов при последовательном соединении проводников; 3) правильно сформулированные результаты опыта и вывод	4
Приведены все элементы правильного ответа 1–3, но: — присутствует ошибка в рисунке экспериментальной установки; ИЛИ — вывод является неточным или отсутствует; ИЛИ — отсутствует указание на равенство токов при последовательном соединении резисторов	3
Отсутствует элемент ответа 3. ИЛИ Присутствуют ошибки в прямых измерениях напряжения	2
Правильно приведена только схема электрической цепи. ИЛИ Указана только правильно выбранная панель резисторов	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 8. Опыт, демонстрирующий зависимость электрического сопротивления проводника от площади поперечного сечения проволоки, из которой изготовлен проводник

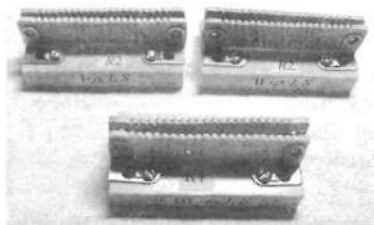


Рис. 2.4.18

Поставьте опыт, демонстрирующий зависимость электрического сопротивления проводника от площади поперечного сечения проволоки, из которой изготовлен проводник.

Для проведения исследования соберите электрическую цепь из последовательно соединённых источника тока и исследуемых резисторов из набора панелей «р, I, S» (рис. 2.4.18).

Описание набора панелей «р, I, S» дано в таблице 2.4.3:

Панель I « ρ, l, S »	Панель II « ρ, l, S »	Панель III « ρ, l, S »
Резисторы $R1$ и $R2$ изготовлены из проволок одинаковой длины и с одинаковым удельным сопротивлением. Диаметры проволок разные	Резисторы $R1$ и $R2$ изготовлены из проволок одинаковой длины и с одинаковым диаметром. Материалы, из которых изготовлены проволоки, разные	Резисторы $R1$ и $R2$ изготовлены из одной и той же проволоки. Длины проволок разные

Выберите для опыта необходимую панель, соберите электрическую цепь и измерьте напряжение на каждом из резисторов.

В бланке ответов:

- 1) укажите, какие резисторы вы использовали для проведения опыта.
- 2) зарисуйте схему экспериментальной установки;
- 3) на основании измеренных значений напряжения сформулируйте вывод.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования в составе:

- источник тока (выпрямитель учебный);
- панель I « ρ, l, S »;
- вольтметр с пределом измерения 6 В;
- ключ и соединительные провода.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Для опыта выбрали панель I « ρ, l, S ». Резисторы $R1$ и $R2$ изготовлены из проволок одинаковой длины и с одинаковым удельным сопротивлением. Диаметры проволок разные.
- 2) Схема экспериментальной установки (рис. 2.4.19).

Сила тока на последовательно соединённых резисторах одинакова. По результатам опыта напряжение на втором резисторе меньше, чем на первом. Значит, резисторы имеют разное сопротивление. У использованных резисторов отличалась только площадь поперечного сечения проволоки.

- 3) Вывод: электрическое сопротивление проводника зависит от площади поперечного сечения проволоки, из которой изготовлен проводник.

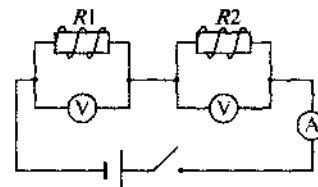


Рис. 2.4.19

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) правильно выбранный комплект резисторов; 2) схему экспериментальной установки с указанием на равенство токов при последовательном соединении проводников; 3) правильно сформулированные результаты опыта и вывод	4
Приведены все элементы правильного ответа 1—3, но: — присутствует ошибка в рисунке экспериментальной установки; ИЛИ — вывод является неточным или отсутствует;	

1	2
ИЛИ — отсутствует указание на равенство токов при последовательном соединении резисторов	3
Отсутствует элемент ответа 3. ИЛИ Присутствуют ошибки в прямых измерениях напряжения	2
Правильно приведена только схема электрической цепи. ИЛИ Указана только правильно выбранная панель резисторов	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

**Задание 9. опыты по исследованию явления
электромагнитной индукции:
исследование изменения величины индукционного тока**

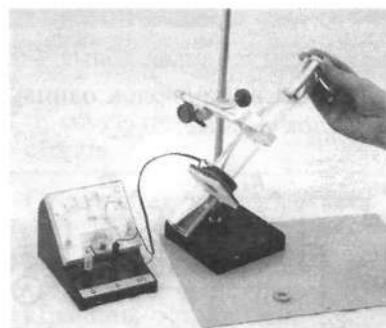


Рис. 2.4.20

- миллиамперметр 60-0-60, мА;
- катушка;
- постоянный магнит — 2 шт.;
- штатив с муфтой;
- соединительные провода.

Образец возможного выполнения задания

Опыт 1.

1) Как меняется величина индукционного тока при увеличении скорости вдвигания магнита?

2) Схема экспериментальной установки (рис. 2.4.21).

Увеличиваем угол наклона направляющей. При этом увеличивается скорость вдвигания магнита.

3) Вывод: при увеличении скорости вдвигания магнита увеличивается величина индукционного тока в катушке.

При выполнении задания используйте установку для исследования явления электромагнитной индукции (рис. 2.4.20).

Поставьте два опыта, демонстрирующих, как влияют на величину индукционного тока скорость вдвигания магнита и использование магнитов различной силы.

В бланке ответов для каждого из двух опытов:

- 1) запишите, какое предположение проверялось в опыте;
- 2) зарисуйте схему экспериментальной установки;
- 3) сформулируйте вывод по результатам опыта.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется базовый набор для изучения явления электромагнитной индукции:

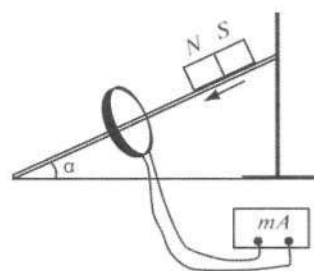


Рис. 2.4.21

Опыт 2.

- 1) Как изменится величина индукционного тока, если использовать магниты разной силы?
- 2) Схема экспериментальной установки та же.
В первом случае используем один магнит. Во втором случае два магнита складываем вместе одноимёнными полюсами и пускаем в катушку с той же высоты.
Во втором случае сила тока больше.
- 3) Вывод: при выдвижении более сильного магнита сила индукционного тока увеличивается.

Указание экспертам

Учащиеся могут выбрать другие правильные решения, например опыт — возникновение индукционного тока в катушке при движении катушки, а не магнита.

Выбранное решение должно быть отражено соответственно во всех элементах ответа (описание оборудования, рисунок, описание опытов).

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
Полностью правильное выполнение задания, включающее для двух опытов: 1) правильно сформулированную гипотезу опыта; 2) схему экспериментальной установки (<i>в данном случае — с указанием на рисунке или в описании двух ситуаций, для которых сравниваются результаты</i>); 3) правильно сформулированные результаты опыта	4
Приведены все элементы правильного ответа 1—3 для обоих опытов, но: — для одного из опытов сделана ошибка в рисунке экспериментальной установки или рисунок отсутствует; ИЛИ — для одного из опытов сделана ошибка при формулировке вывода	3
Приведены правильные элементы ответа 1—3 только для одного из опытов. ИЛИ Правильно сформулированы только гипотезы и выводы для обоих опытов	2
Записаны только правильные гипотезы для обоих опытов. ИЛИ Для одного из опытов верно сформулирована гипотеза опыта и приведена верная схема экспериментальной установки. ИЛИ Для одного из опытов верно сформулирована гипотеза опыта и сделан правильный вывод	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 10. Опыты по исследованию явления электромагнитной индукции: исследование изменения направления индукционного тока

При выполнении задания используйте установку для исследования явления электромагнитной индукции (рис. 2.4.22 на с. 142).

Поставьте два опыта, демонстрирующих, как влияют на направление индукционного тока следующие факторы:

- А) вдвигается магнит в катушку или выдвигается из неё;

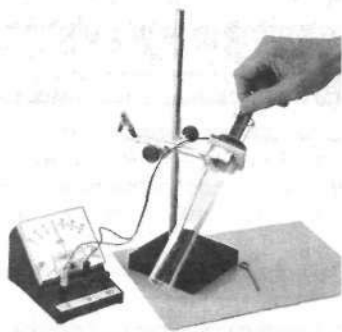


Рис. 2.4.22

- Б) какой полюс магнита вдвигается в катушку.
 В бланке ответов для каждого из двух опытов:
- 1) запишите, какое предположение проверялось в опыте;
 - 2) зарисуйте схему экспериментальной установки;
 - 3) сформулируйте вывод по результатам опыта.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется базовый набор для изучения явления электромагнитной индукции:

- миллиамперметр 60-0-60, мА;
- катушка;
- постоянный полосовой магнит — 2шт.;
- штатив с муфтой;
- соединительные провода.

Образец возможного выполнения задания

Опыт 1.

- 1) Изменяется ли направление индукционного тока в случаях, когда магнит вдвигается в катушку или выдвигается из неё?
- 2) Схема экспериментальной установки (рис. 2.4.23).

Когда магнит движется сквозь катушку, заметно, что стрелка миллиамперметра сначала отклоняется в одну сторону, а затем — в другую.

- 3) Вывод: направление индукционного тока в катушке зависит от того, вдвигают магнит в катушку или выдвигают из неё.

Опыт 2.

- 1) Изменяется ли направление индукционного тока, если магнит сначала вдвигать северным полюсом, а затем — южным?
- 2) Схема экспериментальной установки та же.

Стрелка миллиамперметра отклоняется в разные стороны.

- 3) Вывод: направление индукционного тока зависит от того, каким полюсом магнит вдвигают в катушку.

Указание экспертам

Учащиеся могут выбрать другие правильные решения, например опыт — возникновение индукционного тока в катушке при движении катушки к магниту.

Выбранное решение должно быть отражено соответственно во всех элементах ответа (описание оборудования, рисунок, описание опытов).

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
1	2
Полностью правильное выполнение задания, включающее для двух опытов: <ol style="list-style-type: none"> 1) правильно сформулированную гипотезу опыта; 2) схему экспериментальной установки (в данном случае — с указанием на рисунке или в описании двух ситуаций, для которых сравниваются результаты); 3) правильно сформулированные результаты опыта 	4
Приведены все элементы правильного ответа 1—3 для обоих опытов, но: <ul style="list-style-type: none"> — для одного из опытов сделана ошибка в рисунке экспериментальной установки или рисунок отсутствует; 	3

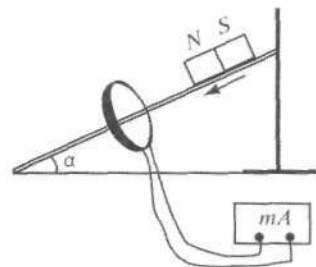


Рис. 2.4.23

1	2
ИЛИ — для одного из опытов сделана ошибка при формулировке вывода	3
Приведены правильные элементы ответа 1—3 только для одного из опытов. ИЛИ Правильно сформулированы только гипотезы и выводы для обоих опытов	2
Записаны только правильные гипотезы для обоих опытов. ИЛИ Для одного из опытов верно сформулирована гипотеза опыта и приведена верная схема экспериментальной установки. ИЛИ Для одного из опытов верно сформулирована гипотеза опыта и сделан правильный вывод	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

Задание 11. Опыты, демонстрирующие зависимость направления силы взаимодействия катушки с током и магнита от направления тока в катушке

Поставьте опыты, демонстрирующие зависимость направления силы взаимодействия катушки с током и магнита от направления тока в катушке.

Для проведения опыта используйте комплект для изучения взаимодействия катушки с током и постоянного магнита (рис. 2.4.24). Самостоятельно выберите оборудование и поставьте опыты, демонстрирующие, что направление магнитных линий проводника с током зависит от направления тока в проводнике.

В бланке ответов:

- 1) зарисуйте (или опишите) схему проведения опыта;
- 2) укажите, каким образом фиксировалось изменение направления магнитных линий катушки с током;
- 3) опишите результаты опыта и сделайте вывод.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется базовый комплект для изучения взаимодействия катушки с током и постоянного магнита:

- амперметр 1-0-3, А;
- катушка;
- постоянный полосовой магнит с подставкой и зажимом;
- штатив с муфтой и лапкой;
- соединительные провода;
- источник тока.

Образец возможного выполнения задания

- 1) Схема экспериментальной установки (рис. 2.4.25).
- 2) Изменение направления магнитных линий катушки с током определяется по взаимодействию её с постоянным магнитом.
- 3) При изменении полярности подключения катушки изменя-

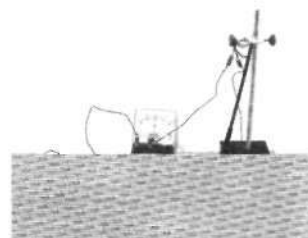


Рис. 2.4.24

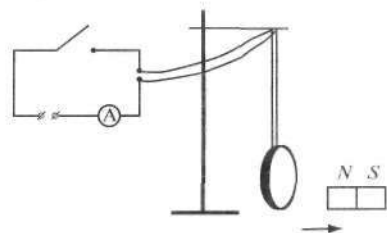


Рис. 2.4.25

ется характер её взаимодействия с постоянным магнитом. Если в первом случае катушка притягивалась к северному полюсу магнита, то во втором — стала отталкиваться от него.

Вывод: направление магнитных линий катушки с током зависит от направления тока в катушке.

Указание экспертам

Учащийся может выбрать другое правильное решение.

Выбранное решение в этом случае должно быть отражено соответственно во всех элементах ответа (описание оборудования, рисунок, описание опытов).

Критерии оценивания

Содержание критерия	Балл
Полностью правильное выполнение задания, включающее для двух опытов: 1) схему экспериментальной установки; 2) указание, каким образом фиксировалось изменение направления магнитных линий катушки с током; 3) правильно сформулированные результаты опыта и вывод	4
Приведены все элементы правильного ответа 1–3, но: – присутствует ошибка в рисунке экспериментальной установки; ИЛИ – вывод является неточным или отсутствует	3
Отсутствует один из трёх элементов ответа. ИЛИ Присутствуют ошибки во втором элементе ответа	2
Правильно приведён только один из элементов ответа	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0

3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ ГИА НАБОРОВ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКИХ ШКОЛ *

При проведении ГИА в сельских школах удобно использовать комплекты стандартизированного оборудования, разработанные для таких школ в соответствии с государственной программой «Развитие информационных ресурсов и технологий: Индустрия образования». В настоящее время в рамках реализации Федеральной целевой программы развития образования и приоритетного национального проекта «Образование» комплекты поставлены в 3500 школ с малочисленными классами, в том числе расположенных в отдалённых и труднодоступных районах страны.

3.1. КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКИХ ШКОЛ

Основу комплекта составляют наборы лабораторного оборудования по механике, молекулярной физике и термодинамике, электродинамике, оптике и квантовой физике. Ниже приведено описание этих комплектов и примеры выполнения заданий ГИА с помощью данного оборудования.

Лабораторный набор оборудования «Механические явления»

Общий вид набора представлен на рис. 3.1.1.

* Раздел написан С. В. Степановым.

Большинство деталей набора имеют оригинальную конструкцию. Их название, количество, конструктивные особенности и основные характеристики представлены в таблице 3.1.1.

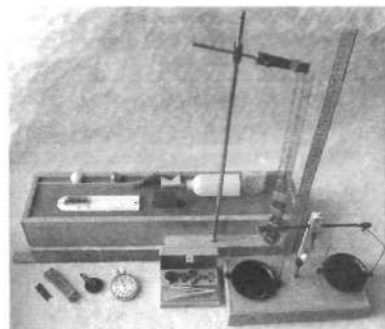


Рис. 3.1.1

Таблица 3.1.1

№ п/п	Наименование детали	Кол-во	Особенность конструкции и основные характеристики
1	2	3	4
1	Пенал с крышкой	1	Габаритные размеры 580 × 175 × 85 мм. Крышка отделяется и используется в некоторых опытах в качестве составной части экспериментальной установки. На внутренней поверхности крышки наклеена узкая полоса резины, используемая в опытах по измерению коэффициента трения скольжения. Снаружи к пеналу присоединён брусок для закрепления стержня штатива и жёлоба
2	Штатив	1	Состоит из трёх частей — стержня, лапки и муфты. Длина стержня 550 мм, диаметр 8 мм. Лапка закрепляет предметы толщиной до 30 мм. Длина лапки составляет 150 мм
3	Жёлоб прямой	1	Выполнен из металла и имеет профиль прямого угла со сторонами 25 × 25 мм. Длина жёлоба 550 мм. Жёлоб снабжён двумя шкалами — внутренней и внешней. Внутреннюю шкалу используют для определения координат движущегося тела. Цена деления шкалы 1 мм. Оцифрована шкала в сантиметрах. Внешняя шкала применяется для измерения координат и перемещений при вертикальном закреплении жёлоба. Цена её деления также 1 мм. Оцифрована шкала в сантиметрах
4	Упор жёлоба	1	Служит для придания жёлобу наклонного положения, при котором один край жёлоба располагается на 4–5 мм выше другого
5	Жёлоб дугообразный	1	Служит для пуска тела с некоторой высоты в горизонтальном направлении. Длина жёлоба 250 мм
6	Шар стальной	1	Используется в опытах по исследованию прямолинейного движения. Его диаметр 25 мм. Поверхность отполирована
7	Шар пластиковый	1	Используется для изучения движения под действием силы тяжести и закона сохранения импульса. Диаметр 25 мм, поверхность отполирована

1	2	3	4
8	Пружина цилиндрическая № 1	1	Изготовлена из стальной проволоки с намоткой виток к витку. Длина намотки 80 мм, диаметр 30 мм. Коэффициент жёсткости пружины около 18 Н/м. Концы отформованы в виде крючков
9	Блок	1	Используется при изучении свойств подвижного и неподвижного блоков. Состоит из колеса, оси и скобы с крючком. Колесо выполнено из пластмассы, имеет форму диска диаметром 30 мм и толщиной 5 мм. По периметру колеса проходит канавка, куда закладывается нить
10	Груз 100 г	4	Имеет прямоугольную форму 25 × 25 × 21 мм. На поверхность нанесено защитное покрытие. На противоположных основаниях запрессованы крючки
11	Брусочек металлический	1	Изготовлен из стали. Его размеры 50 × 25 × 25 мм. На поверхности нанесено защитное покрытие. В одном из торцов бруска закреплён крючок
12	Рычаг с баланси-ром	1	Представляет собой металлическую рейку размером 310 × 30 мм с отверстием в центре для подвешивания к оси. По обе стороны от середины нижней кромки в рейке выполнены отверстия на расстоянии 50 мм друг от друга. На верхней кромке рейки находится балансир
13	Сосуд отливной	1	Служит для сбора жидкости, вытесняемой телом при погружении. Имеет вид стакана, дно которого выполнено в виде горловины бутылки. Внутренний диаметр сосуда 50 мм, общая высота, включая горловину, 100 мм. Изготовлен из небьющегося материала. Горловина закрыта пробкой с отверстием, через которое внутрь сосуда проходит трубка. Трубка изогнута по форме горловины и располагается внутри сосуда рядом со стенкой, не доходя до верхнего края на 10 мм
14	Нить на мотовильце	1	Служит для изготовления подвесов. Длина нити 1 м. Хранится на мотовильце, где закреплена резиновым кольцом

Кроме того, в состав комплекта входит типовое учебное оборудование для выполнения лабораторных работ: весы учебные с гирями, динамометр лабораторный 0—4 Н, лента измерительная, стакан 100 мл, секундомер.

Расположение оборудования в корпусе пенала представлено на рис. 3.1.2 (см. с. 147).

В состав лабораторных наборов по механике, предназначенных для проведения ГИА, в целях обеспечения вариативности контрольных заданий дополнительно включены:

- 1) цилиндр № 1: диаметр 30 мм, высота 50 мм, материал — алюминий;
- 2) цилиндр № 2: диаметр 30 мм, высота 45 мм, материал — латунь;
- 3) пружина цилиндрическая № 2: изготовлена из стальной проволоки с намоткой виток к витку; длина намотки 80 мм, диаметр 30 мм; коэффициент жёсткости пружины около 10 Н/м; концы отформованы в виде крючков.



Рис. 3.1.2. Расположение оборудования комплекта

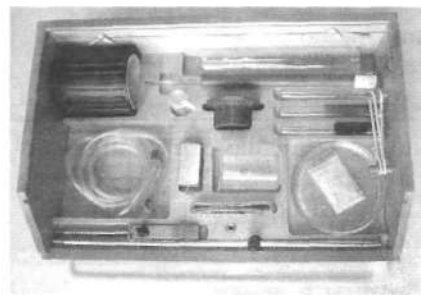


Рис. 3.1.3

Лабораторный набор оборудования «Тепловые явления»

Общий вид набора показан на рис. 3.1.3.

Названия, количество, конструктивные особенности оригинальных деталей комплекта приведены в таблице 3.1.2.

Таблица 3.1.2

№ п/п	Наименование детали	Кол-во	Особенность конструкции и основные характеристики
1	2	3	4
1	Корпус с крышкой и лотком	1	Габаритные размеры 420 × 280 × 130 мм. Имеет резьбовое отверстие для закрепления стержня штатива. При хранении закрывается прозрачной крышкой
2	Резиновый жгут	1	Используется для измерения модуля Юнга. Имеет круглое сечение диаметром не менее 3 мм. Общая длина 30 см
3	Трубка-резервуар	1	Служит для изучения газовых законов. Длина 200 см, диаметр 6 мм. Отверстия трубки закрыты кранами
4	Трубка манометрическая	1	Используется для измерения давления при изучении изохорного процесса. Общая длина не менее 300 мм, диаметр 3 мм. На одном конце насажена муфта для соединения с краном трубки-резервуара
5	Брусок металлический	1	Изготовлен из стали. Размеры 50 × 25 × 25 мм. На поверхности имеет защитное покрытие. В одном из оснований закреплён крючок
6	Аморфное вещество в пробирке	1	Используется для исследования отвердевания аморфного тела. Масса вещества не менее 5 г. В заданиях ГИА не используется

1	2	3	4
7	Кристаллическое вещество в пробирке	1	Используется для исследования плавления и кристаллизации. Температура кристаллизации не более 55 °С. Масса вещества не менее 5 г. В заданиях ГИА не используется
8	Натриевая соль в пакете	1	Используется для наблюдения роста кристаллов, исследования свойств переохлаждённой жидкости. Температура плавления не более 45 °С. Масса соли не менее 8 г. В заданиях ГИА не используется
9	Трубка капиллярная	1	Длина 240 мм, диаметр 5 мм, диаметр капилляра 0,7 мм. Объём внутренней полости капилляра 0,04 мл. В заданиях ГИА не используется
10	Штатив лабораторный	1	Состоит из стержня, муфты и лапки. Длина стержня 380 мм



Рис. 3.1.4

на жидкокристаллическом дисплее. Диапазон показаний мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения 0,05—9,9 мкЗв/ч. Правила обращения с ним указаны в инструкции, прилагаемой к прибору.

Лабораторный набор оборудования «Электромагнитные явления»

Набор включает три отдельных модуля: «Электричество и магнетизм», «Электролиз» и «Электростатика» (рис. 3.1.5).

Многие детали модуля «Электричество и магнетизм» имеют оригинальную конструкцию. Их название, количество, конструктивные особенности и основные характеристики представлены в таблице 3.1.3.

Кроме того, в состав комплекта входит типовое лабораторное оборудование: измерительная лента, секундомер механический, термометр спиртовой с пределами 0—100 °С и ценой деления шкалы 1 °С; цилиндр мерный на 100 мл; стакан лабораторный на 100 мл и калориметр; флакон с пробкой-капельницей на 20 мл; пробирка П2-14-120; чашка Петри.

В состав комплекта лабораторного оборудования также входит бытовой дозиметр (рис. 3.1.4).

Прибор с помощью счётчика Гейгера — Мюллера подсчитывает количество гамма- и бета-частиц в течение 40 с и индицирует показания в мкЗв/ч или мкР/ч

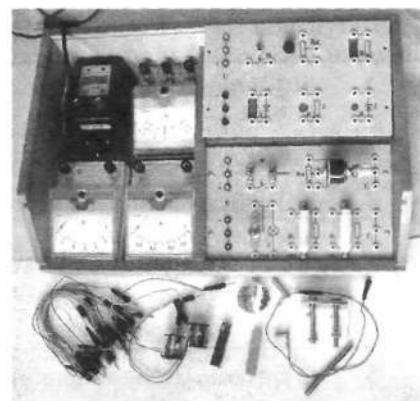


Рис. 3.1.5

№ п/п	Наименование детали	Кол-во	Особенность конструкции и основные характеристики
1	Корпус с крышкой	1	Выполнен в виде короба со стенками и дном с размерами 415 × 275 × 110 мм
2	Выпрямитель ВУЛ	1	Имеет защиту от короткого замыкания, сигнализацию нарушения режима работы. Максимальный ток нагрузки 2 А. Напряжение холостого хода выходов постоянного и переменного напряжения ($5 \pm 0,3$) В
3	Планшет «1»	1	На планшете закреплены: ключ, два проволочных резистора 5 Ом и 10 Ом, переменный резистор 10 Ом, лампа 4,5 В; 0,3 А
4	Планшет «2»	1	На планшете закреплены: ключ, переменный резистор 68 Ом, постоянный резистор 91 Ом, фоторезистор, диод, светодиод. В экспериментах ГИА не используется
5	Катушка с выводами	2	Катушки с выводами содержат разное число витков. Активное сопротивление одной из них 6,5 Ом, другой — 8,5 Ом
6	Подставка с двумя отверстиями	1	Габаритные размеры 50 × 20 × 15 мм, диаметр отверстий 6 мм
7	Постоянный магнит маркированный	1	Имеет прямоугольную форму размером 40 × 10 × 10 мм. Южный и северный полюсы обозначены красным и синим цветом соответственно
8	Постоянный магнит немаркированный	1	Имеет прямоугольную форму размером 40 × 10 × 10 мм
9	Сердечник цилиндрический, металлический	1	Имеет форму цилиндра длиной 50 мм и диаметром 4 мм
10	Сердечник цилиндрический, немагнитный	1	Имеет форму цилиндра длиной 50 мм и диаметром 4 мм
11	Магнитопровод разборный	1	Включает пластину с отверстиями (2 шт.), болт М6 × 40 (2 шт.), гайку М6 (2 шт.)
12	Контакт реле с выводом	2	Имеет форму цилиндра длиной 20 мм и диаметром 4 мм, длина вывода 200 мм
13	Провод соединительный	12	

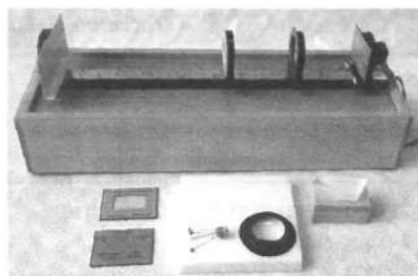


Рис. 3.1.6

В состав модуля входит также типовое учебное оборудование для выполнения лабораторных работ: амперметр АЛ 2,5 «Учебный», вольтметр ВЛ 2,5 «Учебный», миллиамперметр МЛ 2,5 «Учебный», компас.

Лабораторный набор оборудования «Оптические и квантовые явления»

Внешний вид набора показан на рис. 3.1.6.

Состав набора, конструктивные особенности его деталей и их основные характеристики приведены в таблице 3.1.4.

Таблица 3.1.4

№ п/п	Наименование детали	Кол-во	Особенность конструкции и основные характеристики
1	2	3	4
1	Пенал укладочный с крышкой	1	Габаритные размеры не более 430 × 145 × 70 мм
2	Оптическая скамья	1	Длина оптической скамьи не менее 400 мм. Имеет профиль двутавровой балки. На верхней поверхности нанесена шкала с ценой деления 1 мм
3	Источник света	1	Напряжение электропитания источника света 4,5 В
4	Рейтер	3	Имеет запрессованные магниты для крепления к оптической скамье и присоединения оптических элементов
5	Линза собирающая длиннофокусная	1	Фокусное расстояние 90 ± 5 мм; диаметр 32 мм, имеет металлическую оправу
6	Линза собирающая короткофокусная	1	Фокусное расстояние 50 ± 5 мм; диаметр 32 мм, имеет металлическую оправу
7	Линза рассеивающая	1	Фокусное расстояние 50 ± 5 мм; диаметр 32 мм, имеет металлическую оправу
8	Слайд-рамка с дифракционными решётками	1	Имеет две решётки с числом штрихов 100 и 600 на мм. В ГИА не используется
9	Слайд-рамка с диафрагмой с щелями и отверстиями	2	Размер щелей и отверстий в пределах 0,1–0,3 мм
10	Пластина с параллельными гранями	1	Имеет вид трапеции с углами при основании 45° и 60°. Габаритные размеры 60 × 25 × 10 мм. На основании нанесено зеркальное покрытие
11	Подставка	1	Размеры 60 × 40 × 28 мм

1	2	3	4
12	Булавка	4	Используется в опытах по отражению и преломлению света
13	Коврик	1	Размеры поверхности 130 × 130 мм. Толщина 15 мм
14	Провод соединительный	2	Длина не менее 60 см
15	Экран	1	Размер поверхности 100 × 50 мм

3.2. ПРИМЕРЫ ОБРАЗЦОВ ВОЗМОЖНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ

Номер задания раздела 2.1	Границы допустимых значений ответов на задания, выполняемые с оборудованием для сельских школ
1	2
Задание 1. Определение плотности твёрдого тела	
1а. Определите плотность материала бруска	$m = 241 \text{ г}; V = 31 \text{ см}^3;$ $\rho_{\min} = 6,9 \text{ г/см}^3; \rho_{\max} = 8,5 \text{ г/см}^3$
1б. Определить плотность материала цилиндра № 1	$m = 95 \text{ г}; V = 35 \text{ см}^3;$ $\rho_{\min} = 2,5 \text{ г/см}^3; \rho_{\max} = 2,9 \text{ г/см}^3$
1в. Определить плотность материала цилиндра № 2	$m = 272 \text{ г}; V = 32 \text{ см}^3;$ $\rho_{\min} = 7,7 \text{ г/см}^3; \rho_{\max} = 9,2 \text{ г/см}^3$
Задание 2. Определение коэффициента трения скольжения	
2а. Определите коэффициент трения бруска при скольжении по оргалиту	$P = 2,3 \text{ Н}; F_{\text{тр}} = 0,4 \text{ Н};$ $\mu_{\min} = 0,12; \mu_{\max} = 0,22$
2б. Определите коэффициент трения бруска при скольжении по резине	$P = 2,3 \text{ Н}; F_{\text{тр}} = 1,4 \text{ Н};$ $\mu_{\min} = 0,54; \mu_{\max} = 0,66$
Задание 3. Определение коэффициента жёсткости пружины	
3а. Определите жёсткость пружины № 1, используя один груз	$F = 1 \text{ Н}; x = 0,1 \text{ м};$ $k_{\min} = 8,9; k_{\max} = 11,1$
3б. Определите жёсткость пружины № 1, используя два груза	$F = 2 \text{ Н}; x = 0,2 \text{ м};$ $k_{\min} = 9,4; k_{\max} = 10,6$
3в. Определите жёсткость пружины № 2, используя два груза	$F = 2 \text{ Н}; x = 0,11 \text{ м};$ $k_{\min} = 18; k_{\max} = 18,4$
Задание 4. Определение выталкивающей силы, действующей на тело, погружённое в жидкость	
4а. Определите выталкивающую силу, действующую в воде на брусок	$P_{\text{возд}} = 2,3 \text{ Н}; P_{\text{вода}} = 2 \text{ Н};$ $F_{\min} = 0,2 \text{ Н}; F_{\max} = 0,4 \text{ Н}$

1	2
4б. Определите выталкивающую силу, действующую в воде на цилиндр № 1	$P_{\text{возд}} = 0,9 \text{ Н};$ $P_{\text{вода}} = 0,6 \text{ Н};$ $F_{\text{мин}} = 0,2 \text{ Н};$ $F_{\text{макс}} = 0,4 \text{ Н}$
4в. Определите выталкивающую силу, действующую в воде на цилиндр № 2	$P_{\text{возд}} = 2,7 \text{ Н};$ $P_{\text{вода}} = 2,4 \text{ Н};$ $F_{\text{мин}} = 0,2 \text{ Н}$ $F_{\text{макс}} = 0,4 \text{ Н}$
Задание 5. Определение скорости равномерного движения тела в воде	
5а. Определите скорость движения поплавок в прозрачной трубке, установленной вертикально, при перемещении по всей её длине (между первой и четвёртой метками)	$S = 69 \text{ см};$ $t = 23 \text{ с};$ $v_{\text{мин}} = 2,9 \text{ см/с};$ $v_{\text{макс}} = 3,1 \text{ см/с}$
5б. Определите скорость движения поплавок в прозрачной трубке, установленной вертикально, при перемещении между первой и третьей метками	$S = 46 \text{ см};$ $t = 15,2 \text{ с};$ $v_{\text{мин}} = 2,9 \text{ см/с};$ $v_{\text{макс}} = 3,1 \text{ см/с}$
5в. Определите скорость движения поплавок в прозрачной трубке, установленной вертикально, при перемещении между второй и четвёртой метками	$S = 46 \text{ см};$ $t = 15,2 \text{ с};$ $v_{\text{мин}} = 2,9 \text{ см/с};$ $v_{\text{макс}} = 3,1 \text{ см/с}$
Задание 6. Определение средней скорости движения шарика по наклонному жёлобу	
6а. Придайте жёлобу наклонное положение, установив упор точно под одним из его концов. Измерьте среднюю скорость движения шарика на пути 45 см	$S = 45 \text{ см};$ $t_{\text{cp}} = 4,8 \text{ с};$ $v_{\text{мин}} = 9 \text{ см/с};$ $v_{\text{макс}} = 11 \text{ см/с}$
6б. Придайте жёлобу наклонное положение, установив упор точно под одним из его концов. Измерьте среднюю скорость движения шарика на пути 35 см	$S = 35 \text{ см};$ $t_{\text{cp}} = 4 \text{ с};$ $v_{\text{мин}} = 8 \text{ см/с};$ $v_{\text{макс}} = 10 \text{ см/с}$
6в. Придайте жёлобу наклонное положение, установив упор на удалении 10 см от одного из его концов. Измерьте среднюю скорость движения шарика на пути 45 см	$S = 45 \text{ см};$ $t_{\text{cp}} = 3,9 \text{ с};$ $v_{\text{мин}} = 11 \text{ см/с};$ $v_{\text{макс}} = 12 \text{ см/с}$
Задание 7. Определение ускорения тела при равноускоренном движении по наклонному жёлобу	
7а. Придайте жёлобу наклонное положение, установив упор точно под одним из его концов. Измерьте ускорение движения шарика на пути 45 см	$S = 45 \text{ см};$ $t_{\text{cp}} = 4,8 \text{ с};$ $a_{\text{мин}} = 3,6 \text{ см/с}^2;$ $a_{\text{макс}} = 4,6 \text{ см/с}^2$
7б. Придайте жёлобу наклонное положение, установив упор точно под одним из его концов. Измерьте ускорение шарика на пути 35 см	$S = 35 \text{ см};$ $t_{\text{cp}} = 4 \text{ с};$ $a_{\text{мин}} = 4 \text{ см/с}^2;$ $a_{\text{макс}} = 4,8 \text{ см/с}^2$
7в. Придайте жёлобу наклонное положение, установив упор на удалении 10 см от одного из его концов. Измерьте ускорение шарика на пути 45 см	$S = 45 \text{ см};$ $t_{\text{cp}} = 3,9 \text{ с};$ $a_{\text{мин}} = 5,6 \text{ см/с}^2;$ $a_{\text{макс}} = 6,2 \text{ см/с}^2$

1	2
<p>Задание 8. Определение работы силы трения при равномерном движении тела по горизонтальной поверхности</p> <p>8а. Определите работу силы трения при равномерном перемещении бруска с одним грузом по резиновой поверхности на расстояние 25 см</p> <p>8б. Определите работу силы трения при равномерном перемещении бруска с двумя грузами по резиновой поверхности на расстояние 25 см</p> <p>8в. Определите работу силы трения при равномерном перемещении бруска с одним грузом по резиновой поверхности на расстояние 35 см</p>	$F = 2,5 \text{ Н}; \quad S = 0,25 \text{ м};$ $A_{\min} = 0,5 \text{ Дж}; \quad A_{\max} = 0,7 \text{ Дж}$ $F = 3,3 \text{ Н}; \quad S = 0,25 \text{ м};$ $A_{\min} = 0,7 \text{ Дж}; \quad A_{\max} = 0,9 \text{ Дж}$ $F = 2,5 \text{ Н}; \quad S = 0,35 \text{ м};$ $A_{\min} = 0,7 \text{ Дж}; \quad A_{\max} = 1 \text{ Дж}$
<p>Задание 9. Определение работы силы упругости при подъёме груза с использованием неподвижного блока</p> <p>9а. Определите работу, совершаемую при подъёме бруска на высоту 40 см с помощью неподвижного блока</p> <p>9б. Определите работу, совершаемую при подъёме цилиндра № 2 на высоту 35 см с помощью неподвижного блока</p>	$F = 2,3 \text{ Н}; \quad S = 0,4 \text{ м};$ $A_{\min} = 0,8 \text{ Дж}; \quad A_{\max} = 1 \text{ Дж}$ $F = 2,7 \text{ Н}; \quad S = 0,35 \text{ м};$ $A_{\min} = 0,9 \text{ Дж}; \quad A_{\max} = 1,1 \text{ Дж}$
<p>Задание 10. Определение работы силы упругости при подъёме груза с использованием подвижного блока</p> <p>10а. Определите работу, совершаемую при подъёме бруска на высоту 40 см с помощью подвижного блока</p> <p>10б. Определите работу, совершаемую при подъёме цилиндра № 2 на высоту 35 см с помощью подвижного блока</p>	$F = 2,3 \text{ Н}; \quad S = 0,4 \text{ м};$ $A_{\min} = 0,8 \text{ Дж}; \quad A_{\max} = 1 \text{ Дж}$ $F = 2,7 \text{ Н}; \quad S = 0,35 \text{ м};$ $A_{\min} = 0,9 \text{ Дж}; \quad A_{\max} = 1,1 \text{ Дж}$
<p>Задание 11. Определение момента силы, действующего на рычаг</p> <p>11а. Два груза подвесьте на расстоянии 10 см слева от оси вращения рычага. Измерьте момент силы, который необходимо приложить к правому концу рычага для того, чтобы он оставался в равновесии в горизонтальном положении</p> <p>11б. Два груза подвесьте на расстоянии 5 см слева от оси вращения рычага. Измерьте момент силы, который необходимо приложить к правому концу рычага для того, чтобы он оставался в равновесии в горизонтальном положении</p>	$F = 2 \text{ Н}; \quad L = 0,1 \text{ м};$ $M_{\min} = 0,18 \text{ Нм}; \quad M_{\max} = 0,22 \text{ Нм}$ $F = 2 \text{ Н}; \quad L = 0,05 \text{ м};$ $M_{\min} = 0,09 \text{ Нм}; \quad M_{\max} = 0,11 \text{ Нм}$
<p>Задание 12. Определение частоты колебаний математического маятника</p> <p>12а. Подвесьте груз на нити длиной 40 см, измерьте время, за которое он совершит 30 полных колебаний, и определите их частоту</p>	$N = 30; \quad t = 39 \text{ с};$ $\nu_{\min} = 0,7 \text{ Гц}; \quad \nu_{\max} = 0,8 \text{ Гц}$

1	2
<p>126. Подвесьте груз на нити длиной 30 см, измерьте время, за которое он совершит 40 полных колебаний, и определите их частоту</p>	$N = 20;$ $t = 29 \text{ с};$ $\nu_{\min} = 0,6 \text{ Гц};$ $\nu_{\max} = 0,7 \text{ Гц}$
<p>Задание 13. Определение частоты колебаний пружинного маятника 13а. Подвесьте к пружине № 1 два груза, измерьте время, за которое они совершат 30 полных колебаний, и определите частоту колебаний</p>	$N = 30;$ $t = 20 \text{ с};$ $\nu_{\min} = 1,4 \text{ Гц};$ $\nu_{\max} = 1,6 \text{ Гц}$
<p>13б. Подвесьте к пружине № 2 два груза, измерьте время, за которое они совершат 30 полных колебаний, и определите частоту колебаний</p>	$N = 30;$ $t = 27 \text{ с};$ $\nu_{\min} = 1 \text{ Гц};$ $\nu_{\max} = 1,2 \text{ Гц}$
<p>Задание 17. Определение сопротивления резистора с помощью амперметра и вольтметра 17а. Соберите электрическую цепь, содержащую источник тока, амперметр, вольтметр и резистор R_1. Определите по показаниям измерительных приборов значение сопротивления резистора</p>	$I = 0,7 \text{ А};$ $U = 3,7 \text{ В};$ $R_{\min} = 4,8 \text{ Ом};$ $R_{\max} = 5,8 \text{ Ом}$
<p>17б. Соберите электрическую цепь, содержащую источник тока, амперметр, вольтметр и резистор R_2. Определите по показаниям измерительных приборов значение сопротивления резистора</p>	$I = 0,35 \text{ А};$ $U = 4 \text{ В}$ $R_{\min} = 9 \text{ Ом};$ $R_{\max} = 12 \text{ Ом}$
<p>17в. Соберите электрическую цепь, содержащую источник тока, амперметр, вольтметр и реостат. Движок реостата установите в положение, при котором вся его обмотка включена в цепь. Определите по показаниям приборов, какую работу совершит электрический ток в реостате за 1 мин.</p>	$I = 0,35 \text{ А};$ $U = 4 \text{ В};$ $R_{\min} = 9 \text{ Ом};$ $R_{\max} = 12 \text{ Ом}$
<p>Задание 18. Определение мощности электрического тока, выделяющейся на резисторе 18а. Соберите электрическую цепь, содержащую источник тока, амперметр, вольтметр и резистор R_1. Определите по показаниям приборов мощность электрического тока, выделяющуюся на резисторе R_1</p>	$I = 0,7 \text{ А};$ $U = 3,7 \text{ В};$ $P_{\min} = 2,3 \text{ Вт};$ $P_{\max} = 2,8 \text{ Вт}$
<p>18б. Соберите электрическую цепь, содержащую источник тока, амперметр, вольтметр и реостат. Движок реостата установите в положение, при котором вся его обмотка включена в цепь. Определите по показаниям приборов, какую работу совершит электрический ток в реостате за 1 мин</p>	$I = 0,35 \text{ А};$ $U = 4 \text{ В};$ $P_{\min} = 1,2 \text{ Вт};$ $P_{\max} = 1,6 \text{ Вт}$
<p>18в. Соберите электрическую цепь, содержащую источник тока, амперметр, вольтметр и резистор R_2. Определите по показаниям приборов мощность электрического тока, выделяющуюся на резисторе R_2</p>	$I = 0,35 \text{ А};$ $U = 4 \text{ В};$ $P_{\min} = 1,2 \text{ Вт};$ $P_{\max} = 1,6 \text{ Вт}$

1	2
<p>Задание 19. Определение работы электрического тока</p> <p>19а. Соберите электрическую цепь, содержащую источник тока, амперметр, вольтметр и резистор R_1. Определите по показаниям приборов, какую работу совершит электрический ток в резисторе за 1 мин</p> <p>19б. Соберите электрическую цепь, содержащую источник тока, амперметр, вольтметр и резистор R_2. Определите по показаниям приборов, какую работу совершит электрический ток в резисторе за 1 мин</p> <p>19в. Соберите электрическую цепь, содержащую источник тока, амперметр, вольтметр и реостат. Движок реостата установите в положение, при котором вся его обмотка включена в цепь. Определите по показаниям приборов, какую работу совершит электрический ток в реостате за 1 мин</p>	$I = 0,7 \text{ А}; \quad U = 3,7 \text{ В};$ $A_{\min} = 138 \text{ Дж}; \quad A_{\max} = 168 \text{ Дж}$ $I = 0,35 \text{ А}; \quad U = 4 \text{ В};$ $A_{\min} = 72 \text{ Дж}; \quad A_{\max} = 96 \text{ Дж}$ $I = 0,35 \text{ А}; \quad U = 4 \text{ В};$ $A_{\min} = 72 \text{ Дж}; \quad A_{\max} = 96 \text{ Дж}$
<p>Задание 20. Определение оптической силы собирающей линзы</p> <p>20а. Получите на экране с помощью линзы L_1 изображение удалённого источника света. Определите оптическую силу линзы L_1</p> <p>20б. Получите на экране с помощью линзы L_2 изображение удалённого источника света. Определите оптическую силу линзы L_2</p>	$F = 50 \text{ мм};$ $D_{\min} = 22 \text{ дптр}; \quad D_{\max} = 18 \text{ дптр}$ $F = 90 \text{ мм};$ $D_{\min} = 12 \text{ дптр}; \quad D_{\max} = 10 \text{ дптр}$

4. СПОСОБЫ ОЦЕНКИ ИНТЕРВАЛОВ ВОЗМОЖНЫХ ЗНАЧЕНИЙ

В этом разделе приведены примеры методик определения интервалов возможных значений в различных экспериментах, результаты которых представлены в пособии и могут быть проведены с комплектом оборудования «ГИА-лаборатория». Эти методики необходимо применять и при использовании какого-либо оборудования с другими характеристиками по сравнению с оборудованием «ГИА-лаборатория».

В этом случае перед экзаменом необходимо внести изменения в материалы для экспертов, которые отражали бы новые характеристики оборудования, и рассчитать интервал достоверных значений, на основании которого определяется качество выполнения задания учащимися.

Эти методики основываются на теории погрешностей с использованием метода границ, метода границ погрешностей, при исследовании механических явлений — теории случайных погрешностей¹. При построении графиков по результатам экспериментальных данных используется метод наименьших квадратов.

Расчёты случайных погрешностей и параметров графиков, построенных в соответствии с методом наименьших квадратов, удобно проводить с использованием калькулятора FX-82ES, который входит в наборы по механике и электричеству комплекта «ГИА-лаборатория».

¹ Никифоров Г. Г. Погрешности измерений при выполнении лабораторных работ по физике. М.: ДРОФА, 2004, 2007.

4.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ИНТЕРВАЛА ВОЗМОЖНЫХ ЗНАЧЕНИЙ С УЧЁТОМ СЛУЧАЙНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ

Используются следующие два основных положения теории случайных погрешностей.

Граница случайной погрешности *любого* результата серии измерений, проведённых в неизменных условиях, рассчитывается по формуле: $\Delta x_{\text{случ}} = \sigma \cdot S$. Здесь σ — средняя квадратичная погрешность, S — коэффициент Стьюдента, зависящий от числа опытов и надёжности предсказаний. Значения S для надёжности 0,99 приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Число опытов n	5	7	8	10	15
Значение S	4,6	3,7	3,5	3,2	3,0

Граница случайной погрешности *среднего результата* убывает обратно пропорционально корню квадратному из числа опытов, по результатам которых вычислено среднее

$$\Delta x_{\text{случ}} = \frac{\sigma \cdot S}{\sqrt{n}}$$

Пример: движение бруска по наклонной плоскости (см. рис. 2.1.22; 2.1.23 в разделе 2.1, задание 7).

Исходные данные:

угол $\alpha = 30^\circ$;

брусок, $m = (50 \pm 1)$ г;

первый датчик в точке «50 мм» направляющей;

второй датчик последовательно: 450; 550; 650; 750 (мм);

$l = 400, 500, 600, 700$ (мм).

4.1.1. Оценка границ случайных погрешностей измерения времени движения приведена в таблице 4.2, строка 4.

Таблица 4.2

№	Путь l , мм	1	2	3	4
		400	500	600	700
1	Время движения каретки из состояния покоя, с	0,470	0,535	0,569	0,651
		0,468	0,535	0,577	0,637
		0,483	0,533	0,598	0,643
		0,481	0,526	0,575	0,620
		0,475	0,533	0,590	0,626
2	$t_{\text{ср}}$, с	0,475	0,532	0,582	0,635
3	σ , с	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^{-3}$	0,010	0,01
4	σS	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	0,05	0,05

4.1.2. Для построения графиков по результатам измерений используется метод наименьших квадратов. При известной функции, которая исследуется в соответствии с этим методом, подбираются значения параметров функции так, что расстояния от экспериментальных точек до точек функции принимают наименьшее значение. Для нахождения уравнения прямой $l(t^2)$ необходимо возвести $t_{\text{ср}}$ в квадрат (таблица 4.3).

1	$t_{\text{cp}}^2, \text{c}^2$	0,225	0,283	0,339	0,403	0,455
2	Δ, c^2	0,01	0,007=0,01	0,023=0,02	0,025	0,01

Уравнение прямой $l(t^2)$ в соответствии с методом наименьших квадратов будет иметь вид: $l = A + B(t^2) = 2,6 \cdot 10^{-3} (\text{м}) + 1,75 (\text{м}/\text{с}^2) \cdot t^2$. Значением A можно пренебречь.

Таким образом, ускорение движения $a = 2 \cdot 1,75 (\text{м}/\text{с}^2) = 3,5 \text{ м}/\text{с}^2$.

Для построения прямой $l = B(t^2) = 1,75t^2$ выбираем любой момент времени, например $t_{\text{cp}}^2 = 0,5$. Тогда $l = 0,875 (\text{м})$.

Через точку $[0,5; 0,875]$ и начало координат проводим прямую (см. рис. 4.1).

4.1.3. Оценка интервала возможных значений времени движения.

Прежде всего необходимо рассчитать границы абсолютной погрешности квадрата среднего значения.

Сначала находится относительная погрешность $\varepsilon_{t_{\text{cp}}} = \frac{\sigma}{t_{\text{cp}}}$; затем — относительная погрешность квадрата t_{cp}^2 , эта величина равна $2 \cdot \varepsilon_{t_{\text{cp}}}$.

Абсолютная погрешность квадрата среднего равна $2\varepsilon_{t_{\text{cp}}} \cdot t_{\text{cp}}^2$.

Определим границу абсолютной погрешности квадрата среднего Δ . Для этого необходимо увеличить $(2\varepsilon_{t_{\text{cp}}} \cdot t_{\text{cp}}^2)$ в $S = 4,6$ и уменьшить в $\sqrt{n} = \sqrt{5}$. Итак: $\Delta = \frac{\sigma}{t_{\text{cp}}} \cdot 2 \cdot t_{\text{cp}}^2 \cdot \frac{4,6}{\sqrt{5}}$. Именно эти интервалы обозначены на плоскости $[l, t_{\text{cp}}^2]$ (см. рис. 4.1).

Для нахождения границ интервалов, в которых могут оказаться значения ускорений и квадратов измеренных значений времени, можно поступить следующим образом.

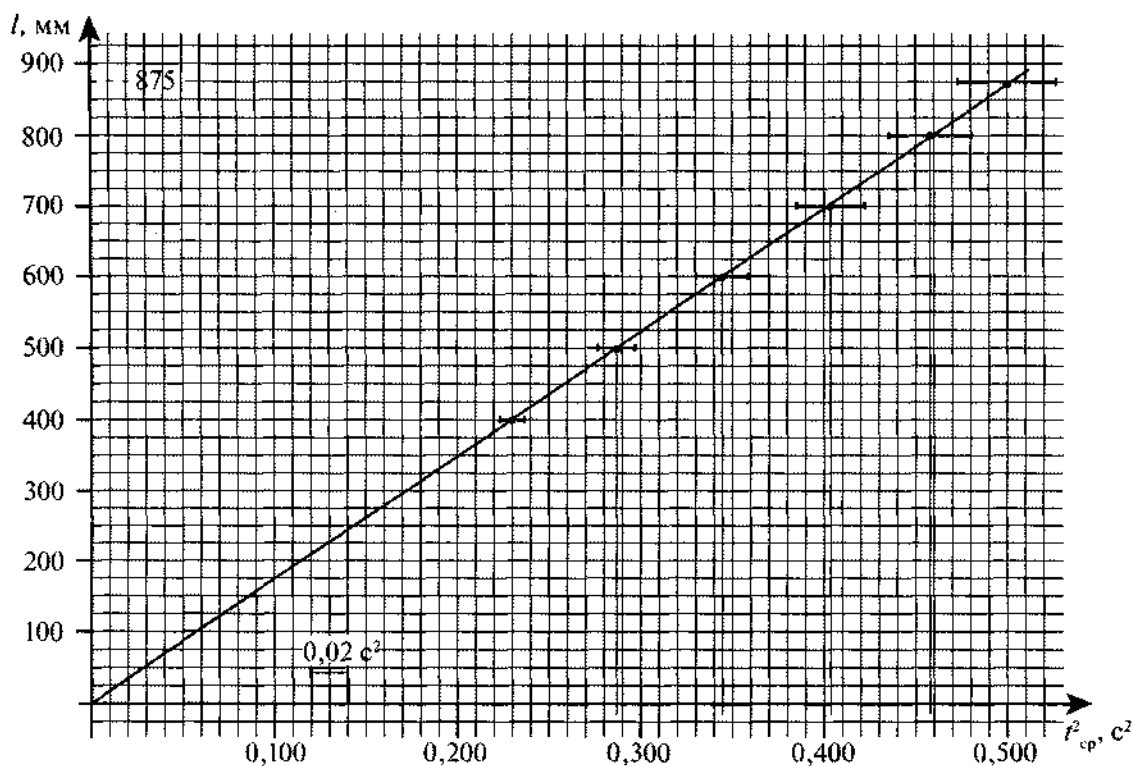


Рис. 4.1

По известным значениям t_{cp}^2 и его границ погрешностей (Δ) определяем нижнюю границу (НГ) и верхнюю границу (ВГ) квадрата среднего: НГ (t_{cp}^2) и ВГ (t_{cp}^2). (Подробнее о методе границ см. п. 4.) Получаем следующие данные (таблица 4.4).

Таблица 4.4

1	$l, \text{ м}$	0	400	500	600	700	800
2	$\text{НГ}(t_{cp}^2) = t_{cp}^2 - \Delta$	0	0,215	0,273	0,315	0,375	0,445
3	$\text{ВГ}(t_{cp}^2) = t_{cp}^2 + \Delta$	0	0,235	0,293	0,359	0,425	0,465

По этим данным, пользуясь методом наименьших квадратов, можно получить уравнения прямых. Данные, приведённые в строках 1 и 2 таблицы 4.3, дадут следующее уравнение: $l = V_1 t_{cp}^2 = 1,83 t_{cp}^2$ (см. прямую I на графике — рис. 4.2).

Верхняя граница возможных значений ускорений, следовательно, равна:

$$\text{ВГ}(a) = 2V_1 = 3,66 \text{ м/с}^2 = 3,7 \text{ м/с}^2.$$

По данным, приведённым в строках 1 и 3 таблицы 4.4, получим следующее уравнение:

$$l = V_{II} t_{cp}^2 = 1,69 t_{cp}^2 \text{ (см. прямую II на графике — рис. 4.2).}$$

Нижняя граница возможных значений ускорений, следовательно, равна:

$$\text{НГ}(a) = 2V_{II} = 3,4 \text{ м/с}^2.$$

Квадраты измеренных значений моментов времени для датчиков, расположенных во второй половине направляющей, ограничиваются прямыми I и II (рис. 4.2).

4.2. УЧЁТ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ

При разработке оборудования «ГИА-лаборатория» приняты меры к тому, чтобы можно было пренебречь *систематическими* погрешностями. Проиллюстрируем сказанное примером. Именно с этой целью второй датчик в рассмотренном примере устанавливается на расстояниях, больших 400 мм от начала направляющей, только тогда можно пренебречь временем прохождения бруском первого сантиметра пути (см. рис. 2.1.22) по сравнению со случайным разбросом измеренных промежутков времени. Другими словами, можно пренебречь систематической погрешностью по сравнению со случайной.

4.3. МЕТОД ГРАНИЦ ПОГРЕШНОСТЕЙ

Применённый выше способ нахождения относительной погрешности квадрата времени называется *методом границ погрешностей*. Сущность его состоит в том, что формула для оценки относительной погрешности результата косвенного измерения однозначно определяется функцией, которая связывает косвенно измеряемую величину с исходными величинами. Например, если

$$f = \frac{Ax^m y^n}{z}, \text{ то } \varepsilon_f = m\varepsilon_x + n\varepsilon_y + k\varepsilon_z.$$

4.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕРВАЛА ВОЗМОЖНЫХ ЗНАЧЕНИЙ МЕТОДОМ ГРАНИЦ

Пусть косвенно измеряемая величина связана с непосредственно измеряемыми величинами некоторой функции и известны абсолютные погрешности прямых измерений всех исходных величин. В этом случае легко можно найти границы интервала, в котором находится истинное значение искомой в процессе косвенных измерений величины.

Опираясь на свойства функции и погрешности прямых измерений, находят наименьшее значение функции (нижняя граница — НГ интервала возможных значений) и наибольшее значение функции (верхняя граница — ВГ).

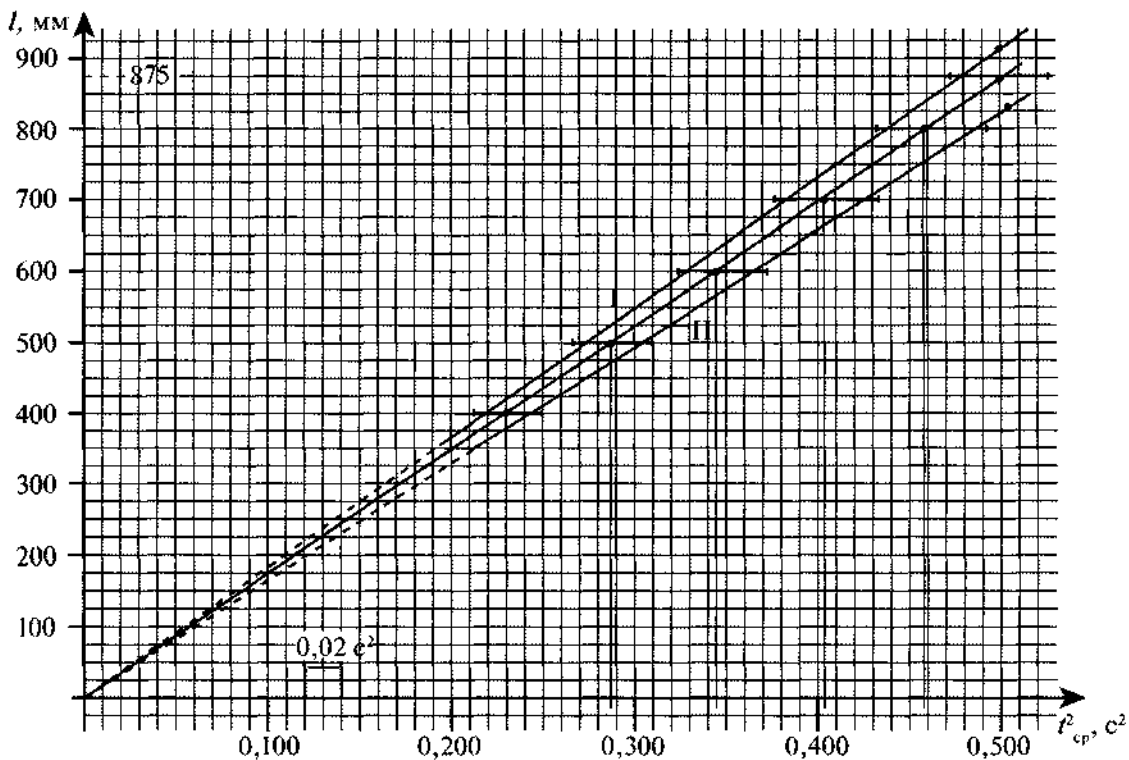


Рис. 4.2

Пример: определение количества теплоты (раздел 2.1, задание 15).

Исходные данные:

температура холодной воды $t_{\text{хол.воды}} = 23 \text{ }^\circ\text{C}$;

масса холодной воды $m_{\text{хол.воды}} = 70 \text{ г} = 0,070 \text{ кг}$;

температура, установившаяся в калориметре, $t_0 = 36 \text{ }^\circ\text{C}$;

температура цилиндра $t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$;

масса цилиндра $m_{\text{Al}} = 0,070 \text{ кг}$;

масса внутреннего стакана калориметра $m_{\text{калор}} = 0,026 \text{ кг}$.

Результаты:

Количество теплоты, полученное водой:

$$Q_{\text{хол.воды}} = 0,070 \cdot 13 \cdot 4200 \text{ (Дж)} = 3822 \text{ (Дж)}.$$

Количество теплоты, отданное цилиндром:

$$Q_{\text{цил}} = 0,070 \cdot 64 \cdot 920 \text{ (Дж)} = 4122 \text{ (Дж)}.$$

Количество теплоты, полученное калориметром:

$$Q_{\text{калор}} = 0,026 \cdot 13 \cdot 920 \text{ (Дж)} = 311 \text{ (Дж)}.$$

С учётом погрешностей параметры и результаты могут быть записаны следующим образом:

$$t_{\text{хол.воды}} = (23 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}; t_0 = (36 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}; t = (98 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C};$$

$$m_{\text{Al}} = (70 \pm 1) \text{ г}; m_{\text{калор}} = (21 \pm 1) \text{ г}; m_{\text{хол.воды}} = (70 \pm 1) \text{ г}.$$

(В погрешность измерения масс включён разброс, гарантированный изготовителем.)

$$C_0 = (4200 \pm 100) \text{ Дж/(кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}; C_{\text{Al}} = (920 \pm 10) \text{ Дж/(кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}.$$

Разность температур $\Delta t = (t_0 - t_{\text{хол.воды}}) = (13 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$. (При вычитании погрешности складываются.)

Наибольшая погрешность вносится величиной изменения температуры:

$$\varepsilon_{\Delta t} = \frac{2}{13} \cdot 100\% = 15\%.$$

Интервал возможных значений рассчитывается методом границ.

Например, для количества теплоты, полученного водой:

$$\text{НГ } (Q_{\text{хол. воды}}) = (0,070 - 1) \cdot (13 - 2) \cdot (4200 - 100) = 3100 \text{ Дж.}$$

$$\text{ВГ } (Q_{\text{хол. воды}}) = (0,070 + 1) \cdot (13 + 2) \cdot (4200 + 100) = 4600 \text{ Дж.}$$

4.5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВОЙСТВ И ХАРАКТЕРИСТИК СТАНДАРТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ИНТЕРВАЛОВ ВОЗМОЖНЫХ ЗНАЧЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ НАБОРА «ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ»)

4.5.1. Метрологические свойства электроизмерительных приборов приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5

Название	Пределы измерений	Цена деления C	Границы погрешности	
			Основной	Прямого измерения величины
Вольтметр	1—0—3, В	0,1 В	0,1 В	0,15 В
	2—0—6, В	0,2 В	0,2 В	0,3 В
Амперметр	1—0—3, А	0,1 А	0,1 А	0,15 А
	0,2—0—0,6, А	0,02 А	0,02 А	0,03 А
Миллиамперметр	60—0—60, мА	2 мА	3 мА	0,15 мА
	6—0—6, мА	0,2 мА	0,05 мА	0,2 мА

Класс точности всех приборов равен $\gamma = 2,5$. С учётом того, что класс точности определяет основную погрешность прибора в % от предела измерения, и заполнен соответствующий столбик таблицы.

Погрешность прямого измерения, как известно, равна сумме основной погрешности прибора и погрешности отсчёта, равной половине цены деления. С учётом этого заполнен последний столбик таблицы 4.6.

Приведённые в таблице сведения позволяют в некоторых случаях контролировать достоверность прямых измерений, проведённых учащимися.

В таблице 4.6 приведены данные для измеренных значений напряжений при последовательном соединении резисторов R_1 и R_2 .

$$R_1 = (1,0 \pm 0,2) \text{ Ом}; R_2 = (2,2 \pm 0,2) \text{ Ом.}$$

Таблица 4.6

$(I \pm 0,15) \text{ А}$	0,28	0,40	0,60
$(U_1 \pm 0,15) \text{ В}$	1,30	1,90	2,85
$(U_2 \pm 0,15) \text{ В}$	0,60	0,90	1,40
$(U_{1,2} \pm 0,3) \text{ В}$	1,2	2,6	3,25
$[(U_1 + U_2) \pm 0,30] \text{ В}$	1,2	2,6	3,2

$(R_1 + R_2) = \frac{U_{12}}{I}$ Ом	3,0	3,25	3,25
$\varepsilon_{R_1 + R_2} = \varepsilon_{U_{1,2}} + \varepsilon_I, \%$	60	30	25
$\Delta(R_1 + R_2),$ Ом	1,8	1,0	0,80
Сумма номинальных значений $(R_1 + R_2),$ Ом	$(1,0 \pm 0,2) + (2,2 \pm 0,2) = 3,2 \pm 0,4$		

4.5.2. Номинальные значения резисторов, входящих в набор, и их характеристики приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7

Резисторы для сборки электрических цепей

Маркировка	R1	R2	R3	R4	R5
Сопротивление, Ом	$1,0 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,2$	$4,7 \pm 0,3$	$5,6 \pm 0,3$	$8,2 \pm 0,5$
Мощность рассеяния, Вт	5	5	10	5	5
Максимальный ток, А	2,2	1,5	1,4	0,9 (допустим ток 1 А)	0,8 (допустим ток 1 А)

Границы возможных значений сопротивления резистора, которые может получить ученик, больше, чем интервал номинальных значений, заданных производителем резисторов.

Действительно, производители резисторов гарантируют, что в «ГИА-лаборатории» среди резисторов, например R1, нет таких, сопротивления которых выходят за пределы $(1,0 \pm 0,2)$ Ом. Следовательно, ученику может попасться резистор и с сопротивлением 0,9 Ом, и с сопротивлением 1,1 Ом.

Учёт метрологических свойств приборов позволяет оценить границы интервала возможных значений.

Приведём в таблице 4.8 данные по совместным измерениям силы тока и напряжения для резистора R1.

Таблица 4.8

	1	2	3	4	5
$I, \text{ А}$	$0,40 \pm 0,03$	$0,60 \pm 0,03$	$1,00 \pm 0,15$	$1,30 \pm 0,15$	$1,50 \pm 0,15$
$(U \pm 0,15), \text{ В}$	0,40	0,60	1,05	1,40	1,60
$\frac{U_i}{I_i} = R_p, \text{ Ом}$	1	1	1,05	1,08	1,7
$\varepsilon_p, \%$	45	30	30	22	20
$\Delta R_p, \text{ Ом}$	0,45	0,30	0,30	0,22	0,20

При выполнении измерений с погрешностью, например, $\varepsilon = 0,2$ получаем: $\Delta R_1 = 0,2 \cdot 0,9 = 0,18$ (Ом) и $\Delta R_2 = 0,2 \cdot 1,1 = 0,22$ (Ом). Итак, интервал возможных значений сопротивления для R1 имеет вид:

$$0,90 - 0,18 < R_1 < 1,1 + 0,2 \text{ или } 0,78 < R_1 < 1,30 \text{ (рис. 4.3).}$$

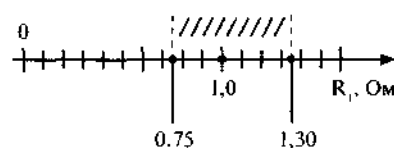


Рис. 4.3

4.5.3. Контроль возможных значений силы тока и напряжения позволяет провести вольт-амперная характеристика резисторов.

Такая характеристика, определённая методом наименьших квадратов для резистора R_1 , может быть определена по данным таблицы 4.6.

$$I = A + BU; A = 0,021 \text{ (А)}; B = 0,92; R = \frac{1}{B} = 1,080 = 1,1 \text{ (Ом)}.$$

$$I = 0,92U; (R_1)_{cp} = 1,04 \text{ (Ом)}.$$

Вольт-амперная характеристика для R_1 приведена на рисунке 4.4.

Ниже приведены вольт-амперные характеристики резисторов R_2 (рис. 4.5), R_3 (рис. 4.6), R_4 (рис. 4.7), R_5 (рис. 4.8).

Для контроля силы тока, протекающего через лампочки при соответствующих напряжениях, приведены их вольт-амперные характеристики.

ЛАМПОЧКИ

1) Лампочка с номинальными значениями: $U_0 = 4,8 \text{ В}$; $I_0 = 0,5 \text{ А}$.

2) Лампочка автомобильная: $U_0 = 12 \text{ В}$; $P_0 = 21 \text{ Вт}$.

Вольт-амперные характеристики лампочек (рис. 4.9) и данные для их построения представлены ниже:

1. Параметры лампочки: 4,8 В, 0,5 А										
$I, \text{ А}$	0,2	0,24	0,28	0,32	0,35	0,38	0,4	0,42	0,45	0,46
$U, \text{ В}$	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5

2. Параметры лампочки: 12 В, 21 Вт									
$I, \text{ А}$	0,2	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,05	
$U, \text{ В}$	0,2	0,5	1,5	2	2,5	3	4	5	

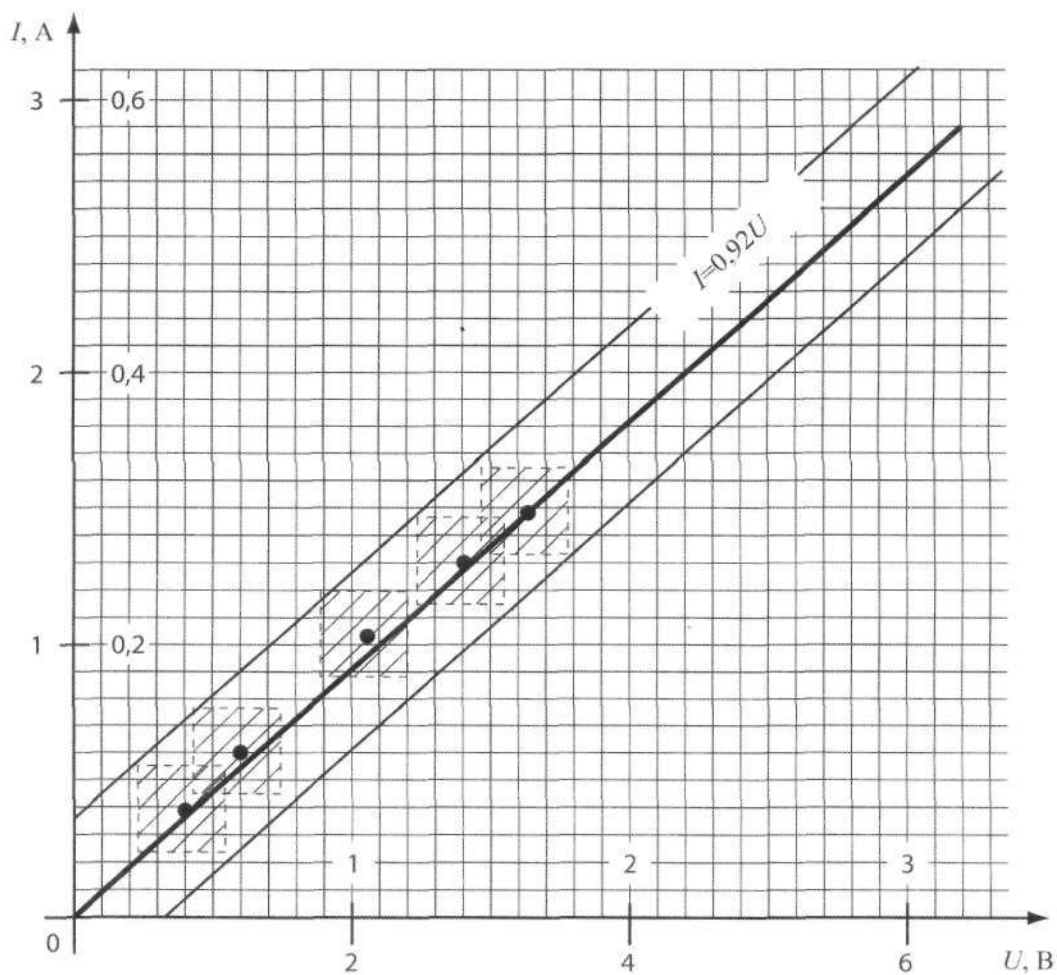


Рис. 4.4. Вольт-амперная характеристика R_1 .

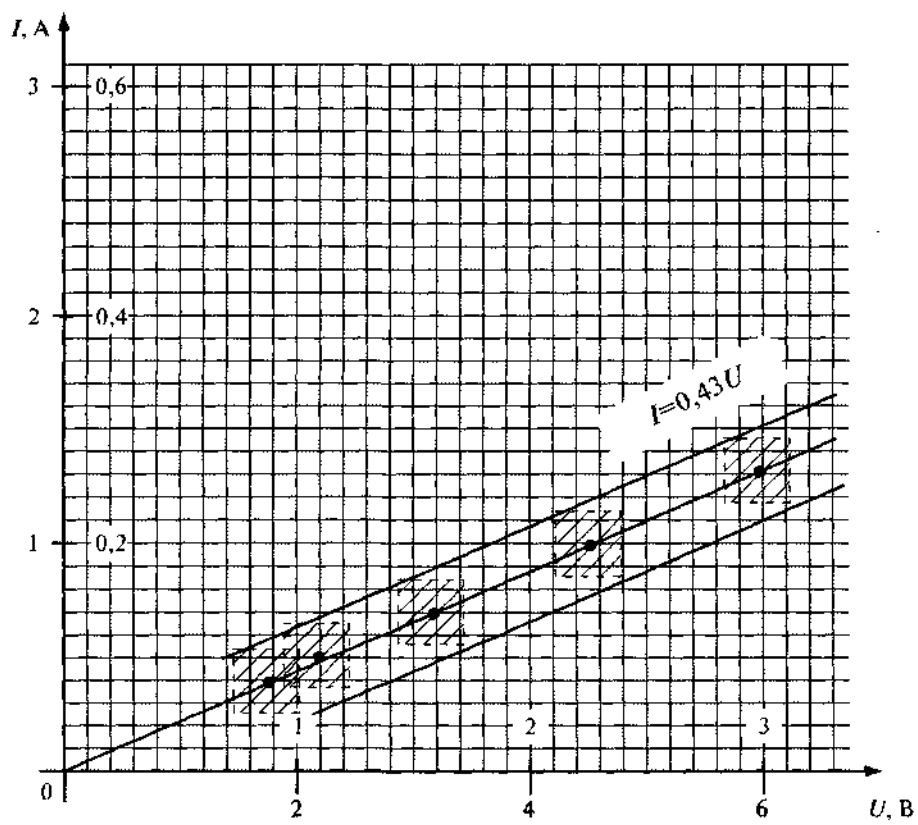


Рис. 4.5.
Вольт-амперная
характеристика R2.

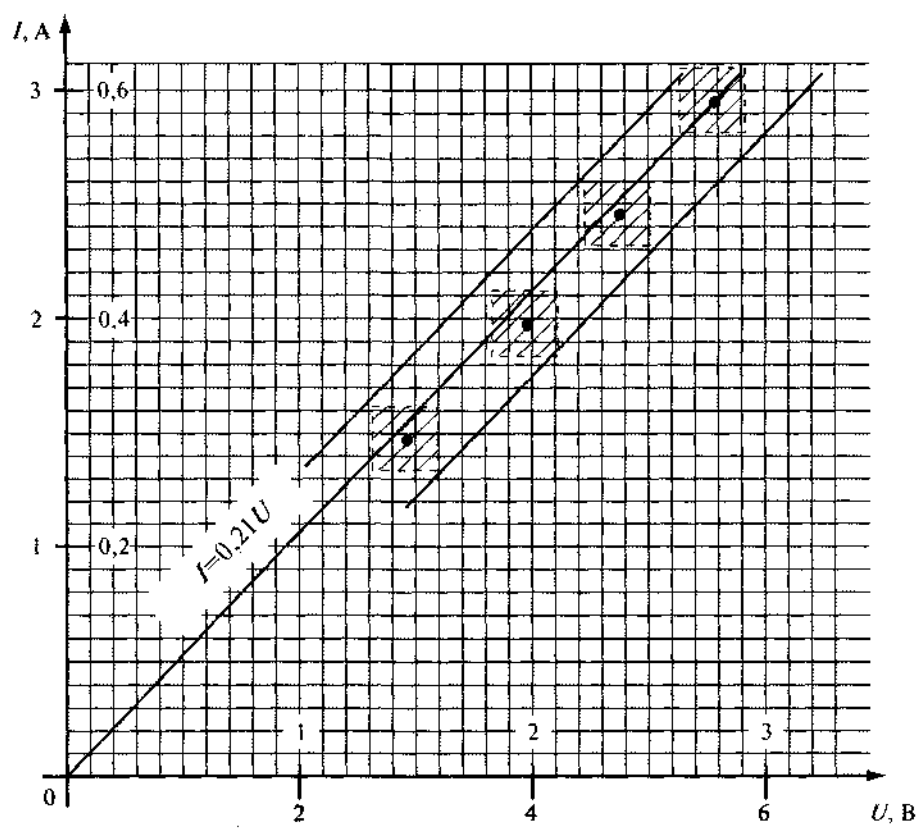


Рис. 4.6
Вольт-амперная
характеристика R3.

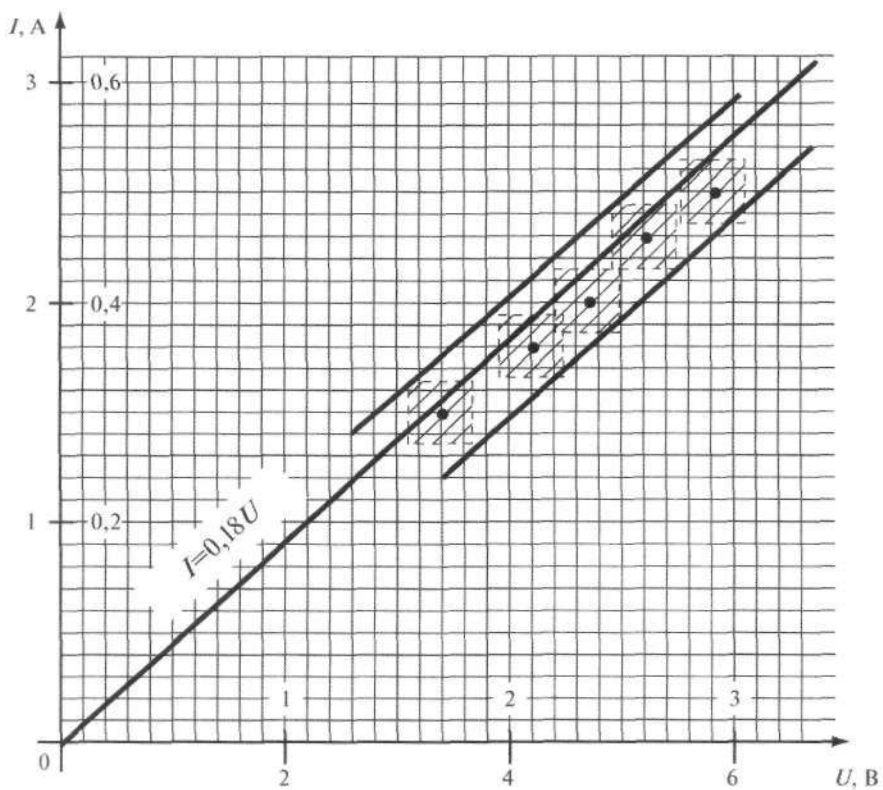


Рис. 4.7
Вольт-амперная
характеристика R4.

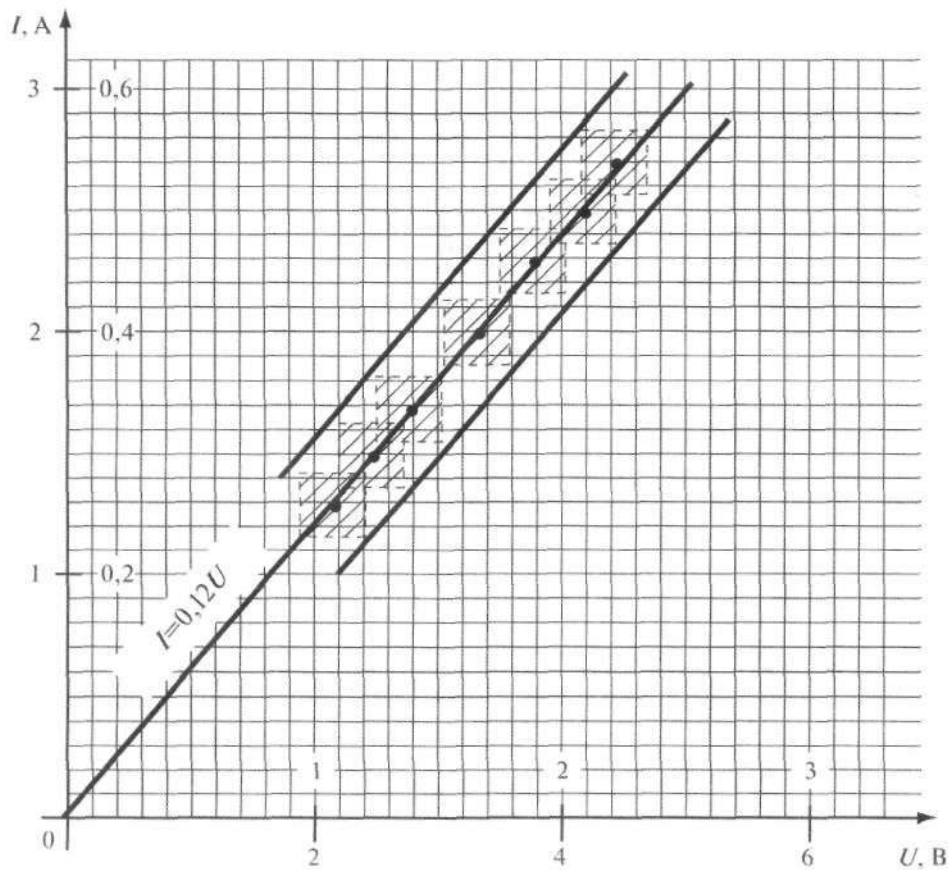


Рис. 4.8
Вольт-амперная
характеристика R5.

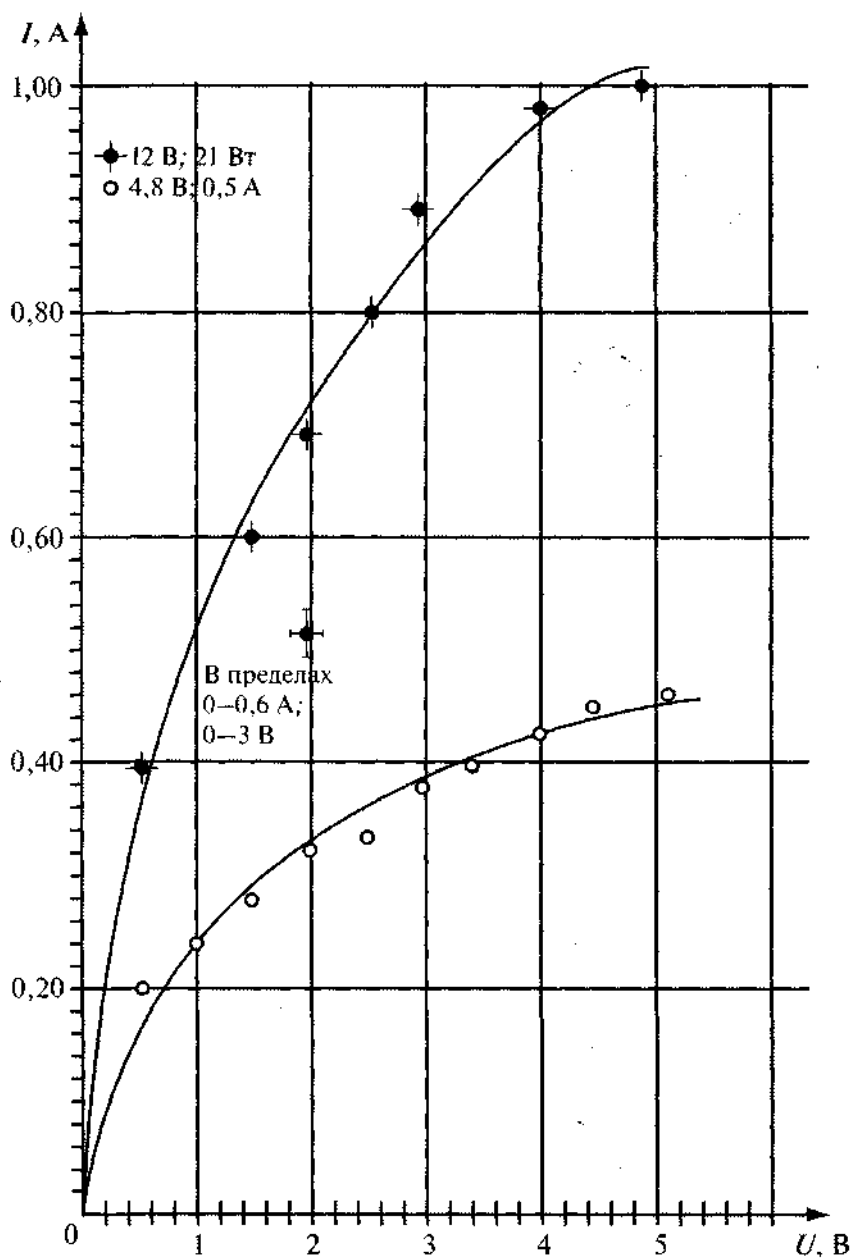


Рис. 4.9. Вольт-амперные характеристики лампочек.

4.6. ТАБЛИЧНАЯ И ГРАФИЧЕСКАЯ ФОРМЫ КОНТРОЛЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ (НА ПРИМЕРЕ НАБОРА «ОПТИЧЕСКИЕ И КВАНТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ»)

4.6.1. Исследования преломления света в полуцилиндре.

В опытах с цилиндром используются осветитель с однощелевой диафрагмой и планшет с круговым транспортиром (рис. 4.10; 4.11).

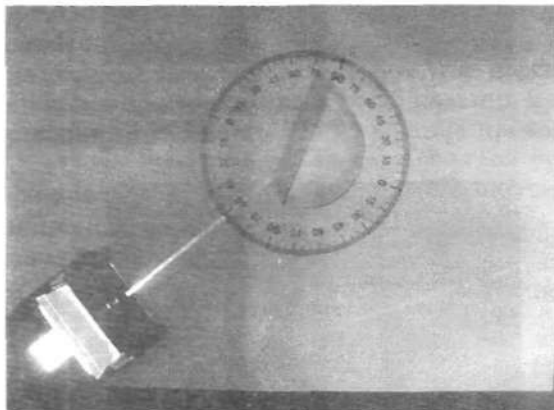


Рис. 4.10

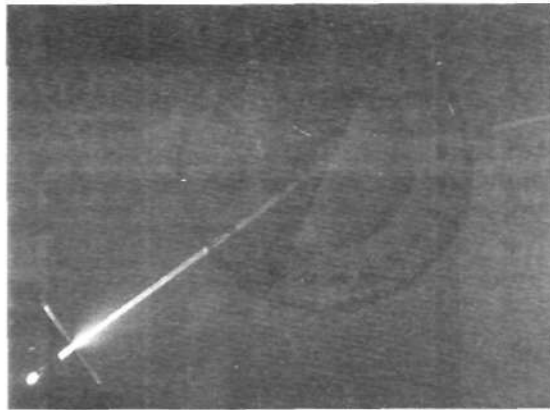


Рис. 4.11

Результаты измерения углов падения и преломления приведены в таблице 4.9.

Таблица 4.9

α , град	$\sin \alpha$	γ , град	$\sin \gamma$	n
0	0	0	0	—
10	0,17	7,5	0,13	1,31
20	0,34	14	0,24	1,42
30	0,50	20	0,34	1,47
40	0,64	25,5	0,43	1,49
45	0,71	28	0,47	1,51
50	0,77	31	0,52	1,48
60	0,87	35	0,57	1,53
70	0,94	39	0,63	1,49
75	0,97	40	0,64	1,52

Опыты по преломлению представлены на рис. 4.12—4.21.

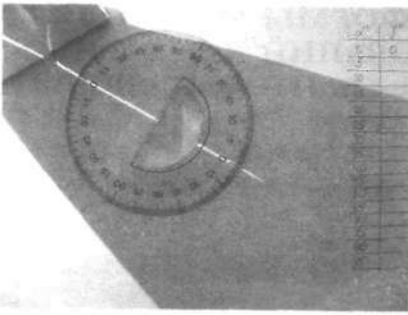


Рис. 4.12

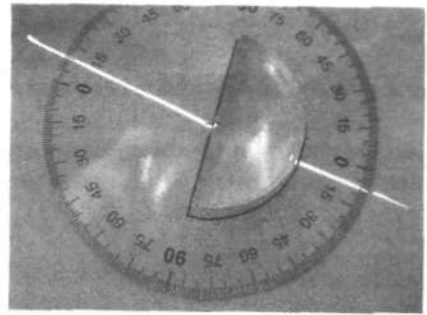


Рис. 4.13

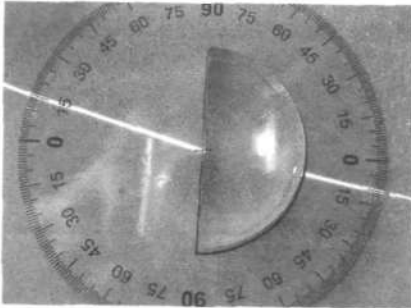


Рис. 4.14

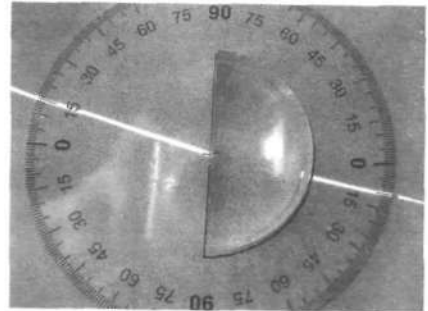


Рис. 4.15

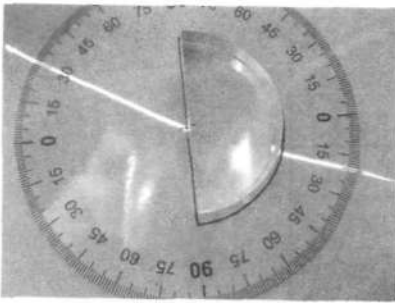


Рис. 4.16

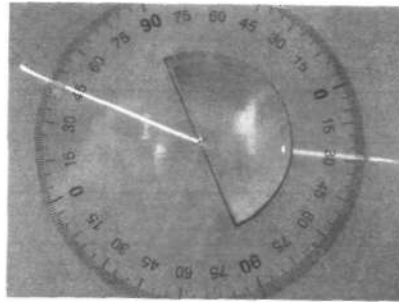


Рис. 4.17

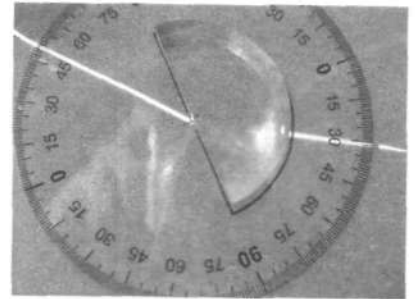


Рис. 4.18

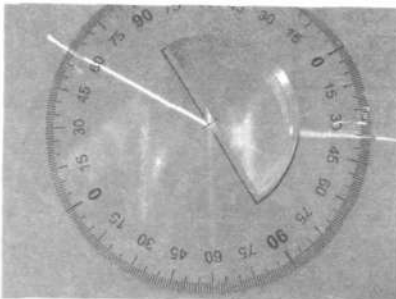


Рис. 4.19

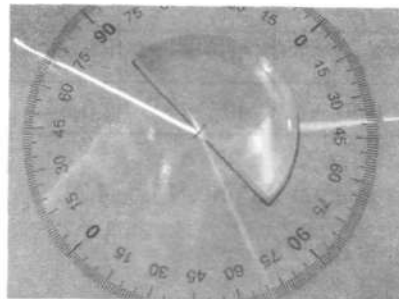


Рис. 4.20

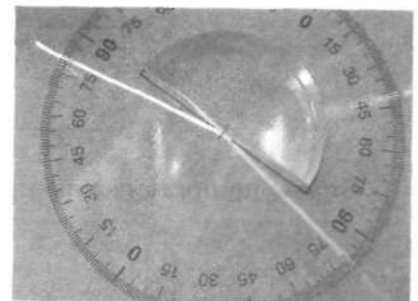


Рис. 4.21

По результатам этой серии опытов можно определить среднее значение показателя преломления $\bar{n} = 1,49$ и дисперсию $\sigma = 0,02$. Граница погрешности любого опыта в $S = 3,7$ раза больше. Она равна $\Delta n = 3,7 \cdot 0,02 = 0,08$. Следовательно, действительное значение показателя преломления в любом опыте находится в пределах $1,49 - 0,08 < n < 1,49 + 0,08$.

В соответствии с методом наименьших квадратов можно определить уравнение зависимости $\sin \gamma$ от $\sin \alpha$. Уравнение имеет вид: $\sin \gamma = 0,65 \sin \alpha$.

Показатель преломления равен $n = \frac{1}{0,66} = 1,52$.

Погрешность измерения углов определяется главным образом двумя факторами: погрешностью совмещения центра полуцилиндра с центром транспортера и шириной светового пучка. Ширина падающего пучка не зависит от угла падения, однако при увеличении угла падения сильно увеличивается сечение пучка в точке падения и в связи с этим преломлённый пучок размывается в такой степени, что при $\alpha > 75^\circ$ измерения производить нецелесообразно.

Полоса возможных значений углов представлена на графике 1 (рис. 4.22). Именно этим графиком необходимо пользоваться при контроле достоверности измерений, проведённых учащимися в процессе исследований. Такой контроль можно осуществлять и с помощью фотографий по преломлению, приведённых выше.

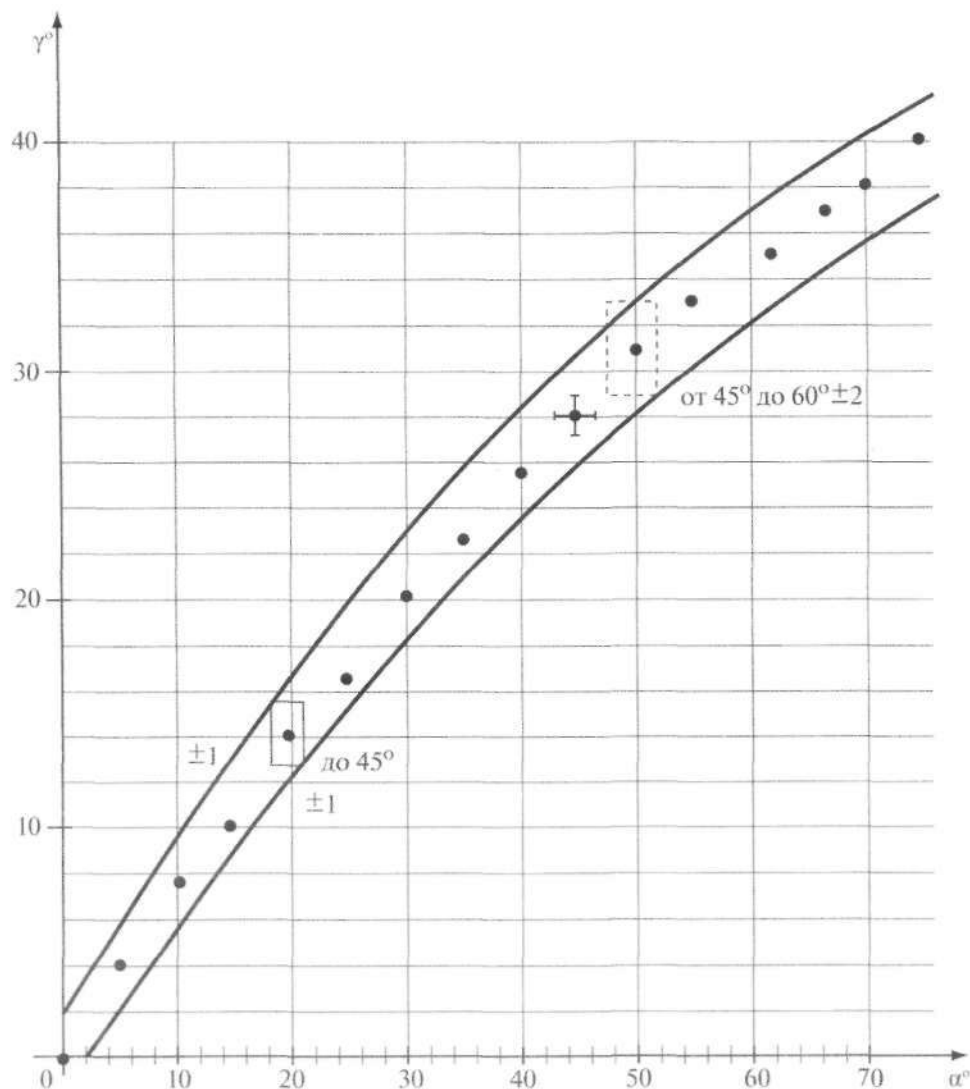


Рис. 4.22

4.6.2. Исследования изображения в собирающих линзах.

Погрешности измерения расстояний от линзы до изображения f и предмета d — это погрешности отсчёта. Они, по крайней мере, не могут быть меньше половины толщины линзы. При оценке f сюда добавляется ещё половина толщины линзы, возникающая при настройке изображения на резкость.

Таблица 4.10

Линза Л1

$(d \pm 0,004)$, мм	$\frac{1}{d}$, м ⁻¹	$(f \pm 0,006)$, мм	$\frac{1}{f}$, м ⁻¹	$D = \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{f}\right)$, м ⁻¹	$(d + f)$, м
0,300	3,333	0,140	7,142	10,475	0,440
0,250	4,000	0,161	6,211	10,211	0,411
0,225	4,444	0,170	5,882	10,326	0,395
0,200	5,000	0,190	5,263	10,263	0,390
0,175	5,714	0,215	4,651	10,365	0,390
0,150	6,666	0,270	3,703	10,369	0,420
0,125	8,000	0,420	2,381	10,381	0,545

Таблица 4.11

Линза Л2

$(d \pm 0,005)$, мм	$\frac{1}{d}$, м ⁻¹	$(f \pm 0,010)$, мм	$\frac{1}{f}$, м ⁻¹	$D = \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{f}\right)$, м ⁻¹	$(d + f)$, м
0,070	14,285	0,265	3,773	18,058	0,335
0,075	13,333	0,200	5,000	18,333	0,275
0,090	11,111	0,130	7,692	18,803	0,220
0,100	10,000	0,110	9,090	19,090	0,210
0,110	9,090	0,100	10,000	19,090	0,210
0,125	8,000	0,090	11,111	19,111	0,215
0,150	6,666	0,080	12,500	19,166	0,230
0,175	5,714	0,075	13,333	19,047	0,250
0,200	5,000	0,072	13,888	18,888	0,272

Если ученик устанавливает произвольное значение d , то для оценки возможных значений f можно воспользоваться функцией зависимости f^* от d^* , где $f^* = f - F$ и $d^* = d - F$. Эта зависимость имеет вид: $f^* = F^2/d^*$. Для линзы Л1 получим $f^* = 9400/d^*$ (мм). Для линзы Л2 получим $f^* = 2800/d^*$ (мм).

Введение. Особенности экспериментальных заданий в КИМ ГИА по физике	3
1. Описание комплекта оборудования «ГИА-ЛАБОРАТОРИЯ»	10
1.1. Набор оборудования «Механические явления»	—
1.2. Набор оборудования «Тепловые явления»	18
1.3. Набор оборудования «Электромагнитные явления»	23
1.4. Набор оборудования «Оптические и квантовые явления»	32
2. Банк экспериментальных заданий для проведения ГИА	40
2.1. Определение неизвестной величины на основе прямых измерений	—
Задание 1. Определение плотности твёрдого тела	—
Задание 2. Определение коэффициента трения скольжения	43
Задание 3. Определение жёсткости пружины	47
Задание 4. Определение выталкивающей силы, действующей на тело, погружённое в жидкость	51
Задание 5. Определение скорости равномерного движения шарика в жидкости ..	53
Задание 6. Определение средней скорости скольжения бруска по наклонной плоскости	55
Задание 7. Определение ускорения тела при равноускоренном движении по наклонной плоскости	58
Задание 8. Определение работы силы трения при равномерном движении тела по горизонтальной поверхности	60
Задание 9. Определение работы силы упругости при подъёме груза с использованием неподвижного блока	62
Задание 10. Определение работы силы упругости при подъёме груза с использованием подвижного блока	65
Задание 11. Определение момента силы, действующего на рычаг	67
Задание 12. Определение частоты колебаний математического маятника	70
Задание 13. Определение частоты колебаний пружинного маятника	72
Задание 14. Определение относительной влажности воздуха	74
Задание 15. Определение количества теплоты, полученного водой при теплообмене с нагретым алюминиевым цилиндром	76
Задание 16. Определение давления воздуха в шприце	78
Задание 17. Определение электрического сопротивления резистора	80
Задание 18. Определение мощности электрического тока, выделяемой на резисторе	82
Задание 19. Определение работы электрического тока, протекающего через резистор.....	85
Задание 20. Определение оптической силы собирающей линзы	87

2.2. Исследование зависимостей между физическими величинами (по результатам прямых измерений)	89
Задание 1. Исследование зависимости массы от объёма	—
Задание 2. Исследование зависимости силы тяжести, действующей на тела, от массы тел	91
Задание 3. Исследование зависимости силы трения скольжения от силы нормального давления	92
Задание 4. Исследование зависимости растяжения (деформации) пружины от приложенной силы	94
Задание 5. Исследование изменения веса тела в воде от объёма погружённой в жидкость части тела	96
Задание 6. Исследование зависимости периода колебаний подвешенного к ленте груза от длины ленты	97
Задание 7. Исследование зависимости периода колебаний пружинного маятника от массы груза	100
Задание 8. Исследование зависимости пути от времени при равноускоренном движении без начальной скорости	103
Задание 9. Исследование равновесия рычага	105
Задание 10. Исследование зависимости силы тока, протекающего через резистор, от электрического напряжения на резисторе	107
Задание 11. Исследование зависимости угла преломления от угла падения светового луча на границе «воздух — стекло»	109
2.3. Проверка заданных предположений (по результатам прямых измерений)	110
Задание 1. Проверка независимости периода колебаний груза, подвешенного к ленте от массы груза	—
Задание 2. Проверка независимости выталкивающей силы, действующей на тело в жидкости, от массы тела	112
Задание 3. Проверка линейной зависимости длины столбика жидкости в термометрической трубке от температуры	114
Задание 4. Проверка правила сложения напряжений при последовательном соединении двух резисторов	117
Задание 5. Проверка правила для силы тока при параллельном соединении резисторов	120
Задание 6. Проверка зависимости электрического сопротивления проводника от площади его поперечного сечения	122
Задание 7. Проверка зависимости электрического сопротивления проводника от его длины	123
Задание 8. Проверка предположения о сумме расстояний от линзы до предмета и изображения	125

2.4. Опыты по исследованию физических явлений	127
Задание 1. Опыты, демонстрирующие зависимость периода колебаний прижженного маятника от массы груза и жёсткости пружины	—
Задание 2. Опыты, демонстрирующие зависимость выталкивающей силы, действующей на тело в жидкости, от объёма погружённой в жидкость части тела и от плотности жидкости	129
Задание 3. Опыты, демонстрирующие зависимость силы трения скольжения от веса тела и характера соприкасающихся поверхностей	131
Задание 4. Опыты, демонстрирующие зависимость давления воздуха от его объёма и температуры	132
Задание 5. Наблюдение скорости изменения температуры воды при её охлаждении	134
Задание 6. Опыт, демонстрирующий зависимость электрического сопротивления проводника от материала, из которого проводник изготовлен	135
Задание 7. Опыт, демонстрирующий зависимость электрического сопротивления проводника от длины проволоки, из которой изготовлен проводник	137
Задание 8. Опыт, демонстрирующий зависимость электрического сопротивления проводника от площади поперечного сечения проволоки, из которой изготовлен проводник	138
Задание 9. Опыты по исследованию явления электромагнитной индукции: исследование изменения величины индукционного тока	140
Задание 10. Опыты по исследованию явления электромагнитной индукции: исследование изменения направления индукционного тока	141
Задание 11. Опыты, демонстрирующие зависимость направления силы взаимодействия катушки с током и магнита от направления тока в катушке	143
3. Использование для экспериментальных заданий ГИА наборов оборудования для сельских школ	144
3.1. Комплект оборудования для сельских школ	—
3.2. Примеры образцов возможного выполнения заданий	151
4. Способы оценки интервалов возможных значений	155
4.1. Определение границ интервала возможных значений с учётом случайных погрешностей	156
4.2. Учёт систематических погрешностей	158
4.3. Метод границ погрешностей	—
4.4. Определение интервала возможных значений методом границ	—
4.5. Использование свойств и характеристик стандартизированного оборудования для определения границ интервалов возможных значений (на примере набора «Электромагнитные явления»)	160
4.6. Табличная и графическая формы контроля результатов исследований (на примере набора «Оптические и квантовые явления»)	167