Администрация города Нижнего Новгорода
Департамент образования
муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Лицей № 40»

603006, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Варварская д. 15 а, тел.: 433-19-49 факс: 433-21-61,
e-mail: lycee40adm@mail.ru http://lic40nn.edusite.ru/

Кафедра физики

Савкин П.М., Шилков Р.Н.

офэ

учебное пособие

методические рекомендации и сборник лабораторных работ по основам физического эксперимента для учащихся 6-х классов

Нижний Новгород, 2016

Учебное пособие. Методические рекомендации и сборник лабораторных работ по основам физического эксперимента для учащихся 6-х классов. – Нижний Новгород: МБОУ «ЛИЦЕЙ № 40», 2016 г,

В пособии приведены описания лабораторных работ и методические указания к их выполнению, а также приложения, содержащие справочные материалы по физике.

Авторы и издательство приносят свои извинения за неточности, ошибки, опечатки и пр., допущенные при наборе и вёрстке текста.

© Савкин П.М. , Шилков Р.Н.

© издательство Лицей 40

Если оно зелёное или извивается, то это биология.
Если оно воняет, то это химия.
Если оно не работает, то это физика.
А. Иорданский.

Базовые требования к учащимся
по организации работы, порядку выполнения лабораторных работ, оформлению протоколов и отчетов
по предмету Основы Физического Эксперимента

Каждый учащийся обязан на каждом уроке ОФЭ иметь:

1. Учебник физики.
2. Методические рекомендации по ОФЭ.
3. Тетрадь №1 для оформления допусков и протоколов ЛР. *)
4. Тетрадь №2 для оформления отчетов или проектов по ЛР. *)
5. Тетрадь №3 (с миллиметровой сеткой) для построения графиков к отчету по ЛР. *)
6. Чертёжный и письменный инструмент.

I. Допуск к лабораторной работе выполняется учеником на следующем уроке после выполнения предыдущей ЛР и завершается в режиме домашнего задания в течение следующей за уроком недели.

Ученик проводит подготовительную работу: готовит <u>устно и письменно</u> (в тетради №1) (*компилирует* и *структурирует)* всю

*) Примечание: первый лист в каждой тетради оформляется в виде зачетной таблицы (см. последнюю страницу методички), которую необходимо распечатать и наклеить на обложки твоих тетрадей № 1,2,3.

основную информацию о предстоящей работе, используя описания работы, методические рекомендации к ней, *определяет* цели и методы исследования, *строит и описывает* физическую модель исследуемого явления, *повторяет* весь материал по физике, относящийся к работе, *прочитывает* нужные параграфы учебника, дополнительной литературы, *изучает* методические рекомендации, *составляет* развернутые ответы на контрольные вопросы.

Результатом подготовительной работы должен стать составленный *шаблон протокола* (форма выбирается самостоятельно) в тетради №1 с описанной и изображенной в динамике в чертежах физической моделью исследуемого явления, подготовленными описанием хода выполнения работы и таблицей результатов измерений. Шаблон протокола заполняется учащимся на уроке по факту проведения эксперимента.

Допуск к ЛР оценивается учителем, ведущим эксперимент, вместе с рабочим протоколом ЛР в режиме собеседования. По итогам выполнения учащимся экспериментальной части ЛР (в тетради №1) учитель выставляет первую оценку за данную ЛР. Учитель фиксирует дату и ставит свою роспись. Оценка выставляется в классный журнал и зачетную таблицу (в тетради №1). При необходимости учителем в тетради, непосредственно после выполненной работы, фиксируются замечания, как по выполнению эксперимента, так и по содержательной части допуска и протокола ЛР.

II. **Протокол по результатам проведения эксперимента** выполняется учеником самостоятельно на уроке в процессе выполнения

экспериментальной части ЛР на основании требований, предъявленных учителем, ведущим эксперимент.

ГЛАВНОЕ: Результаты всех прямых измерений записываются *только ручкой*. Не допускается исправление или уничтожение результатов прямых измерений. Не допускается переписывание рабочего протокола «начисто». Разрешено *зачеркивание одной линией* неверных или подозрительных результатов прямых измерений. При этом рядом записываются другие, достоверные результаты.

Неграмотно оформленный рабочий протокол (рабочие записи порядка выполнения лабораторной работы и результаты измерений) может свести на нет всю проделанную работу. Из- за неправильно оформленных рабочих протоколов теряются огромные средства, происходят аварии и катастрофы .

Правильно вести рабочий протокол научиться нетрудно, нужно только внимательно выполнять некоторые элементарные требования.

Записи результатов эксперимента допускается делать как в тетради, так и на отдельных подписанных листках.

В каждом эксперименте очень важно сразу же записывать всё проделанное. Все результаты прямых измерений следует записывать немедленно и без какой либо обработки только ручкой. Из этого правила нет исключений.

Записи должны быть такими, чтобы их без особых затруднений можно было понять спустя некоторое время. Примеры обычных ошибок - неясность и двусмысленность. Буквы и цифры необходимо писать отчётливо.

Привычка к исправлениям цифр - враг ясности. Не заставляйте всякого, читающего ваши записи, да и себя тоже, ломать голову над исправленными цифрами.

Не проводите никаких, даже самых простейших вычислений в уме, прежде чем записать результат измерений.

Рабочий протокол всегда должен содержать рисунок или схему установки. Есть древняя китайская пословица: "Один рисунок лучше тысячи слов". Рисунок и надписи к нему нужно делать карандашом, чтобы можно было воспользоваться ластиком для исправлений ошибок.

Если есть возможность провести предварительные расчёты без погрешностей, то это нужно сделать, чтобы убедиться в правильности выполнения эксперимента. Если в работе возможно построить график, это необходимо сделать. На графиках обычно по горизонтали обычно откладывается причина, а по вертикали следствие.

Итак, правильно оформленный рабочий протокол должен содержать в себе следующие разделы:

- Название работы и её №.
- Оборудование.
- Данные для расчёта ошибок:

Измерительный инструмент	Инструментальная погрешность	Субъективная погрешность	Абсолютная погрешность

- Цель работы.
- Рисунок или схема установки с используемыми в работе символами измеряемых величин.

- Порядок выполнения работы.
- Записи результатов всех прямых измерений:

a) не должны допускать различных толкований;

b) кажущиеся ошибочными записи зачёркивать так, чтобы их при необходимости можно было прочитать;

c) не допускать подтёртостей и замалёвываний записей, не допускать переписывания протокола. Результаты прямых измерений запрещено записывать карандашом. Это приводит к возможной потере информации и исключает вероятность подделки результатов.

- Результаты измерений и вычислений (без погрешностей) должны быть представлены в виде таблиц.
- Графики.

Выполнение этих требованиё приучает к правильному оформлению рабочих протоколов при научной работе в будущем.

III. Отчёт по лабораторной работе выполняется учеником самостоятельно в режиме домашнего задания к следующему, после выполнения экспериментальной части, уроку.

Отчёт по лабораторной работе должен быть *полным* (структурированным) и *понятным*.

Полнота подразумевает внесение в отчёт в верном порядке *обозначенных* необходимых разделов.

Понятность означает логичное изложение материала базирующееся непосредственно на знании курса физики. Для читателя отчёта любая информация сверх содержащейся в учебнике или материалах уроков физики должна становиться ясной из самого текста

отчёта. Если автор применил необщепринятые символы или формулы, он даёт им полное логическое пояснение. В редких случаях, когда выстроить логику не удаётся, он приводит ссылку на другого автора, опубликовавшего соответствующие факты в литературе. Методические указания к работе имеют цель помочь ученику в приложении знаний по физике к содержанию конкретного исследования и никогда не должны рассматриваться как источник неопровержимых фактов или формул.

Разделы отчета по ЛР:

- Порядковый номер ЛР.
- Дата проведения экспериментальной части и Дата выполнения отчета.

(Даты проставляются на полях тетради одна под другой).

- Название (заглавие) работы.

1. Цели исследования.

(В случае если работа преследует несколько целей, каждой из них присваивается порядковый номер. ВАЖНО: выводы в отчете по ЛР должны строго отвечать на вопросы, сформулированные в этом разделе).

2. Приборы, материалы, оборудование, используемое при проведении эксперимента.

(Эту часть необходимо выполнить в виде таблицы с указанием значений инструментальных погрешностей, цены деления шкалы, максимального значения шкалы прибора, принимаемых значений абсолютных погрешностей прямых измерений величин).

3. Физическое обоснование эксперимента. Описание физической модели явления.

(В этой части могут быть использованы наработанные учащимся материалы из допуска к ЛР и протокола ЛР. Кроме того, здесь должны быть представлены все упрощения (пренебрежения), допущенные при построении физической модели явления, сформулированы опорные физические законы, определения, приведены выводы итоговых формул для расчета искомых величин в общем виде, *выполнены необходимые чертежи*, поясняющие суть явления).

4. Описание экспериментальной установки.

(Эта часть должна содержать перечень конкретных характеристик и особенностей экспериментальной установки, используемой учащимся при проведении эксперимента, а так же должен быть представлен чертеж модели эксперимента. Теоретические значения или зависимости (если они нужны для сравнения) показываются на том же чертеже.

Размер чертежа <u>не может быть меньше</u>, чем 1/3 тетрадной страницы.

Все, что относится к чертежу выполняется только карандашом).

5. Таблица результатов <u>прямых</u> измерений.

(Особое внимание уделяется составлению таблиц. В заголовках столбцов должны быть записаны символы физических величин и, через запятую, применённые единицы их измерения (в стандартных сокращениях). <u>В теле таблицы стоят только цифры</u>).

6. Расчет искомых величин и результатов косвенных измерений.

7. Оценка погрешностей косвенных измерений.

(Эта часть отчета должна содержать как аналитическое исследование ошибок измерений, так и графическое представление результатов косвенных измерений с учетом их погрешностей).

8. Графическое представление результатов исследования выполняется в тетради №3.

(Эта часть должна быть представлена для таких работ, целью которых является, в том числе, исследование зависимостей физических величин друг от друга, проверка законов и закономерностей Графики должны содержать заштрихованные интервалы возможных значений измеренных величин на координатной оси для независимого измерения или на плоскости для построения экспериментальной зависимости).

9. Выводы.

Вывод – это полностью авторский раздел отчёта. Здесь должны быть представлены итоговые результаты, полученные в результате выполнения отчета. Обозначены особенности данной лабораторной работы. Сделаны смысловые выводы из полученных результатов. Также в нём могут быть мысли о смысле, о ходе эксперимента, о качестве установки или её частей, об идеях и оценках, связанных с работой и любые другие соображения автора. Здесь необходимо предложить способы и методы измерения искомых величин, которые бы могли дать меньшую погрешность результатов измерений. Можно провести аналогии с ранее проведенными экспериментами и методами обработки результатов минимизирующими погрешность.

Отчёт выполняется на русском языке единым текстом, согласно выше представленным пунктированным разделам, с включением таблиц, формул, и графиков в смысловое содержание текста. Имеет большое значение аккуратность и грамотность этой работы.

Время, отведённое на подготовку отчёта – одна неделя с момента выполнения работы.

IV. Проект лабораторной работы

– это письменный документ, содержащий пункты 1 – 5 требований к отчёту, плюс ожидаемые результаты или зависимости и выявление всех факторов, являющихся источником погрешности измерений. Выполняется вместо отчёта в случаях, когда эксперимент не удалось провести или довести до конца по уважительной причине. Принципы и правила составления проекта – те же, что и отчёта.

Общие сведения об измерениях

В физике для описания явлений, процессов и свойств тел или систем используются количественные характеристики – **физические величины**. Значения физических величин получают в ходе их **измерения** с помощью специальных технических средств. Измерить физическую величину – значит сравнить ее с однородной величиной, принятой за единицу. В результате получают числовое значение физической величины в принятых единицах измерения.

Единицы измерения не являются объектами природы, а представляют лишь вспомогательный аппарат, применяемый для ее изучения. Поэтому в принципе возможно бесконечное множество единиц измерения. Но на практике удобно пользоваться единой системой единиц.

В СССР в 1963 г. была введена Международная система единиц СИ. В качестве основных в этой системе используются семь единиц, через которые выражаются остальные единицы, именуемые производными. Основными в системе СИ выбраны единицы следующих физических величин: массы - килограмм (кг); длины - метр (м); времени - секунда (с); силы тока - ампер (А); термодинамической температуры - кельвин (К); силы света - кандела (кд); количества вещества - моль (моль).

Для проведения измерений используются специальные технические средства, которые по назначению разделяются на меры, измерительные приборы, измерительные преобразователи и вспомогательные средства. Совокупность различных средств измерений может образовывать измерительные установки и системы.

Мерой называется средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера; это вещественно воспроизведенная (изготовленная) единица измерения. Различают однозначные меры, многозначные меры и наборы мер. Однозначная мера воспроизводит физическую величину одного размера (например, тело определенной длины, гиря).

Измерительные приборы позволяют получить информацию о значениях измеряемой величины в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Они могут быть классифицированы по различным признакам. В частности, измерительные приборы подразделяются на **аналоговые**, показания которых являются непрерывной функцией измеряемой величины, и **цифровые**, которые автоматически вырабатывают дискретные сигналы измерительной информации и дают показания в цифровой форме.

В состав многих измерительных приборов и установок входят измерительные преобразователи, предназначенные для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем.

Все измерения физических величин подразделяются на прямые, косвенные, совокупные и совместные.

Прямое измерение – это определение значения измеряемой величины непосредственно с помощью средств измерения. Так можно найти массу тела с помощью весов, измерить длину тетрадной страницы - линейкой и др.

При **косвенных измерениях** значение физической величины определяется по формуле, связывающей ее с другими величинами,

полученными в ходе прямых измерений. Например, так измеряется объём тела правильной формы по длинам сторон, плотность тел по массе и объему и т.д.

Совместные измерения состоят в одновременном измерении двух или нескольких не одноименных величин для нахождения зависимости между ними.

Измерения могут проводиться методом непосредственной оценки или сравнения с мерой.

Погрешности измерений

Ни одно измерение не выполняется идеально точно, всегда по различным причинам существует погрешность, т.е. отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины. Причиной погрешности может стать несовершенство методики измерения, используемых средств измерений, органов чувств человека-оператора, а также влияние внешних условий.

Все погрешности, не связанные с грубыми ошибками (промахами, возникающими вследствие недосмотра экспериментатора или неисправности измерительной аппаратуры), имеют **случайную** и **систематическую** составляющие. Значение случайной погрешности измерения невозможно предвидеть и, следовательно, исключить. Для уменьшения их влияния проводят несколько измерений величины и берут среднее арифметическое из полученных значений.

Систематические погрешности разделяются на *методические* (несовершенство метода измерений; в том числе влияние средств измерения на объект, свойство которого измеряется), *инструментальные* (зависящие от погрешности применяемых средств

измерений), *внешние* (обусловленные влиянием условий проведения измерений) и *субъективные* (обусловленные индивидуальными особенностями оператора).

Различают **абсолютную** и **относительную** погрешность измерения.

Под **абсолютной погрешностью** измерения понимают разность между полученным в ходе измерения и истинным значением физической величины: $\Delta x = x_{\text{изм}} - x_{\text{ист}}$ (1)

Без сравнения с измеряемой величиной абсолютная погрешность ничего не говорит о качестве измерения. Одна и та же погрешность в 1 мм при измерении длины комнаты не играет роли, при измерении длины тетради уже может быть существенна, а при измерении диаметра проволоки совершенно недопустима.

Поэтому вводят **относительную погрешность**, показывающую, какую часть абсолютная погрешность составляет от истинного значения измеряемой величины. **Относительная погрешность** представляет собой отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины:

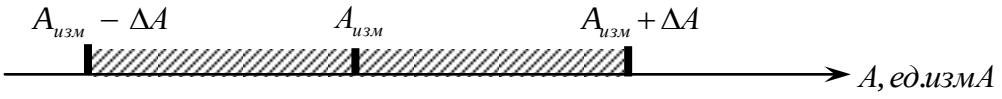
$$\delta x = \frac{\Delta x}{x_{\text{ист}}} 100\% \qquad (2)$$

Относительная погрешность обычно выражается в процентах.

Результат измерения величины принято записывать в виде:

$$x_{\text{ист}} = x_{\text{изм}} \pm \Delta x, \text{ ед. изм. } x\,; \quad \delta x = \cdots \%,$$

а так же изображается с помощью числовой прямой ($A \equiv x$):



При записи абсолютной погрешности ее величину округляют до двух значащих цифр, если первая их них является единицей, и до одной

значащей цифры во всех остальных случаях. При записи измеренного значения величины последней должна указываться цифра того десятичного разряда, который использован при указании погрешности.

Из формул (1) и (2) следует, что для нахождения погрешностей измерений необходимо знать истинное значение измеряемой величины. Поэтому этими формулами можно пользоваться только в тех редких случаях, когда проводятся измерения констант, значения которых заранее известны. Цель же измерений, как правило, состоит в том, чтобы найти неизвестное значение физической величины. Поэтому на практике погрешности измерений не вычисляются, а оцениваются.

В частности, относительную погрешность находят как отношение абсолютной погрешности не к истинному, а к измеренному значению величины:

$$\delta x = \frac{\Delta x}{x_{\text{изм}}} 100\% \qquad (3)$$

Способы оценки абсолютной погрешности разные для прямых и косвенных измерений.

Максимальную абсолютную погрешность при прямых измерениях находят как сумму абсолютной инструментальной погрешности и абсолютной погрешности отсчета:

$$\Delta x = x_{\text{инстр}} + x_{\text{отсчета}} \qquad (4)$$

Погрешность отсчета является случайной и устраняется при многократных измерениях. Если же проводится одно измерение, она обычно принимается равной половине цены деления шкалы измерительного прибора.

<u>Инструментальная погрешность приборов обычно принимается равной половине цены или цене деления шкалы.</u>

Для **прямых измерений** сначала оценивается абсолютная погрешность, а затем относительная.

При оценке погрешности **косвенных измерений** величины поступают следующим образом. Сначала находят абсолютные погрешности величин, полученных в ходе прямых измерений. Затем вычисляют относительную погрешность исследуемой величины, пользуясь для этого одной из формул, приведенных в таблице "расчет погрешностей". Формула относительной погрешности зависит от того, по какой формуле находят значение измеряемой величины. И только после этого находят абсолютную погрешность измеряемой величины, выражая ее из формулы (3).

Таблица "Расчет погрешностей"

$f = \sin x$	$\delta_f = \mathrm{ctg}x \cdot \Delta x$
$f = x \pm y$	$\delta_f = \dfrac{\Delta x + \Delta y}{x \pm y}$
$f = \dfrac{1}{x} + \dfrac{1}{y}$	$\delta_f = \dfrac{\Delta x / x^2 + \Delta y / y^2}{1/x + 1/y}$
$f = x \cdot y$	$\delta_f = \delta_x + \delta_y$
$f = x^n$	$\delta_f = n \cdot \delta_x$
$f = \dfrac{x}{y}$	$\delta_f = \delta_x + \delta_y$
$f = \sqrt[n]{x}$	$\delta_f = \dfrac{1}{n} \cdot \delta_x$

Методика сравнения результатов двух измерений одной физической величины.

Записать результаты 1-го и 2-го измерений по форме:

$$A_1 = A_{1np} \pm \Delta A_1$$

$$A_2 = A_{2np} \pm \Delta A_2$$

Записать результаты измерений в виде двойных неравенств:

$$A_{1np} - \Delta A_1 < A_1 < A_{1np} + \Delta A_1;$$

$$A_{2np} - \Delta A_2 < A_2 < A_{2np} + \Delta A_2;$$

3). Сравнить полученные интервалы значений: если полученные интервалы не перекрываются, то результаты считать не одинаковыми;

если перекрываются (в нашем случае это интервал от $A_{2пр} - \Delta A_2$ до $A_{1пр} + \Delta A_1$) одинаковыми (см. Рис. 2):

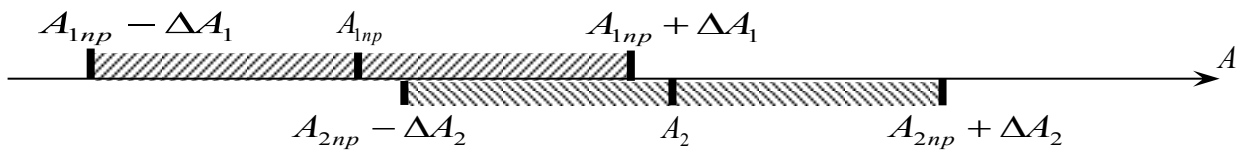


Рис. 2

При записи вывода об одинаковости результатов необходимо указать относительную погрешность измерений.

Методика построения графика по экспериментальным точкам.

Нанести на поле графика измеряемой величины Y зависящей от параметра X экспериментальные точки $Y_i(X_i)$.

Провести линию графика так, чтобы число экспериментальных точек с обеих сторон линии было приблизительно одинаковым (см.Рис.3). Экспериментальные точки, лежащие далеко от линии графика («выбросы») не учитываются и подлежат проверке.

Линия графика должна быть плавной. Для её проведения рекомендуется использовать лекала.

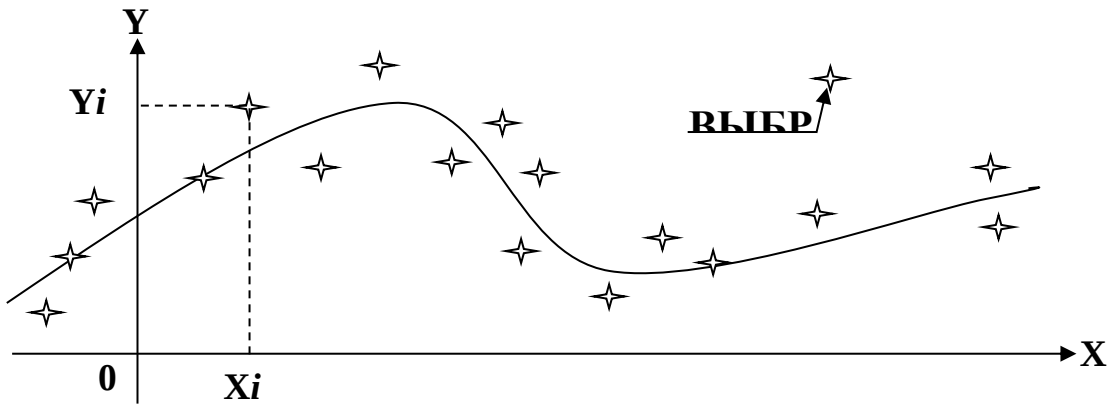


Рис. 3

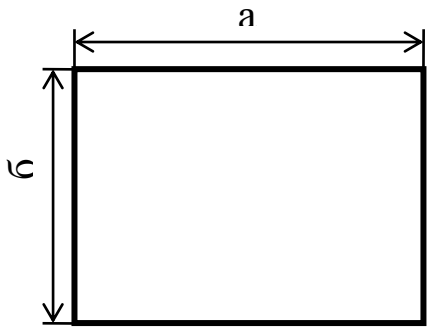
Лабораторная работа №1.
Оценка погрешностей измерений.

Цель: измерить длину и ширину тетрадной страницы. Вычислить отношение этих величин. Вычислить площади. Оценить погрешности при измерении линейками, имеющими разные инструментальные погрешности.

Оборудование: линейки демонстрационная и ученическая; тетрадная страница.

Указания к работе.

Начертите в рабочем протоколе прямоугольник. Это чертёж тетрадной страницы. Обозначьте стороны прямоугольника буквами **а** и **б.** Измерьте стороны **а** и **б** тетрадной страницы обеими линейками. Не забудьте сосчитать, сколько раз пришлось переложить ученическую линейку при измерении сторон**а** и **б**. Результаты всех прямых измерений запишите в таблицу.



Объект измерений		Линейка ученическая	Количество прикладываний	Линейка демонстрационная	Кол-во прикладываний
страница	а				
	б				
	S				
	а/б				

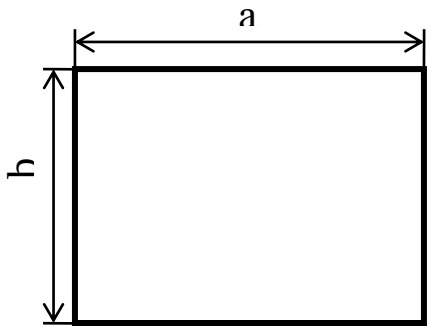
Вычислите S=аб и $\frac{a}{б}$ с учётом погрешностей. Сделайте выводы о величинах погрешностей при измерениях разными линейками.

Лабораторная работа №2.
Оценка погрешностей измерений.

Цель: измерить длину и ширину стола. Вычислить отношение этих величин. Вычислить площади. Оценить погрешности при измерении линейками, имеющими разные инструментальные погрешности.

Оборудование: линейки демонстрационная и ученическая; крышка стола; тетрадная страница.

Указания к работе.



Начертите в рабочем протоколе прямоугольник. Это чертёж крышки стола. Обозначьте стороны прямоугольника буквами **a** и **b.** Измерьте стороны **a** и **b** крышки стола обеими линейками. Не забудьте сосчитать, сколько раз пришлось переложить ученическую линейку при измерении сторон крышки стола. Результаты всех прямых измерений запишите в таблицу.

Объект измерений		Линейка ученическя	К количество прикладываний	Линейка демонстрационная	Кол-во прикладываний
Крышка стола	a				
	b				
	S				
	a\b				

Вычислите S=ab и $\frac{a}{b}$ с учётом погрешностей. Сделайте выводы о величинах погрешностей при измерениях разными линейками.

Дополнительное задание.

Проведите мысленный эксперимент. Если измерить длину и ширину классной комнаты этими линейками, то каковы будут погрешности при вычислении площади комнаты. Ширину комнаты принять равной 5 м, а длину 8 м. Сделать выводы.

Лабораторная работа №3.
Определение размеров малых тел.

Цель: освоить измерения размеров малых тел методом рядов и понять смысл этого метода.

Оборудование: 10 – 12 одинаковых монет, дробь, 50 –60 см тонкого провода, ученическая линейка.

Указания к работе.

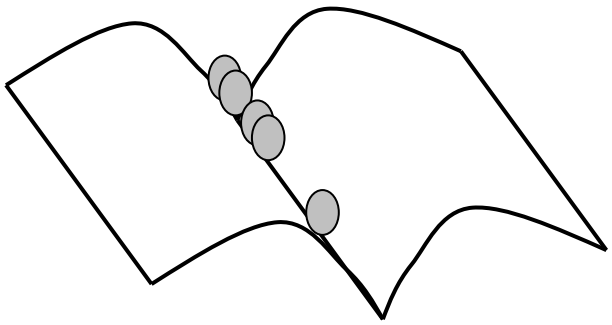
Цена деления ученической линейки – 1 мм. Если измерять этой линейкой, например, диаметр макового зёрнышка, то, с учётом погрешностей измерения, результат может получиться абсурдным, меньшим величины погрешности измерения.

Если же расположить зёрнышки в ряд, длина которого составляет хотя бы 2 – 3 см, то, зная длину ряда ℓи количество зёрнышек n, ответ можно получить близким к истинному значению. Величина погрешности относится ко всему ряду зёрнышек, а для одного зёрнышка погрешность измерения окажется в n раз меньше.

Такой способ измерения размеров малых тел имеет широкое применение и называется *методом рядов.*

Порядок выполнения работы.

1. В сгиб тетради положите **<u>вплотную</u>** друг к другу 25 – 30 дробинок. Пересчитайте их количество и измерьте линейкой длину ряда. Вычислите диаметр одной дробинки.

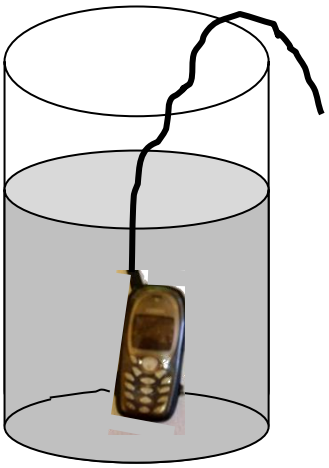


2. Сложите монеты столбиком, сосчитав их количество, измерьте высоту столбика. Вычислите толщину одной монеты.

3. На ручку или карандаш намотайте плотно виток к витку тонкую проволоку, считая витки. Измерьте длину намотки. Вычислите диаметр проволоки.

Проверьте, как изменятся результаты измерения и их ошибки, если увеличить количество элементов в каждом измерении в несколько раз.

Лабораторная работа №4.
Определение объема тел неправильной или сложной формы.



Цель: научиться определять объём тел любой формы с помощью измерительного цилиндра (мензурки).

Оборудование: мензурка с водой, три разных предмета неправильной или сложной формы, нитки.

Порядок выполнения работы.

1. Определите цену деления мензурки и погрешности измерений.

2. Определите объём налитой воды.

3. Опустите тело, объём которого нужно измерить, в воду, удерживая его за нитку. Снова измерьте объём воды.

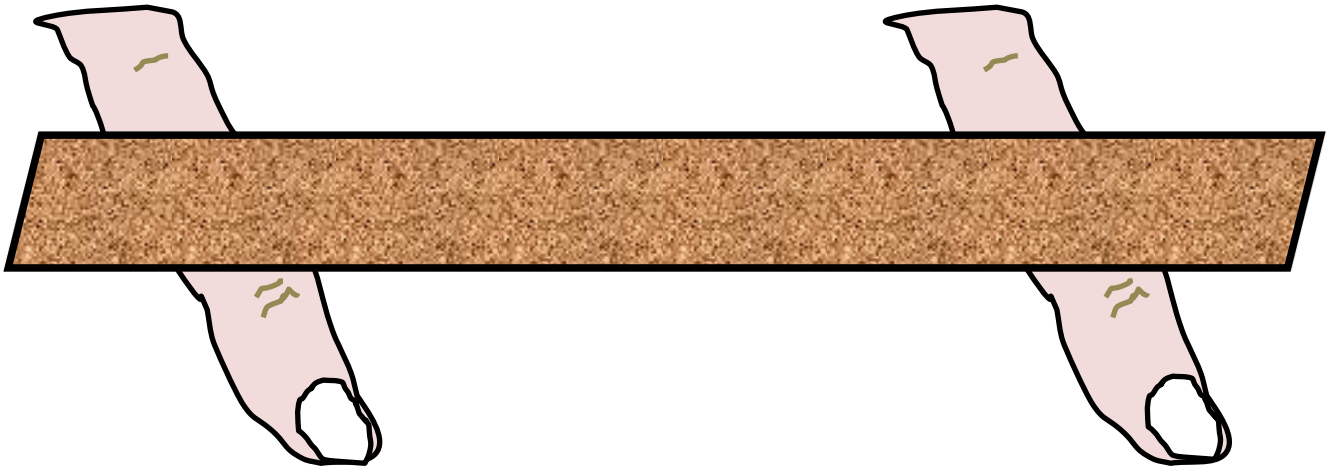
4. Проделайте такие же опыты с другими телами. Не забывайте проверять начальный объём воды, так как некоторое количество воды остаётся на поверхности вынутого из мензурки тела.

5. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу.

Назва-ние тела	Начальный объём воды в мензурке, V_1, мл	Объём воды вместе с телом, V_2, мл	Объём тела, $V=V_2-V_1$, см^3

Исследовательская лабораторная работа №5

Назовите работу:_____



Линейка лежит своими концами на пальцах двух рук. Медленно сдвигайте руки. Запишите показания делений линейки для правой и левой руки.

Опишите наблюдаемое поведение линейки.

Попробуйте объяснить его.

Правая рука						
Среднее знач.						
Левая рука						
Среднее знач.						

Лабораторная работа № 6.
Система единиц измерения в разных странах и в разные времена.

Оборудование: брусок, линейка демонстрационная и ученическая.

мм	см	м	дюйм	ярд	аршин	вершок	фут	сажень
			25,4 мм	0,91 м	71,12 см	4,45 см	30,48 см	0,47 м

! в дюйме 8 делений, то есть результат измерений записывать в виде обыкновенной дроби, например, $\frac{6}{8}$, а потом преобразовать в десятичную.

Цель: провести измерения граней бруска ученической линейкой и демонстрационной линейкой, проградуированной в сантиметрах и в дюймах.

Вычислить размеры сторон а, в, с в других единицах измерения.

Вычислить объём V бруска в различных единицах измерения.

Таблица результатов измерений и вычислений:

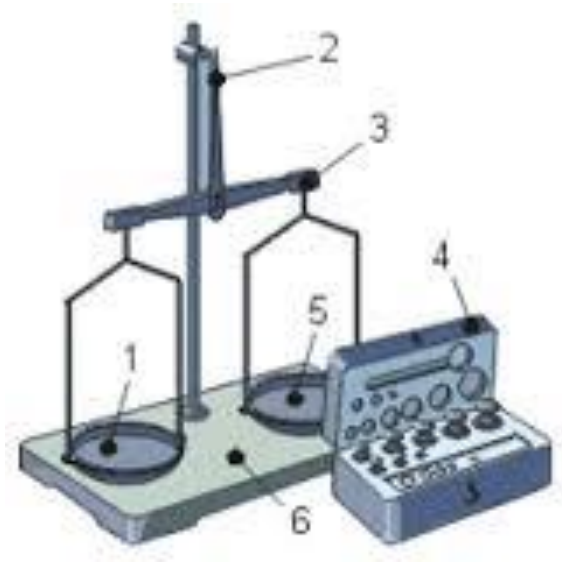
	мм	см	м	дюйм	ярд	аршин	вершок	фут	сажень
а									
в									
с									
V									

Лабораторная работа №7
Измерение массы тела с помощью рычажных весов.

Цель: научиться пользоваться рычажными весами и с их помощью определять массу тел.

Оборудование: весы, набор гирь, несколько небольших тел разной массы.

Правила взвешивания:



Существуют правила использования рычажных весов, соблюдение которых обязательно.

1. перед взвешиванием необходимо убедиться, что весы уравновешены. При необходимости на более лёгкую чашку весов нужно положить кусочек бумаги.
2. гири кладут на одну чашку весов, взвешиваемое тело на другую. Нельзя подкладывать гири в чашку, в которой находится тело.
3. взвешиваемое тело не должно быть мокрым или грязным.
4. гири и взвешиваемое тело класть на весы осторожно.
5. нельзя взвешивать тела более тяжелые, чем указанная на весах предельная нагрузка.
6. количество гирь на весах должно быть минимальным.
7. все использованные гири необходимо записать (например 50+20+1+0,2г).
8. сразу убрать все гири в футляр на предназначенные для них места.

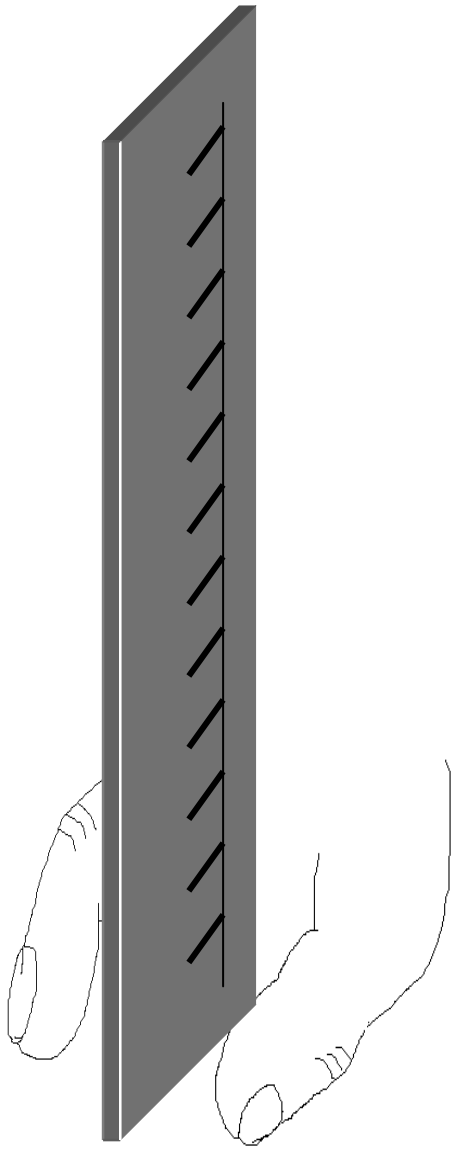
Задания к работе

1. Перечислите названия частей рычажных весов, изображенных на рисунке цифрами.
2. Придерживаясь правил взвешивания, измерьте массу нескольких твёрдых тел с точностью до 0,1 г. Результаты запишите в таблицу.
3. Предложите и опишите способ определения массы одной капли воды с помощью лабораторных весов.

Лабораторная работа №8.
Гистограмма расстояний, пройденных линейкой при её падении.

Цель: выяснить зависимость расстояний, пройденных линейкой при её падении от размеров и веса линейки.

Оборудование: линейки ученическая и демонстрационная.



Указания к работе

Любой предмет, если его не держать, обязательно упадёт. Интересно, зависит ли пройденный путь за постоянный промежуток времени от размеров и веса тела? В этой работе мера времени величина постоянная и определяется реакцией человека. Работа выполняется вдвоём. Один напарник держит линейку за верхний конец вертикально, второй приготавливается поймать падающую линейку, расположив руку у её нижнего конца. Неожиданно упавшую линейку нужно как можно быстрее поймать. Расстояние h, которое пролетела линейка, измеряется.

Порядок выполнения работы.

Взяв **ученическую** линейку, проведите измерения h **двадцать** раз и запишите полученные результаты в таблицу, округляя результаты измерений до целых чисел. Зачеркните 2 самых больших и 2 самых маленьких числа.

Точно такие же эксперименты нужно проделать с большой и более тяжелой **демонстрационной** линейкой.

Для построения ***гистограмм**** необходимо округлить все полученные результаты измерений до целых чисел.

На горизонтальной оси отложите численные значения h в виде столбиков. Если результат измерений повторяется, то столбик будет в два раза выше. Если результаты измерений повторяются несколько раз, столбик будет соответственно выше. На эту же гистограмму заносятся результаты экспериментов с другой линейкой, но обязательно другим цветом.

Сделайте выводы.

)*Пример построения гистограммы:

Лабораторная работа №9

Измерение промежутков времени методом рядов.

Цель: используя метод рядов, оценить величину погрешности измерения интервалов времени при помощи секундомера.

Оборудование: метроном, секундомер.

Указания к работе.

Метроном делает **1** удар в секунду. Измерьте с помощью секундомера время$t_м$, прошедшее между ударами метронома.

Опыт повторите **<u>три</u>** раза. Вычислите среднее время $t_{ср}$ по результатам трёх измерений t. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.

Такие же эксперименты проведите для 11 и 31 ударов метронома.

Вычисленное для всех трёх случаев время, прошедшее между соседними ударами метронома, занесите в таблицу.

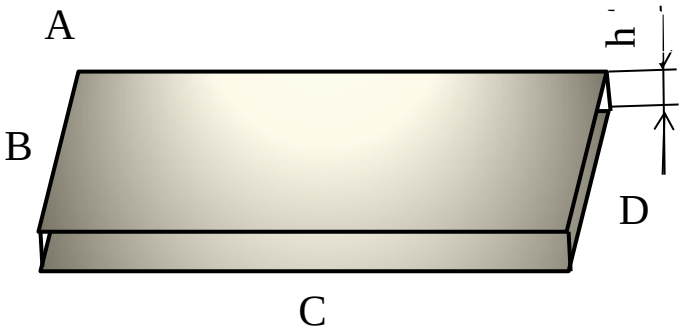
Кол-во ударов метронома	1 удар (1 промежуток времени)	11 ударов (10 промежутков времени)	31удар (30 промежутков Времени)
Время t, измеренное секундомером, с			
Среднее время $t_{ср}$, с	$t_{ср}$	$t_{ср}^{*}$	$t_{ср}^{**}$
$t_м$, с	$t_м = t_{ср} =$	$t_м = t_{ср}^{*}:10=$	$t_м = t_{ср}^{**}:30=$

Используя метод рядов (смотри работы №2 и 3), сделайте выводы о точности измерений для всех трёх случаев.

Лабораторная работа № 10
Оценка величины погрешностей при измерении объектов различной величины.

Цель: измерить длину, ширину и толщину пластины ученической линейкой. Вычислить объём пластины.

Оборудование: линейка ученическая, прямоугольная пластина.



Указания к работе

Начертите объект измерения.

Измерьте стороны A, B, C,D, h по три раза ученической линейкой.

Вычислите объём V пластины с учётом погрешностей.

Сравните величины погрешностей измерений сторон a и h в %.

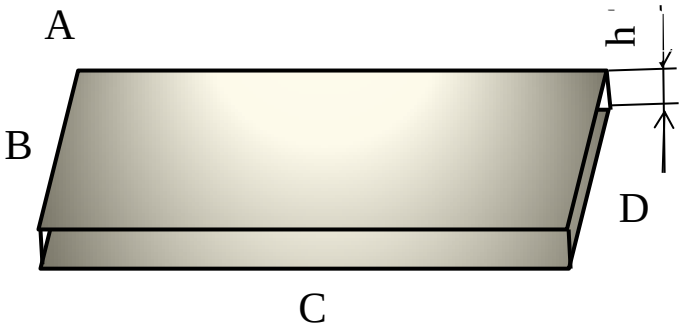
Таблица измерений и вычислений

A, см	B, см	C, см	D, см	h, см	V см^3

Лабораторная работа № 11

Влияние измерительного прибора на результаты измерений.

Цель: измерить длину, ширину и толщину пластины разными линейками. Определить объем пластины для каждого измерения. Сравнить результаты и погрешности.



Оборудование: линейка инструментальная, линейка демонстрационная, прямоугольная пластина.

Указания к работе

Начертите объект измерения.

Измерьте стороны A, B, C, D, h по три раза каждой линейкой.

Вычислите объём V пластины с учётом погрешностей.

Сделать выводы.

Сравните величины погрешностей измерений сторон a и h в %.

Таблица измерений и вычислений

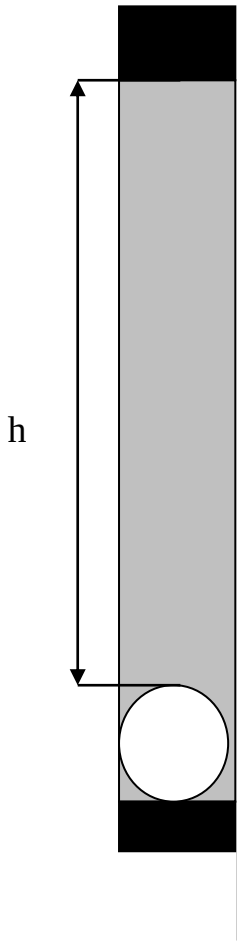
	A, см	B, см	C, см	D, см	h, см	V см^3
Инструментальная линейка						
Демонстрационная линейка						

Лабораторная работа № 12
Определение средней путевой скорости всплывания воздушного пузырька в трубке с жидкостью.

Цель: по результатам эксперимента рассчитать среднюю путевую скорость движения пузырька в трубке с жидкостью.

Оборудование: две стеклянные трубки с жидкостями различной вязкости и с воздушным пузырьком, ученическая линейка, секундомер.

Порядок выполнения работы.



1. Поставьте трубку вертикально, чтобы воздушный пузырёк переместился в самое верхнее положение.
2. Переверните трубку пузырьком вниз, одновременно включив секундомер. Измерьте время движения пузырька до верхнего конца трубки. Измерьте путь, пройденный пузырьком. Чтобы результат был более точным, повторите измерение времени ещё два раза.
3. Такие же эксперименты проделайте с другой трубкой.
4. Результаты экспериментов запишите в таблицу.
5. Вычислите $V_{СР\ ПУТ}$ воздушного пузырька для каждой трубки.

Лабораторная работа № 13
Зависимость результата эксперимента и величины погрешности измерения от количества повторных измерений.

Цель: Измерить время падения тела (например тетради) с известной высоты (уровень стола) на пол.

Оборудование: секундомер, тело (тетрадь).

Указания к работе

1. Измерьте время падения тела с помощью секундомера как минимум 30 раз.

Результаты занесите в таблицу:

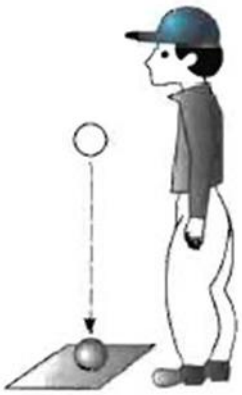
№ броска	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Время падения															
№ броска	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Время падения															

2. Рассчитать среднее значение времени падения для трех, десяти и тридцати бросков.

3. Сравнить полученные результаты.

4. Оценить изменение погрешности измерения среднего значения времени падения от количества измерений.

5. Сделать выводы.



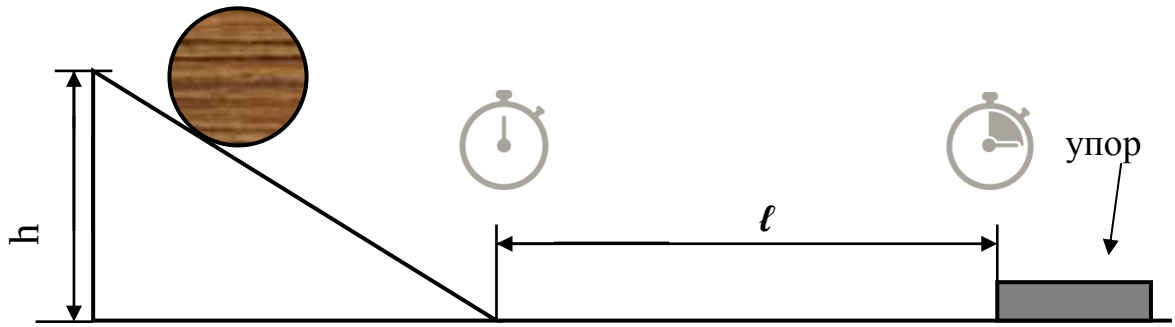
Лабораторная работа №14
Определение средней путевой скорости качения цилиндра по горизонтальной поверхности.

Цель: по результатам эксперимента рассчитать среднюю путевую скорость качения цилиндра по горизонтальной поверхности.

Оборудование: штатив; наклонная плоскость; деревянный цилиндр, деревянный брусок (упор); поверхность стола, линейка демонстрационная, секундомер.

Указания к работе.

Максимальную скорость ***V*** цилиндр приобретает в момент соприкосновения с поверхностью стола и продолжает движение по столу по инерции. Промежуток времени качения Δt зависит от начальной скорости ***V*** на горизонтальном участке движения. Путь ***l*** – величина постоянная.



Порядок выполнения работы.

1. Подберите такую начальную минимальную высоту наклонной плоскости h, при которой цилиндр без задержек скатывается с наклонной плоскости до упора.
2. Проделайте опыт три раза, измеряя время качения цилиндра по столу. Вычислите среднее значение времени качения.
3. Увеличивая высоту h каждый раз на 2 см, измеряйте новое время качения по три раза для каждой высоты.
4. Эксперименты выполнить для пяти высот.

Все результаты измерений и вычислений запишите в таблицу.

t, с															
$t_{СР}$, с															
h, м															

Постройте график зависимости средней скорости качения от начальной высоты скатывания. Сделайте выводы.

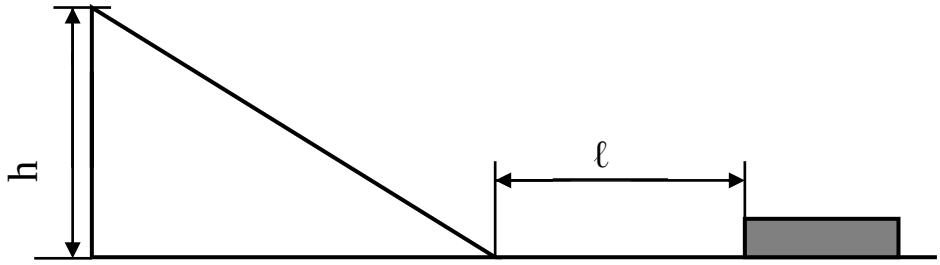
Лабораторная работа №15.
Зависимость длины тормозного пути бруска ℓ от высоты h наклонной плоскости.

Цель: исследовать зависимость ℓ от h. Построить график этой зависимости. Сделать выводы.

Оборудование: штатив; наклонная плоскость; деревянный брусок; поверхность стола, линейка демонстрационная.

Указания к работе.

Максимальную скорость V брусок приобретает в момент соприкосновения с поверхностью стола и продолжает движение по столуравнозамедленно. Длина тормозного пути бруска зависит от начальной скорости V на горизонтальном участке движения.



Порядок выполнения работы.

5. Подберите такую начальную минимальную высоту наклонной плоскости h, при которой брусок без задержек скатывается с наклонной плоскости.

6. Проделайте опыт три раза, измеряя длину тормозного пути бруска. Вычислите среднее значение длины тормозного пути.

7. Увеличивая высоту h каждый раз на 2 см, измеряйте длину тормозного пути по три раза для каждой высоты.

8. Эксперименты выполнить для пяти высот.

Все результаты измерений и вычислений запишите в таблицу.

ℓ, м												
$\ell_{СР}$, м												
h, м												

Постройте график зависимости длины тормозного пути от высоты наклонной плоскости. Сделайте выводы.

Лабораторная работа №16
Определение зависимости периода колебаний маятника от длины подвеса.

Цель: исследовать зависимость периода колебаний маятника от длины подвеса.

Оборудование: штатив; грузик, подвешенный на нити; демонстрационная линейка; секундомер.

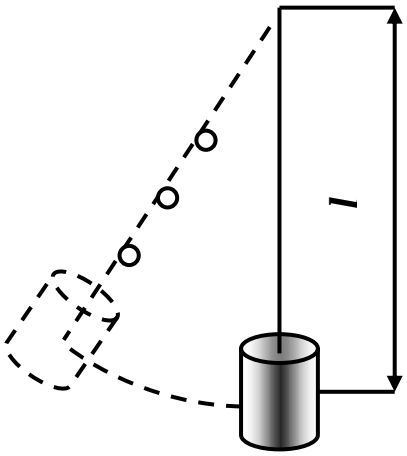
Пояснения к работе

Грузик, подвешенный на нити и совершающий колебания, является простейшим *маятником*.

Период колебаний – это время Т, затраченное на одно полное колебание.

Длина подвеса **– это расстояние *l* от верхнего конца нити до середины (центра масс) грузика.**

Работу следует выполнять методом рядов.



Порядок выполнения работы.

Нить маятника имеет четыре петельки, на которые и будет подвешиваться грузик.

Подвесив грузик на нижнюю петельку, измерьте длину подвеса *l*. Немного отведите грузик от положения равновесия и отпустите его, одновременно включив секундомер. Отсчитайте 30 колебаний и выключите секундомер. Время 30 колебаний t запишите в таблицу.

Таким же образом проведите эксперименты, подвешивая грузик на другие петельки.

Вычислите периоды колебаний Т для всех четырёх случаев и занесите результаты в таблицу:

l, м				
t ,с				
Т, с				

Постройте график зависимости периода колебаний Т от длины подвеса *l*.

Сделайте выводы.

Лабораторная работа №17
Определение зависимости периода колебаний маятника от начальной амплитуды.

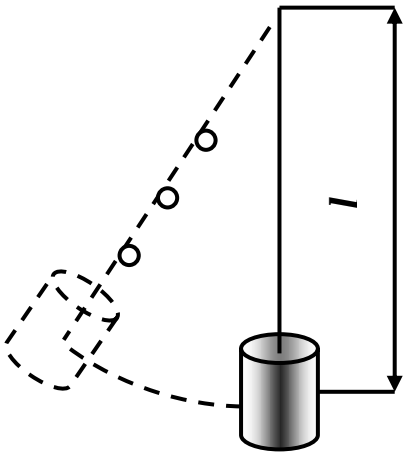
Цель: исследовать зависимость периода колебаний маятника от начальной амплитуды.

Оборудование: штатив; грузик, подвешенный на нити; демонстрационная линейка; секундомер.

Пояснения к работе

Амплитуда колебаний – это максимальное (наибольшее) отклонение (смещение) А от состояния равновесия.

Начальная амплитуда - начальное отклонение маятника от состояния равновесия (в момент начала колебаний).



Работу следует выполнять методом рядов.

Порядок выполнения работы.

Подвесив грузик на нижнюю петельку, измерьте длину подвеса *l*.

Отклоните маятник от состояния равновесия на 1-2 см и отпустите его, одновременно включив секундомер. Отсчитайте 30 колебаний и выключите секундомер. Время 30 колебаний t запишите в таблицу.

Таким же образом проведите эксперименты с другими значениями начальной амплитуды.

Вычислите периоды колебаний Т для четырёх случаев и занесите результаты в таблицу:

l, м				
А,см				
t ,с				
Т, с				

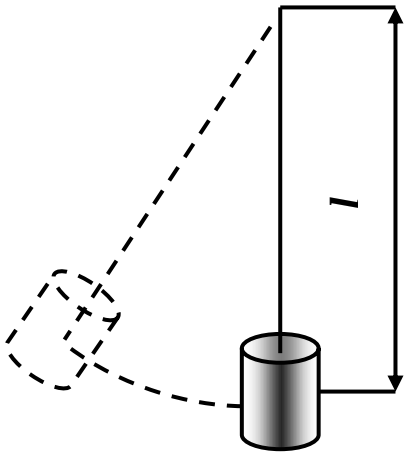
Постройте график зависимости периода колебаний Т от начальной амплитуды.

Сделайте выводы.

Лабораторная работа №18.
Определение зависимости периода колебаний маятника от массы груза.

Цель: исследовать зависимость периода колебаний маятника от массы грузика.

Оборудование: штатив; 4 грузика разной массы, нить; демонстрационная линейка; секундомер.



Пояснения к работе

Масса грузовm указана на каждом из них.

Длина подвеса *l* – величина постоянная.

t – время 30 колебаний.

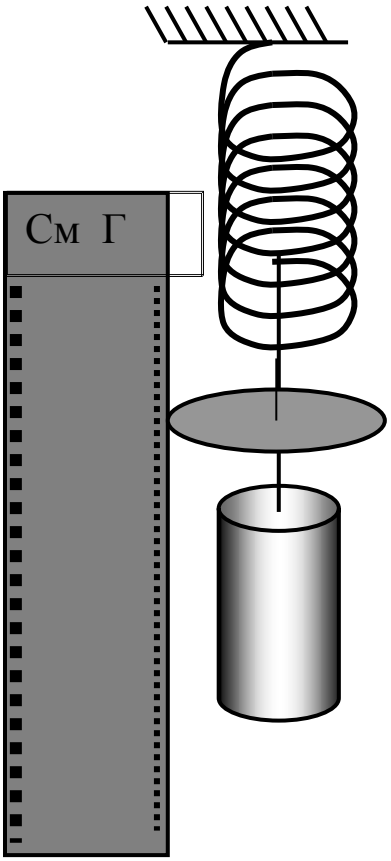
m, г				
t ,с				
T, с				

Порядок выполнения работы подобен предыдущему.

Постройте график зависимости периода колебаний Т от массы грузика.

Сделайте выводы.

Лабораторная работа №19.
Определение зависимости удлинения пружины от массы (силы вес) подвешиваемого груза.



Цель: построить график зависимости величины деформации (удлинения) пружины $\Delta\ell$ от величины силы, вызывающей деформацию пружины (от массы груза); начертить шкалу динамометра.

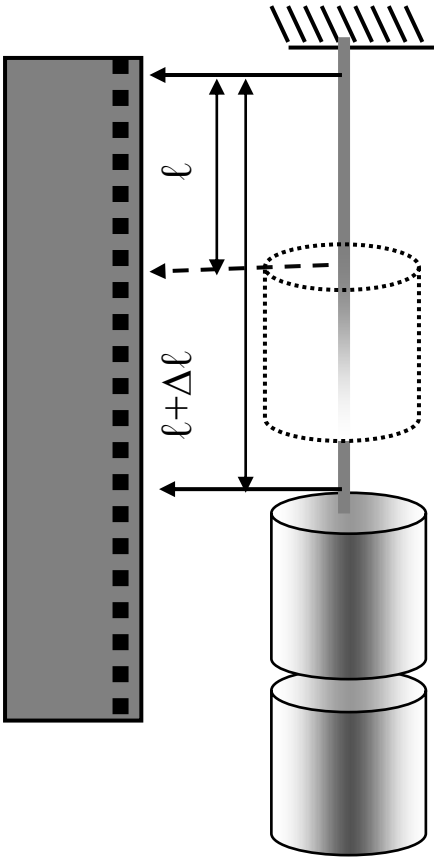
Оборудование: линейка ученическая; лёгкий стаканчик; набор гирь; динамометр без шкалы; чистая бумажная шкала ; штатив.

Порядок выполнения работы.

1. Вставьте бумажную шкалу в гнёзда динамометра.
2. Изменяя массу гирь в стаканчике от нуля до максимального для динамометра значения, начертите на шкале соответствующие им деления (см. рисунок).
3. Запишите в таблицу значения масс гирь и соответствующие им величины сил, растягивающих пружину.
4. Начертите равномерную шкалу динамометра, проградуированную с одной стороны в граммах, с другой в сантиметрах.
5. Воспользуйтесь полученной шкалой и определите массу вашей ручки или ластика.

Лабораторная работа №20.
Определение зависимости удлинения резинового жгута от массы (силы вес), подвешиваемого груза.

Цель: построитьграфик(точки) зависимостимассы груза m от величины деформации (удлинения) резинового шнура $\Delta\ell$



Оборудование:набор гирь; линейкаинструментальная; резиновый шнур; штатив.

Порядок выполнения работы.

1. Подвесьте резиновый шнур на штатив. Измерьте его начальную длину ℓ, слегка оттянув его рукой вниз, чтобы распрямить.
2. Подвесьте одну гирьку на шнур. Шнур удлинится на некоторую величину $\Delta\ell$.
3. Изменяя массу гирь от нуля до максимально возможногозначения, измеряйте каждый раз $\Delta\ell$.
4. Записывайте в таблицу значения масс гирь и соответствующие им величины удлинения шнура $\Delta\ell$.
5. Постройте на плоскости точки зависимости масс подвешенных гирь от величины удлинения шнура $\Delta\ell$

ℓ=

$\Delta\ell$ +ℓ, см									
$\Delta\ell$, см									
m, г		00	50	00	50	00	50	00	4 50

Сравните результаты эксперимента с полученными вами ранее в предыдущей работе.

Сделайте выводы.

Лабораторная работа №21.
Определение зависимости удлинения резинового жгута от величины приложенных сил.

Цель: 1. Исследовать зависимость величины деформации (удлинения) резинового шнура $\Delta\ell$ от величины силыF_1, вызывающейдеформацию этого шнура (рис. 1);

2. Исследовать зависимость величины деформации (удлинения) резинового шнура $\Delta\ell$ от величины сил F_1 иF_2 (рис. 2).

Оборудование: линейка демонстрационная; резиновый шнур; два динамометра . штырёк.

Порядок выполнения работы.

- Зацепите резиновый шнур одним концом за штырёк, торчащий из стола, к другому концу шнура прицепите динамометр.
- Взяв в руку динамометр, постепенно растягивайте шнур.
- Записывайте в таблицу результаты измерений длины шнура (начальную длину шнура ℓ, длину растянутого шнура $\Delta\ell+\ell$и величину удлинения $\Delta\ell$ шнура) а также величины силы F, растягивающей резиновый шнур.

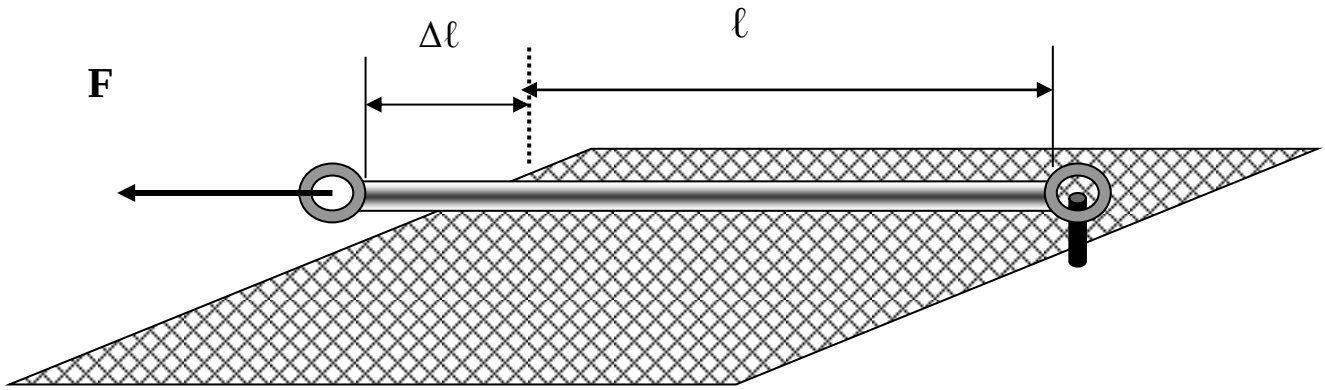


Рис 1

- Для выполнения второй части задания положите шнур на стол, прицепите к каждому концу шнура по динамометру. Один из динамометров прицепите к штырьку на столе.

- Растягивайте шнур, постепенно раздвигая динамометры.

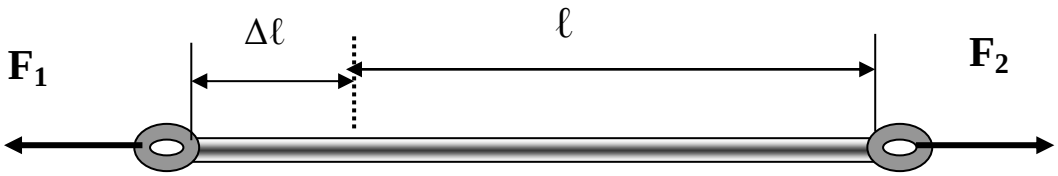


Рис 2

- Записывайте в таблицу полученные результаты длин ℓ, ℓ+Δℓ и Δℓ, а так же величины сил F_1и F_2.

ℓ+Δℓсм									
Δℓ ,см									
F, Н	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
ℓ+Δℓсм									
Δℓ, см									
F_1,Н									
F_2,Н									

Сравните результаты первого и второго экспериментов. Сделайте выводы.

Лабораторная работа №22.

Определение критического угла при соскальзывании тела с наклонной плоскости (поверхности: дерево, мелкая шкурка, др.).

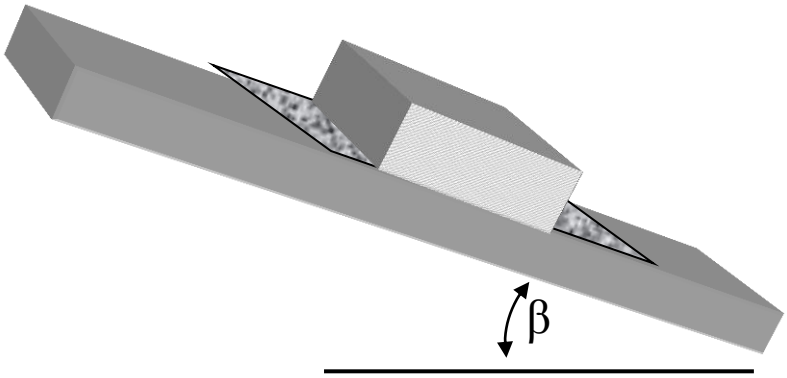
Цель:1 Экспериментально определить критический (предельный) уголβ, при котором тело начнёт скатываться с наклонной плоскости. Опыты проделать для разных типов поверхности.

2 Для деревянной поверхности определить минимальный угол β ,при котором брусок перестанет скользить с наклонной плоскости.

Оборудование: транспортир, деревянная наклонная плоскость (трибометр), брусок, шкурка.

Порядок выполнения работы.

1. Положите наклонную плоскость на стол около транспортира, начерченного на стенке стола. На тот конец плоскости, который вы будете приподнимать, положите брусок.



Постепенно и без рывков поднимайте тот край плоскости, на котором лежит брусок. Запишите в таблицу угол β, при котором брусок начнёт соскальзывать с наклонной плоскости.

Таблица:

Поверхность	дерево	шкурка
β_1		
β_2		
β_3		
$\beta_{ср}$		

Повторите эксперимент ещё два раза. Вычислите среднее значение $\beta_{ср}$.

Положите на наклонную плоскость кусок шкурки и проделайте таким же образом опыты для этой поверхности, придерживая шкурку рукой.

2. На тот конец плоскости, который вы будете приподнимать, положите брусок.. Приподнимите наклонную плоскость так, чтобы брусок начал скользить вниз и сразу плавно уменьшайте угол β до тех пор, пока брусок не остановится. Запишите результат в таблицу. Повторите опыт ещё два раза. Вычислите среднее значение.

β				$\beta_{ср}$	

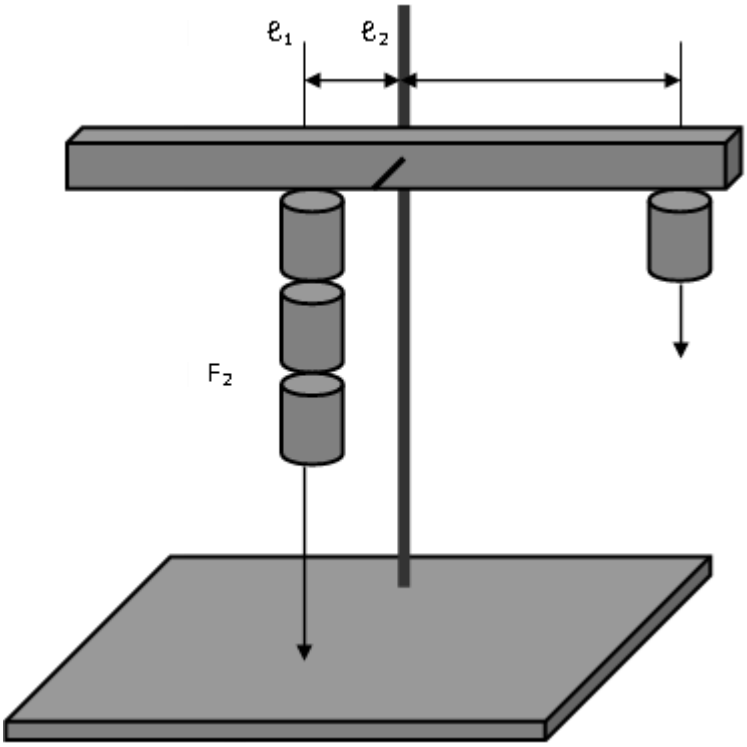
По результатам всех экспериментов сделайте выводы.

Лабораторная работа №23.
Выяснение условий равновесия рычага.

Цель: опытным путём выяснить, при каком соотношении сил и их плеч рычаг находится в равновесии.

Оборудование: рычаг на штативе; набор грузов; ученическая линейка.

Порядок выполнения работы.



1. Переместите крючки для подвешивания гирь вплотную к оси вращения рычага. Уравновесьте рычаг, вращая гайки на его концах так, чтобы он расположился горизонтально.

Подвесьте на рычаг одну гирю с одной стороны. С другой стороны рычага подвесьте другую гирю, подобрав такую точку подвешивания, чтобы рычаг был в равновесии. Измерьте расстояния ℓ_1 и ℓ_2 от точек подвеса гирь до оси вращения рычага

2. Результаты измерений запишите в таблицу.

3. Подвешивая с противоположных сторон рычага разные количества гирь, подберите такие точки подвеса, чтобы рычаг был вравновесии.

4. Найдите закономерности зависимостей между F_1, F_2 ,ℓ_1 , ℓ_2.

	Количество гирь	ℓ_1, м	F_1, Н	ℓ_2, м	F_2, Н

Сделайте выводы.

Лабораторная работа №24.
Экспериментальная задача.

Оборудование: рычаг с подвесом, динамометр, линейка ученическая.

Цель: 1. Определить массу рычага с помощью динамометра.
2. определить отношение плеч уравновешенного рычага.
3. определить массы плеч рычага.

Указания к работе

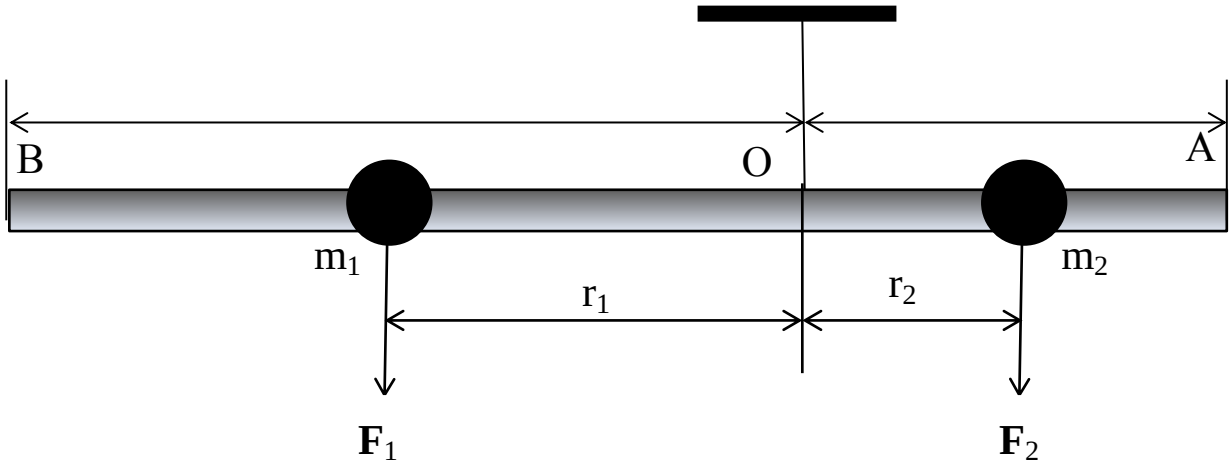
1. ***Рычаг*** – твердое тело, которое может вращаться вокруг неподвижной оси.

Обозначения на рисунке:

OB и OA – плечи рычага;

r_1 и r_2 - плечи сил, приложенных к рычагу;

m_1и m_2 – массы плеч рычага, причем $M = m_1 + m_2$.



2. Масса рычага, используемого в этой работе, распределена неравномерно по его длине.

Определить массу M рычага можно с помощью динамометра.

3. Изменяя точку подвеса O (центр масс) на рычаге, подберите такое её положение, чтобы рычаг оказался в равновесии (см. рисунок).

(Для проверки: в ЛР №5 вы уже определяли центр масс однородного тела.)

4. Земля притягивает любое тело вблизи её поверхности с силой, прямо пропорциональной его массе.

Силы F_1 и F_2 приложены к центрам масс каждого плеча. Каждая сила пропорциональна массе соответствующего плеча. Т.е. $\frac{F2}{F1}$ равно отношению плеч сил $\frac{m2}{m1}$

5. Для данной установки можно считать, что центры масс (центры тяжести) правого и левого плеч рычага расположены вблизи соответствующих центров каждого из плеч.

Очевидно, что отношение $\frac{OB}{OA}$ равно отношению плеч сил $\frac{r1}{r2}$ и равно отношению масс $\frac{m2}{m1}$.

Так как рычаг находится в равновесии, сила F_2 больше силы F_1 во столько же раз, во сколько раз плечо OB больше плеча OA.

Поэтому для нахождения отношения масс m_1 и m_2 достаточно измерить величины OB и OA и найти их отношение.

6. Для расчета масс соответствующих плеч рычага необходимо решить совместно следующие уравнения:

$M = m_1 + m_2$; и $\frac{OB}{OA} = \frac{m2}{m1}$.

Сделайте выводы.

Лабораторная работа № 25.
Определение жесткости пружины.

Цель: рассчитайте период колебаний груза, подвешенного на пружинах.

Оборудование: набор грузов известной массы; спиральная пружина; штатив; ученическая линейка; секундомер.

Пружину руками не растягивать!

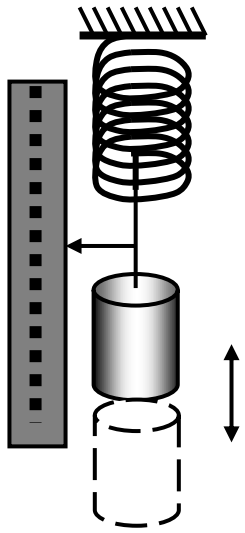
Содержание и метод выполнения работы.

Груз, подвешенный на стальной пружине и выведенный из состояния равновесия, совершает под действием силы тяжести и силы упругости пружины гармонические колебания.

k – жёсткость пружины, m – масса груза, T- период колебаний маятника, g≈ 10 Н/кг.

Порядок выполнения работы.

1. Для определения коэффициента жёсткости пружины (рис 1.) нужно подвесить к пружине одну гирю. Отметьте на закреплённой линейке начальное и конечное положение груза.



2. По измеренному удлинению Δx и известной силе F = mg (Н) вычислите жёсткость пружины : k= F / Δx (Н/м).

3. Определите коэффициент жёсткости пружины, подвесив к пружине две гири.

4. Определите коэффициент жёсткости пружины, подвесив к пружине три гири.

5. Постройте график зависимости k от масс грузов.

, г	Δx , см	

Сделайте выводы.

Лабораторная работа № 26.
Изучение колебаний груза, подвешенного на пружине (пружинный маятник).

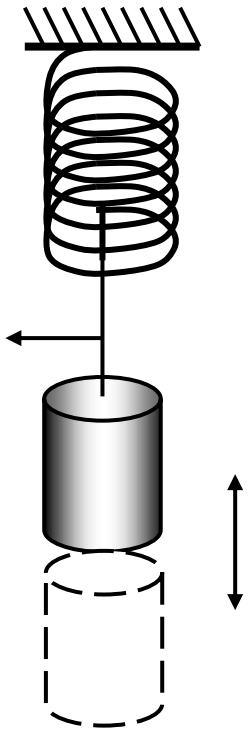
Цель: рассчитайте собственную частоту колебаний груза, подвешенного на пружинах.

Оборудование: набор грузов; спиральная пружина; штатив; ученическая линейка; секундомер.

Пружину руками не растягивать!

Содержание и метод выполнения работы.

Груз, подвешенный на стальной пружине и выведенный из состояния равновесия, совершает под действием силы тяжести и силы упругости пружины гармонические колебания.



m – масса груза, T- период колебаний маятника, t – время n колебаний.

Порядок выполнения работы.

- Определите период колебаний T_1 этой колебательной системы (см. рис) с одним грузом.

  $T_1=t_1/n$, где t_1 – время в секундах, n – число колебаний .

<u>Число колебаний должно быть не менее 30, **амплитуда колебаний 1 – 2 см.**</u>

Для вычисления T используйте метод рядов (см. лаб. работу №3).

- Определите период колебаний T_2 пружины и с двумя грузами.
- Определите период колебаний T_3 пружины и с тремя грузами.
- Постройте график зависимости T от масс грузов.

m, г	n, кол.	t, с			$t_{ср}$, с	T, с

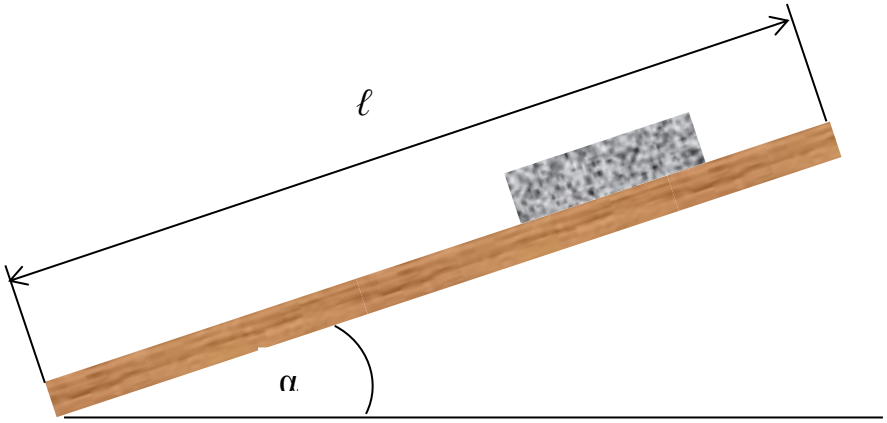
Лабораторная работа № 27.

Определение зависимости времени скатывания бруска с наклонной плоскости от площади его граней.

Оборудование: наклонная плоскость, деревянный брусок, секундомер.

Цель: Сравнить среднее время $t_{ср}$ скатывания бруска с наклонной плоскости для каждой из граней бруска *при постоянном угле α и постоянной длине наклонной плоскости ℓ*.

	t, c	t, c	t, c	$t_{ср}$, c
Сторона 1				
Сторона 2				
Сторона 3				



Сделать выводы

Нарисовать гистограмму с учётом погрешностей (см. работу №8)..

Лабораторная работа №28 ЭД

Наблюдение прямолинейного распространения света.

Цель: сформировать представление о прямолинейном распространении света, развивать умение анализировать, сопоставлять, делать выводы.

Оборудование: точечный источник света (электрическая лампа), любое тело небольшого объёма неправильной формы на нити или подставке.

Указания к работе

1. Установите над столом точечный источник света (настольную лампу, торшер и т.п.).
2. На поверхность стола положите лист белой бумаги.
3. Между источником и бумагой поместите любое тело небольшого размера (можете держать его в руке, подвесить на нити или прикрепить к подставке).
4. Пронаблюдайте за тенью этого предмета на бумаге, обведите карандашом или фломастером контуры этой тени.
5. Повторите наблюдения, изменив положение предмета по отношению к источнику света. Обводите при этом каждый раз контуры тени предмета.
6. Проанализируйте полученный результат и сделайте вывод, ответив на вопрос: “Как зависят размеры тени предмета от расстояния между источником света и самим предметом”.
7. Изобразите любым графическим способом данный опыт. Покажите ход лучей, иллюстрирующих образование тени в обоих случаях.
8. Разместите в бланке отчѐта фотографии своей экспериментальной установки, фотографии полученных теней от предмета, файл с рисунком, иллюстрирующим образование теней.

Ответьте на вопросы:

1. Что такое “Театр теней”? Для ответа воспользуйтесь дополнительными источниками информации.

2. Как и почему меняются размеры тени от одного и того же предмета в течение дня? Дайте развѐрнутый ответ.

Лабораторная работа №29
Изучение законов отражения светового луча

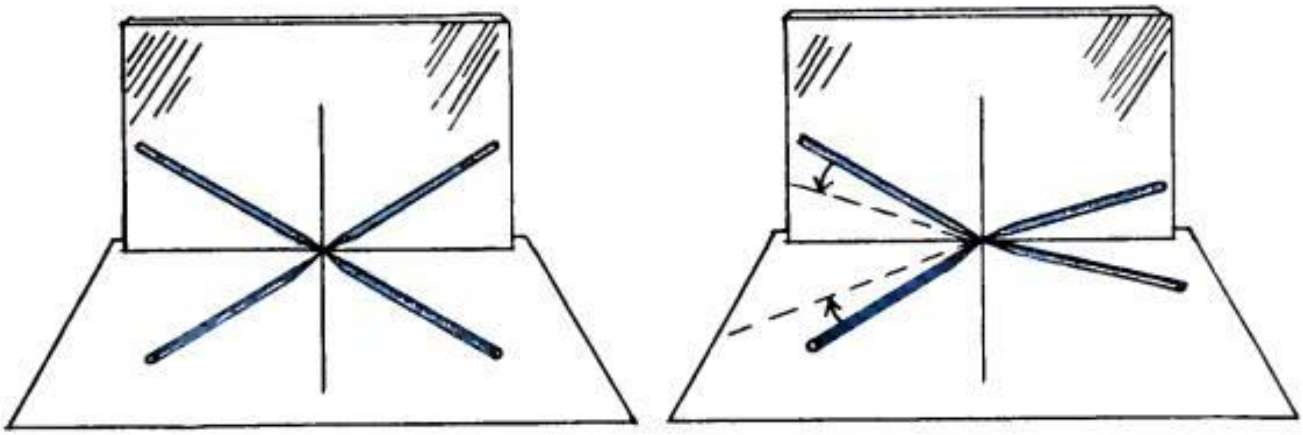
Цель: проиллюстрировать один из главных законов учения о свете-оптики: угол отражения луча равен углу его падения. Нужно только пояснить, что под углом падения и углом отражения подразумеваются углы между перпендикуляром, опущенным к отражающей поверхности, и падающим и отраженным лучами.

Оборудование: небольшое прямоугольное зеркало и два длинных карандаша или ручки.

Указания к работе

Для проверки строгой перпендикулярности нарисованной на бумаге линии к зеркалу проследите, чтобы и эта линия и ее отражение в зеркале были прямолинейными, без излома у поверхности зеркала. Ведь если бы зеркала не было, линия была бы совершенно прямая, а когда стоит зеркало, прямая линия должна состоять из нарисованной и отраженной линий. Это мы с вами создали тот самый перпендикуляр, о котором говорилось вначале.

В роли световых лучей в нашем опыте выступят карандаши или ручки. Положите карандаши на листок бумаги по разные стороны от начерченной линии концами друг к другу и к той точке, где линия упирается в зеркало (см. рисунок). Теперь проследите, чтобы отражения карандашей в зеркале и карандаши, лежащие перед зеркалом, образовывали прямые линии, без излома. Один из карандашей будет играть роль падающего луча, другой - луча отраженного. Углы между карандашами и начерченным перпендикуляром получаются равными друг другу.



Если теперь вы повернете один из карандашей (например, увеличивая угол падения), то обязательно нужно повернуть и второй карандаш, чтобы не было излома между первым карандашом и его продолжением в зеркале.

Всякий раз, изменяя угол между одним карандашом и перпендикуляром, нужно проделывать это и с другим карандашом, чтобы не нарушить прямолинейности светового луча, который карандаш изображает.

Сделайте выводы.

Лабораторная работа №30
Задачи для натоящих оптиков.

Оборудование: зеркало, карандаш, четыре книги, бумага.

Порядок выполнения работы: книги складываются в стопку, и к ним прислоняется зеркало. Под его край кладется бумага. Левая рука кладется перед листом бумаги. Подбородок кладется на руку, чтобы можно было смотреть только в зеркало, но не на лист. Глядя в зеркало, напишите на бумаге свое имя по горизонтали и по вертикали. А теперь посмотрите на бумагу. Результат: почти все буквы перевернуты, кроме симметричных..

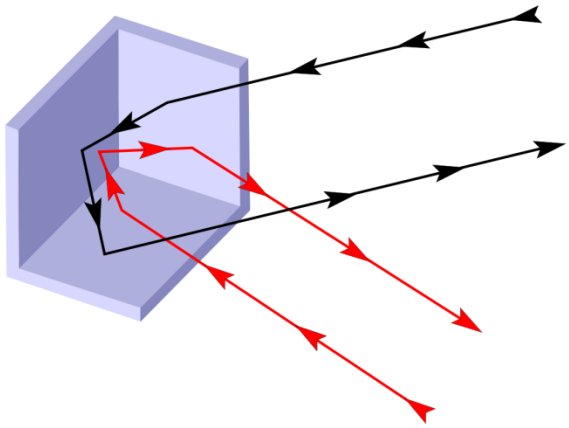
Перечислите все симметричные буквы русского алфавита

Человек приближается к зеркалу со скоростью 1м/с. С какой скоростью он приближается к своему изображению?

Лабораторная работа №31
Изучение работы уголкового отражателя.

Понадобится: 3 прямоугольных зеркала, карандаш, четыре книги (опоры для зеркал), бумага.

Порядок выполнения работы.



1. используя книги в качестве опор для зеркал построить на столе уголковый отражатель.
2. исследовать ход лучей через отражатель наблюдая своё отражение, изменяя своё местоположение относительно него.
3. Объяснить наблюдаемый эффект.
4. Предложить варианты использования уголкового отражателя на практике и в жизни. Написать эссе.

Лабораторная работа №32

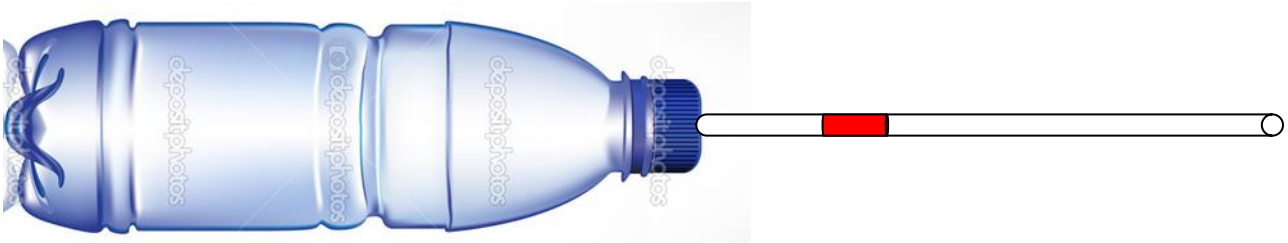
Наблюдение теплового расширения газа.

Оборудование: пластиковая бутылка, соломинка для коктейля, линейка ученическая, кусочек пластилина, капля воды (в трубочке).

Цель: Доказать на практике эффект расширения газа при нагревании.

Порядок выполнения работы.

1. Собрать рабочий макет из предложенного оборудования и материалов.
2. Вместе с преподавателем ввести каплю воды в трубочку.
3. Положить бутылку на стол горизонтально.
4. Нагреть бутылку не деформируя её с помощью тепла от рук.
5. Объяснить наблюдаемые изменения положения капельки воды в трубочке.
6. Как далеко переместилась бы капля в трубочке, если бы она была очень длинной и время воздействия со стороны рук было бы большим?
7. Где можно применить получившийся прибор?



Самая последняя лабораторная работа №33

Таинственная жидкость

Оборудование: перед вами плотно закрытый пузырёк, который запрещается открывать. В нём неизвестная жидкость, в которой находится сверкающий белый порошок.

Цель: исследовать свойства жидкости, воздействуя на неё только своими руками.

Перечислите максимальное количество свойств этой жидкости. Напишите эссе.

Погрешности средств измерений

№	Средства измерения	Предел измерения	Цена деления	Инструментальная погрешность
1	Линейка ученическая	До 50 см	1мм	±1 мм
2	Линейка чертёжная	До 50 см	1 мм	±0.2 мм
3	Линейка инструментальная	20 см	1 мм	±0,1 мм
4	Линейка демонстрационная	100 см	1 см	±0,5 см
5	Лента измерительная	150 см	0.5 см	±0,5 см
6	Мензурка	До 250 мл	2 мл	±0,1 мл
7	Весы учебные	200 г		±0,1 г
8	Комплект гирь Г-4-211.10		100 г 50 г 20 г 10 г 5 г 2 г 1 г 500 мг, 250 мг, 100 мг	±0,04 г ±0,03 г ±0,02 г ±0,012 г ±0 ,008 г ±0,006 г ±0,004 г ±2%
9	Гири лабораторные		100 г	±2 г
10	Штангенциркуль школьный	150 мм	0,1 мм	±0,05 мм
11	Микрометр	25 мм	0,01 мм	±0,004 мм
12	Динамометр учебный	4 Н	0,1 Н	±0,05 Н
13	Секундомер электронный KARSER	24 часа	0,01 с	±0,01 с (0,2 с с учётом субъективной погрешности).
14	Барометр-анероид	780 мм.рт.ст.	1 мм.рт. ст.	±3 мм.рт.ст.
15	Термометр лабораторный	0-100^0 С	1^0 С	±1^0 С
16	Манометр открытый демонстрационный	40 см	1 см	±0,2 см

Глоссарий.

1. **Фи́зика** (от др.-греч. φύσις — природа) — область естество-знания (одна из наук о природе). Наука, изучающая наиболее общие и фундаментальные закономерности, определяющие структуру и эволюцию материального мира.

2. **Физическое явление** – физический процесс, связанный с изменениями в физической системе объектов.

3. **Те́ло**, или *физическое* тело в физике — материальный объект, имеющий постоянные: массу, форму , объём.

4. **Вещество** – вид материи, из которого состоят тела и другие вещественные объекты (газы, жидкости). Вещество состоит из частиц, среди которых чаще всего встречаются электроны, протоны и нейтроны.

5. **Физи́ческая величина́** — количественная характеристика физического свойства материального объекта, физического явления, процесса, используемая для сравнения одинаковых свойств различных объектов.

6. **Значение физической величины** — число, характеризующее эту физическую величину, с указанием единицы измерения, на основе которой оно было получено.

7. **Размерные и безразмерные физические величины:**

- **Размерная физическая величина** — физическая величина, для определения значения которой нужно применить какую-то единицу измерения этой физической величины. Подавляющее большинство физических величин являются размерными.
- **Безразмерная физическая величина** — физическая величина, для определения значения которой достаточно только указания её размера.

8. **Аддитивные и неаддитивные физические величины:**

- **Аддитивная физическая величина** — физическая величина, разные значения которой могут быть суммированы, умножены на числовой коэффициент, разделены друг на друга. Например, физическая величина масса — аддитивная физическая величина (в классической механике).

- **Неаддитивная физическая величина** — физическая величина, для которой суммирование, умножение на числовой коэффициент или деление друг на друга её значений не имеет физического смысла. Например, физическая величина температура — неаддитивная физическая величина.

9. **Скалярные и векторные величины**

- **Скалярная физическая величина** — физическая величина может быть охарактеризована одним числом. Например, физические величины длина, площадь, объём.
- **Векторная физическая величина** — физическая величина может быть охарактеризована не только численным значением (модулем), но и некоторым направлением в пространстве. Например, физические величины вектор перемещения, вектор скорости.

10. **Размерность физической величины —** единица измерения, фигурирующая в значении физической величины. Как правило, у физической величины много различных размерностей: например, у длины — метр, миля, дюйм, парсек, световой год и т. д. Часть таких единиц измерения (без учёта своих десятичных множителей) могут входить в различные системы физических единиц — СИ, СГС и др.

11. **Измерение физической величины** – сравнение изучаемой величины с однородной величиной, принятой за единицу. Измерение физической величины опытным путём проводится с помощью различных средств измерений — мер, измерительных приборов, измерительных систем, установок и т. д.

12. **Ме́ра физи́ческой величины́** (мера величины, мера) — средство измерений в виде какого-либо тела, вещества или устройства, предназначенное для воспроизведения и хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью.

13. **Измери́тельный прибо́р** — средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой

физической величины в установленном диапазоне. Часто измерительным прибором называют средство измерений для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия оператора.

14. **Измерение называется прямым**, если измеряемая величина сравнивается с мерой непосредственно или при помощи измерительных приборов, градуированных в тех единицах, в которых измеряется данная величина.

Измерения длины стола с помощью масштабной линейки или измерения силы тока амперметром являются прямыми.

15. **Измерение называется косвенным**, если непосредственно измеряется не сама величина, а другие величины, связанные с нею функционально.

Например, для определения плотности вещества производят прямые измерения массы и объема тела. Результаты этих прямых измерений используют для вычисления плотности с помощью известного соотношения между массой тела, его объемом и плотностью вещества, из которого состоит тело.

16. **Задачами любого измерения** являются:

- установление приближенного значения измеряемой величины;
- оценка границ возможных погрешностей.

17. **Погрешность измерения** — оценка отклонения измеренного значения величины от её истинного значения. Погрешность измерения является характеристикой (мерой) точности измерения.

18. **Случайная погрешность** - составляющая погрешности измерения, связанная с факторами, которые изменяются при повторных измерениях хаотически, носят нерегулярный характер и их трудно предвидеть.

В появлении таких погрешностей не наблюдается какой-либо закономерности, они обнаруживаются при повторных измерениях одной и той же величины в виде некоторого разброса получаемых результатов. Случайные погрешности неизбежны, неустранимы и

всегда присутствуют в результате измерения, однако их влияние, как правило, можно устранить статистической обработкой.

Основным свойством случайной погрешности является возможность уменьшения искажения искомой величины путем усреднения данных.

19. **Систематическая погрешность** - составляющая погрешности измерения, остающаяся неизменной или закономерно меняющейся при повторных измерениях, т.е. погрешности, определяемые факторами либо постоянно искажающими результат измерения, либо постоянно изменяющимися в процессе измерения.

Пример: отставание секундомера или использование неправильно отрегулированных весов. Систематическую ошибку нельзя устранить повторными измерениями. Её устраняют либо с помощью поправок или «улучшением» эксперимента.

20. **Грубая погрешность (промах)** — погрешность, возникшая вследствие недосмотра экспериментатора или неисправности аппаратуры (например, если экспериментатор неправильно прочёл номер деления на шкале прибора или если произошло замыкание в электрической цепи).

21. **Абсолютная погрешность** измерения физической величины Δ**A** является оценкой абсолютной ошибки измерения выражается в тех же единицах измерения, что и сама физическая величина.

Абсолютная погрешность прямых измерений (при отсутствии других погрешностей) складывается из абсолютных погрешностей отсчета и инструментальной погрешности: $\Delta A = \Delta_и A + \Delta_о A$

22. $\Delta_и$**A** – **абсолютная инструментальная погрешность** измерения (погрешность средств измерения) определяются погрешностями применяемых средств измерений и вызываются несовершенством принципа действия, неточностью градуировки шкалы, ненаглядностью прибора. $\Delta_и A$ определяется по таблицам или по классу точности прибора.

23. **$\Delta_о$A** – **абсолютная погрешность отсчета** обусловлена недостаточно точным считыванием показаний

средств измерения, и в большинстве случаев равная половине цены деления измерительного инструмента (линейки) или прибора (секундомера, вольтметра и т.д.).

24. **Относительная погрешность** **δA** — определяет долю/процент, которую составляет абсолютная погрешность измерения по отношению к измеряемой величине. Относительная погрешность измерения, выраженная отношением абсолютной погрешности измерения к действительному или среднему значению измеряемой величины. Относительная погрешность является безразмерной величиной, либо измеряется в процентах:

$$\delta A = \frac{\Delta \mathrm{A}}{\mathrm{A}_{изм}} \times 100\%$$

25. **Результат измерения** величины А представляется в виде**:**

1) $A = A_{изм} \pm \Delta A$ (ед. изм.А);

2) $\delta A = ...\%.$ или в долях от целого.

3) И изображается на числовой оси в виде интервала:

Оглавление.

№	Наименование	стр
	Базовые требования к учащимся по организации работы, порядку выполнения лабораторных работ, оформлению протоколов и отчетов по предмету ОФЭ	3
	Общие сведения об измерениях	12
	Погрешности средств измерений. Погрешность измерений.	14
1.	Оценка погрешностей измерений 1.	19
2.	Оценка погрешностей измерений 2.	20
3.	Определение размеров малых тел.	21
4.	Определение объема тел неправильной или сложной формы.	22
5.	Исследовательская лабораторная работа	23
6.	Система единиц измерения размеров в разных странах и в разные времена	24
7.	Измерение массы тела с помощью рычажных весов.	25
8.	Гистограмма расстояний, пройденных линейкой при её падении.	26
9.	Измерение промежутков времени методом рядов	27
10.	Оценка величины погрешностей при измерении объектов разной величины	29
11.	Влияние измерительного прибора на результаты измерений. Линейки (ученическая, инструментальная, демонстрационная)	30
12.	Определение средней путевой скорости всплывания воздушного пузырька в трубке с жидкостью	31
13.	Зависимость результата эксперимента от количества повторных измерений	32
14.	Определение средней путевой скорости качения цилиндра по горизонтальной поверхности	33
15.	Зависимость длины тормозного пути бруска ℓ от высоты h наклонной плоскости	34

16.	Определение зависимости периода колебаний маятника от длины подвеса	35
17.	Определение зависимости периода колебаний маятника от начальной амплитуды	36
18.	Определение зависимости периода колебаний маятника от массы груза	37
19.	Определение зависимости удлинения пружины от массы (силы вес) подвешиваемого груза	38
20.	Определение зависимости удлинения резинового жгута от массы (силы вес), подвешиваемого груза.	39
21.	Определение зависимости удлинения резинового жгута от величины приложенных сил	40
22.	Определение критического угла при соскальзывании тела с наклонной плоскости (поверхности: дерево, мелкая шкурка).	42
23.	Выяснение условий равновесия рычага	44
24.	Экспериментальная задача (неоднородный рычаг)	45
25.	Определение жесткости пружины.	47
26.	Изучение колебаний груза, подвешенного на пружине	48
27.	Определение зависимости времени скатывания бруска с наклонной плоскости от площади его граней	49
28.	Наблюдение прямолинейного распространения света	50
29.	Изучение законов отражения светового луча	51
30.	Задачи для настоящих оптиков	53
31.	Изучение работы уголкового отражателя .	53
32.	Наблюдение теплового расширения газа	54
33.	Таинственная жидкость (наблюдение конвекции)	54
34.	Погрешности средств измерений	55
35.	Глоссарий	56
36.	Оглавление.	61
37.	Наклейки на обложки тетрадей №№1,2,3 по ОФЭ	63

Тетрадь № ___
для _____ по ОФЭ
учени___ 6 класса ____
МБОУ «Лицей № 40» г. Нижнего Новгорода

№ лр	Дата выпол-нения	Название лабораторной работы	Отметка	Дата	Роспись учителя
1.		Оценка погрешностей измерений 1.			
2.		Оценка погрешностей измерений 2.			
3.		Определение размеров малых тел.			
4.		Определение объема тел неправильной или сложной формы.			
5.		Исследовательская лабораторная работа			
6.		Система единиц измерения размеров в разных странах и в разные времена			
7.		Измерение массы тела с помощью рычажных весов.			
8.		Гистограмма расстояний, пройденных линейкой при её падении.			
9.		Измерение промежутков времени методом рядов			
10.		Оценка величины погрешностей при измерении объектов разной величины			
11.		Влияние измерительного прибора на результаты измерений. Линейки (ученическая,			
12.		Определение средней путевой скорости всплывания воздушного пузырька в трубке с			
13.		Зависимость результата эксперимента от количества повторных измерений			
14.		Определение средней путевой скорости качения цилиндра по горизонтальной поверхности			
15.		Зависимость длины тормозного пути бруска ℓ от высоты h наклонной плоскости			

16.		Определение зависимости периода колебаний маятника от длины подвеса			
17.		Определение зависимости периода колебаний маятника от начальной амплитуды			
18.		Определение зависимости периода колебаний маятника от массы груза			
19.		Определение зависимости удлинения пружины от массы (силы вес) подвешиваемого груза			
20.		Определение зависимости удлинения резинового жгута от массы (силы вес),			
21.		Определение зависимости удлинения резинового жгута от величины приложенных сил			
22.		Определение критического угла при соскальзывании тела с наклонной плоскости			
23.		Выяснение условий равновесия рычага			
24.		Экспериментальная задача (неоднородный рычаг)			
25.		Определение жесткости пружины.			
26.		Изучение колебаний груза, подвешенного на пружине			
27.		Определение зависимости времени скатывания бруска с наклонной плоскости от площади его			
28.		Наблюдение прямолинейного распространения света			
29.		Изучение законов отражения светового луча			
30.		Задачи для настоящих оптиков			
31.		Изучение работы уголкового отражателя .			
32.		Наблюдение теплового расширения газа			
33.		Таинственная жидкость (наблюдение конвекции)			
34.					
35.					

Савкин Пётр Михайлович
Шилков Роман Николаевич

Учебное пособие. Методические рекомендации и сборник лабораторных работ по основам физического эксперимента для учащихся 6-х классов.