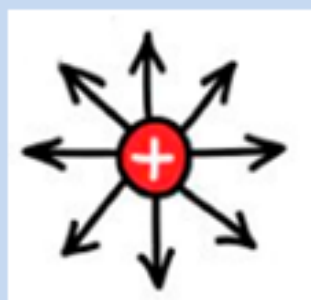
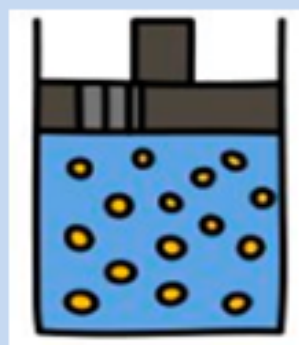
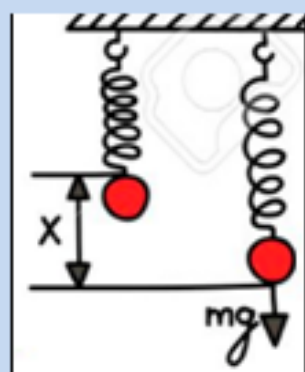


10

В. Э. Кондратиков

Рабочая тетрадь



Составитель

В.Э. Кондратилов, учитель физики высш. квалиф. категории МОУ «Рыбницкий теоретический лицей-комплекс».

Консультанты:

Н.И. Грищенко, учитель физики высш. квалиф. категории МОУ «Рыбницкая русская средняя общеобразовательная школа № 6 с лицейскими классами»;

С.И. Трунко, учитель физики высш. квалиф. категории МОУ «Рыбницкая русская средняя школа № 11».

1. Пояснительная записка

Рабочая тетрадь для лабораторных и практических работ по учебному предмету «Физика» разработана в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования Приднестровской Молдавской Республики на основе учебника «Физика» для 10 класса авторов Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева, Н.Н. Сотского, В.М. Чаругина под редакцией Н.А. Парфентьевой.

Содержание рабочей тетради охватывает все предусмотренные программой лабораторные работы и включает в себя: план выполнения лабораторной работы, требования к отчету, критерии оценки выполненной работы, рекомендации по обработке результатов измерений, инструкции по технике безопасности при проведении лабораторных и практических работ, бланки для оформления работ, а также рекомендуемую литературу. В каждой лабораторной работе четко указаны цели ее проведения, что способствует пониманию значимости выполняемых экспериментов.

Кроме того, в тетради приведены теоретические сведения по соответствующей теме, которые помогут обучающимся лучше усвоить материал и подготовиться к практическим занятиям. Для удобства изучения предложены справочные материалы, которые могут быть полезны в процессе работы.

Каждое задание содержит список необходимых приборов и материалов, что позволяет заранее подготовиться к проведению эксперимента. Описание хода работы представлено в пошаговом формате и дополнено необходимыми рисунками, схемами и таблицами, что обеспечивает наглядность и упрощает понимание процесса.

Также в тетради представлены расчетные формулы, которые помогут учащимся применять теоретические знания на практике и развивать навыки анализа полученных результатов. Такие элементы делают рабочую тетрадь незаменимым помощником в изучении физики, способствуя более глубокому освоению материала и развитию исследовательских навыков.

2. План выполнения лабораторной работы

1. Изучите теорию.
2. Соберите установку, необходимую для проведения измерений.
3. Проведите измерения, записывая результаты в таблицу.
4. Выполните необходимые расчеты.
5. Результаты запишите в таблицу.
6. Рассчитайте погрешности измерений, где это требуется.
7. Сделайте вывод по результатам работы.
8. Дайте ответ на дополнительные вопросы и задания.

3. Требования к отчету

Работа должна содержать:

- 1) название и номер работы;
- 2) приборы и материалы;
- 3) схема или чертеж к работе (если необходимо);
- 4) таблица результатов измерений, расчеты;
- 5) вывод (должен отражать данные о достижении цели, анализ результата, указания причин погрешностей и методы их устранения);
- 6) ответ на дополнительные вопросы и задания.

4. Критерии оценивания лабораторной работы*

Оценка 5 ставится в том случае, если обучающийся, соблюдая требования техники безопасности, выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтировал необходимое: приборы и материалы; все опыты провел в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; в отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления, правильно выполнил анализ погрешностей.

Оценка 4 ставится в том случае, если обучающийся, соблюдая требования техники безопасности, выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтировал необходимое: приборы и материалы; все опыты провел в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; в отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления, правильно выполнил анализ погрешностей, но допустил некоторые недочеты, не влияющие на результат.

Оценка 3 ставится в том случае, если обучающийся, соблюдая требования техники безопасности, выполнил работу не в полном объеме, нарушая необходимую последовательность проведения опытов и измерений; затруднялся в использовании необходимого оборудования; в отчете выполнил не все записи, допустил ошибки в вычислениях.

Оценка 2 ставится в том случае, если обучающийся выполнил работу частично, и объем выполненной работы не позволяет сделать правильные выводы, вычисления; наблюдения проводились неправильно.

1. Список лабораторных и практических работ носит рекомендательный характер и может быть изменен в зависимости от наличия оборудования в лаборатории физики.

2. Учитель может самостоятельно устанавливать объем необходимых расчетов.

3. Учитель может вносить изменения, если при этом не искажается суть работы.

4. Перед выполнением лабораторных работ рекомендуется выполнить практические работы № 1 и № 2 для приобретения практических навыков при расчете погрешностей.

5. Рекомендации по обработке результатов измерений

Выполнение лабораторных работ связано с измерением физических величин. Ошибки (погрешности), возникающие при измерениях, объясняются несовершенством методов измерения, измерительных приборов, условиями опыта.

Для повышения степени точности полученных результатов необходимо проводить всегда нечетное количество измерений, а потом найти среднее арифметическое значение.

Обозначим через x -измеренные физические величины. Расчет погрешностей измерения можно осуществлять двумя методами.

5.1. Метод среднего арифметического

1. Производят измерение искомой величины несколько раз и находят среднее арифметическое результатов этих измерений:

$$x_{cp} = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}.$$

2. Находят абсолютную погрешность каждого измерения:

$$\Delta x_1 = |x_1 - x_{cp}|; \quad \Delta x_2 = |x_2 - x_{cp}|; \quad \Delta x_3 = |x_3 - x_{cp}|.$$

Определяют среднее арифметическое этих погрешностей:

$$\Delta x_{cp} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3}{3}$$

и принимают его за абсолютную погрешность измерений. Абсолютную погрешность округляют до одной значащей цифры ($\Delta x \approx 0,17 = 0,2$; $\Delta y \approx 0,012 = 0,01$). Численное значение x округляют так, чтобы его последняя цифра оказалась в том же разряде, что и цифра погрешности ($x = 10,332 \approx 10,3$; $y = 1,846 \approx 1,85$).

3. Находят относительную погрешность измерений ε :

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta x_{cp}}{x_{cp}} 100\%. \quad \text{Как правило, относительную погрешность округляют до целого значения.}$$

5.2. Метод сравнения с табличным значением

Если существует табличное значение, определяемой в ходе лабораторной работы величины, то полученные результаты сравниваются с табличным значением.

1. Производится несколько измерений физической величины и определяется среднее значение.

$$x_{cp} = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}.$$

2. Абсолютная погрешность измерений вычисляется по формуле:

$$\Delta x = |x_{cp} - x_{табл}|.$$

Относительная погрешность находится по формуле:

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta x}{x_{табл}} 100\%.$$

5.3. Определение абсолютной погрешности измерительных приборов

При проведении прямых измерений необходимо учитывать абсолютные погрешности измерительных приборов. Они обычно указываются на шкале прибора или в техническом паспорте. Если данные о погрешности прибора отсутствуют, абсолютную погрешность необходимо принять как половину цены деления шкалы прибора $\Delta x = \frac{C}{2}$.

Если применяется измерительный прибор, у которого перемещение измерительного механизма (стрелки) происходит не равномерно, а импульсно, абсолютную погрешность необходимо принять как цену деления шкалы прибора $\Delta x = C$.

При применении цифрового измерительного прибора учитывается абсолютная погрешность, указанная в техническом паспорте. При отсутствии паспорта учитывается погрешность измерения, заданная единицей измерения последнего отображаемого разряда. Например, если указанное значение измеряемой величины составляет 2,47, то абсолютная погрешность составляет 0,01.

6. Инструкция по технике безопасности при выполнении лабораторных (практических) работ по физике

6.1. Требования безопасности перед началом работы в кабинете физики

1. Требования к учащимся перед работой в кабинете физики:
 - входить в кабинет физики только после разрешения учителя;
 - не включать самостоятельно электроосвещение и учебные электроприборы;
 - подготовить рабочее место и учебные принадлежности к занятиям;
 - перед выполнением практической работы внимательно изучить по учебнику или пособию порядок ее проведения.
2. Перед началом лабораторной работы учащийся должен внимательно изучить содержание и порядок выполнения лабораторной работы, а также безопасные приемы и методы ее выполнения.
3. Учебные приборы и оборудование необходимо разместить таким образом, чтобы исключить их падение и опрокидывание.
4. Проверить исправность оборудования, приборов, целостность лабораторной посуды и приборов из стекла.
5. Портфели и сумки необходимо расположить так, чтобы они не загромождали проходы.
6. Приступать к работе разрешается после выполнения подготовительных мероприятий и устранения всех недостатков и с разрешения учителя физики.

6.2. Требования безопасности во время работы в кабинете физики

1. Пребывание школьников в кабинете физики может осуществляться только с разрешения учителя. Все работы должны проводиться при личном присутствии в кабинете учителя физики.
2. На занятиях в кабинете физики учащиеся должны быть внимательны, дисциплинированы, осторожны, не оставлять рабочее место без разрешения учителя.
3. Точно выполнять указания учителя физики, без его разрешения не проводить опыты и не трогать руками приборы и материалы, не вставать с места, не включать приборы.
4. Осторожно и бережно обращаться с лабораторным оборудованием.
5. Без разрешения учителя физики не брать приборы и любое оборудование для опытов с соседних рабочих мест.
6. Не выносить из кабинета физики приборы и лабораторное оборудование.
7. Не прикасаться к находящимся под напряжением элементам цепей, лишенным изоляции.
8. Не производить дополнительные подключения в цепях и смену предохранителей до отключения источника электропитания.
9. Следить за тем, чтобы во время работы случайно не коснуться вращающихся частей электрических машин.
10. При проведении опытов не допускать предельных нагрузок измерительных приборов.
11. Пользоваться инструментами с изолирующими ручками.
12. Немедленно сообщать учителю о выявлении неисправности прибора.
13. Не принимать пищу и напитки в кабинете физики.
14. Находясь в кабинете физики, школьники обязаны соблюдать тишину и порядок, выполнять требования учителя.
15. При получении травмы или плохом самочувствии немедленно сообщить учителю физики.

16. Обо всех неполадках в работе оборудования необходимо ставить в известность учителя кабинета физики.
17. Запрещается самостоятельно устранять любые неисправности используемого лабораторного оборудования и электроприборов.
18. При возникновении в кабинете физики во время работы аварийной ситуации не допускать паники и действовать по указанию учителя.

6.3. Требования безопасности в кабинете физики в аварийных ситуациях

1. При возникновении аварийной ситуации в кабинете физики немедленно сообщить учителю и далее действовать по его указанию.
2. При обнаружении неисправности в работе электрических устройств, находящихся под напряжением, повышенном их нагревании, появлении искрения, запаха горелой изоляции и т.д. немедленно сообщить об этом учителю физики.
3. В случае, если разбилась лабораторная посуда из стекла, не собирать их осколки незащищенными руками, а использовать для этой цели щетку и совок.
4. Не оставлять своего рабочего места без разрешения учителя физики.
5. В случае возникновения аварийной ситуации, создающей угрозу для жизни и здоровья, учащиеся должны быть готовы организованно, без паники, быстро покинуть кабинет под руководством учителя.

6.4. Требования безопасности в кабинете физики по окончании работы

1. По окончании занятия по физике следует привести в порядок свое рабочее место, расположить приборы и оборудование в порядке, указанном учителем.
2. Собрать тетради и учебник, письменные принадлежности.
3. При работе с лабораторным оборудованием, электроприборами и приспособлениями после окончания урока вымыть руки.
4. Выходить из кабинета физики спокойным шагом и по указанию учителя.
5. Запрещено выносить из кабинета физики любые приборы и приспособления, лабораторную посуду и иное лабораторное оборудование без указания учителя.
6. Обо всех недостатках, обнаруженных во время работы в кабинете, сообщить учителю физики.
7. Дежурный учащийся внимательно проверяет санитарное состояние кабинета и передает кабинет дежурному приходящего класса или учителю физики.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Лабораторная работа № 1

Дата: _____

Тема «Определение средней скорости движения тела».

Цель: овладеть практическими навыками измерения скорости тела по величине его перемещения и времени движения.

Приборы и материалы: желоб, штатив, секундомер, измерительная лента, металлические шарики разных диаметров.

Теоретический материал

Средняя скорость подразумевает отношение пройденного пути к затраченному на путь времени. При выполнении данной лабораторной работы средняя скорость будет определяться как среднее арифметическое значение для трех различных случаев движения.

Ход работы

- Отметьте на полу определенное расстояние ($s = 3\text{ м} - 5\text{ м}$): $s = \underline{\hspace{2cm}}$.
- Установите желоб с помощью штатива в наклонном положении таким образом, чтобы его горизонтальная часть находилась на поверхности пола. Отпустите шарик с определенной высоты и определите время движения на выделенном участке: $t_1 = \underline{\hspace{2cm}}$.
- Повторите опыт несколько раз, отпуская шарик с заданной высоты, и определите время движения: $t_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ $t_3 = \underline{\hspace{2cm}}$.

- Определите скорость для каждого случая по формуле $v = \frac{s}{t}$:

$$v_1 = \underline{\hspace{2cm}} \quad v_2 = \underline{\hspace{2cm}} \quad v_3 = \underline{\hspace{2cm}}.$$

- Вычислите среднюю скорость движения по формуле $v_{cp} = \frac{v_1 + v_2 + v_3}{3}$:

$$v_{cp} = \underline{\hspace{2cm}}.$$

- Определите абсолютную погрешность для каждого случая $\Delta v = |v_i - v_{cp}|$:

$$\Delta v_1 = \underline{\hspace{2cm}} \quad \Delta v_2 = \underline{\hspace{2cm}} \quad \Delta v_3 = \underline{\hspace{2cm}}.$$

- Определите среднюю абсолютную погрешность $\Delta v_{cp} = \frac{\Delta v_1 + \Delta v_2 + \Delta v_3}{3}$:

$$\Delta v_{cp} = \underline{\hspace{2cm}}.$$

- Определите относительную погрешность $\varepsilon_v = \frac{\Delta v_{cp}}{v_{cp}} \cdot 100\%$:

$$\varepsilon_v = \underline{\hspace{2cm}}.$$

- Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

№	s, м	t, с	v, м/с	Δv , м/с	ε_v , %
1					
2					
3					
Среднее значение					

- Запишите итоговый результат в виде $v = (v_{cp} \pm \Delta v_{cp})$, $\varepsilon_v = \underline{\hspace{2cm}}\%$:

$$v = \underline{\hspace{2cm}} \quad \varepsilon_v = \underline{\hspace{2cm}}.$$

- Вывод: _____

- Дополнительные вопросы и задания:

1) Повторите опыт, изменяя угол наклона желоба. Сравните полученные результаты. Ответ поясните.

2) Повторите опыт, применив шарик иного диаметра. Сравните полученные результаты. Ответ поясните.

Лабораторная работа № 2

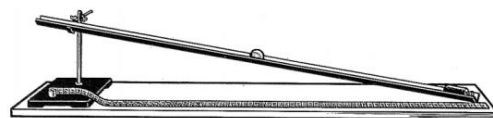
Дата: _____

Тема «Измерение ускорения тела при равноускоренном движении».**Цель:** изучить основные закономерности равноускоренного движения.**Приборы и материалы:** желоб, штатив с муфтой, шарик, металлический цилиндр, рулетка, секундомер.**Теоретический материал**

Основная характеристика равноускоренного движения – ускорение, которое показывает быстроту изменения скорости. Ускорение движения тел можно определить опытным путем. Например, ускорение движущегося шарика по желобу. Для этого измеряют длину перемещения s шарика за известное время t . Так как при равноускоренном движении без начальной скорости

перемещение $s = \frac{at^2}{2}$, то, измерив s и t , можно найти ускорение

шарика по формуле: $a = \frac{2s}{t^2}$.

**Ход работы**

1. Укрепите желоб с помощью штатива в наклонном положении под небольшим углом к горизонту. У нижнего конца желоба положите в него металлический цилиндр.

2. Измерьте расстояние от верхнего края желоба до цилиндра: $s =$ _____.

3. Пустив с верхнего конца желоба шарик без начальной скорости, определите время его движения до столкновения с цилиндром: $t =$ _____.

4. Рассчитайте ускорение шарика по формуле $a_{из} = \frac{2s}{t^2}$:

$a_{из} =$ _____.

5. Определите абсолютные погрешности измерительных приборов: $\Delta s =$ _____ $\Delta t =$ _____.

6. Определите относительную погрешность $\varepsilon_a = \frac{\Delta s}{s} + \frac{2\Delta t}{t}$:

$\varepsilon_a =$ _____.

7. Определите абсолютную погрешность $\Delta a = a_{из} \varepsilon_a$:

$\Delta a =$ _____.

8. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

s , м	Δs , м	t , с	Δt , с	a , м/с ²	Δa , м/с ²	ε_a , %

9. Запишите итоговый результат в виде $a = (a_{из} \pm \Delta a)$, $\varepsilon_a =$ _____ %:

$a =$ _____ $\varepsilon_a =$ _____.

10. Вывод: _____

11. Дополнительные вопросы и задания:

1) Повторите опыт, изменяя угол наклона желоба. Сравните полученные результаты. Ответ поясните.

2) Повторите опыт, применив шарик иного диаметра. Сравните полученные результаты. Ответ поясните. Сделайте вывод. _____

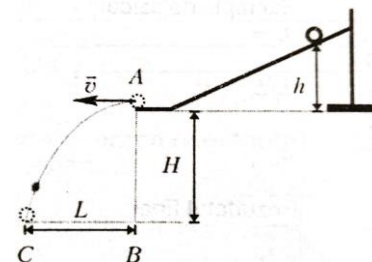
Тема «Изучение движения тела брошенного горизонтально».

Цель: изучить основные закономерности движения в гравитационном поле.

Приборы и материалы: желоб, штатив с муфтой, шарик, рулетка, секундомер, бумага.

Теоретический материал

Шарик, катящийся без трения по наклонному желобу, в конце желоба будет иметь скорость: $v = \sqrt{2gh}$, где h – высота, с которой движется шарик, а $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения. Если последний участок желоба установлен горизонтально, то шарик будет двигаться по параболе и коснется стола (или пола) на расстоянии $L = v \sqrt{\frac{2H}{g}}$ от края желоба, где H – высота от горизонтальной поверхности до нижнего края желоба. С учетом этих двух выражений конечная формула имеет вид: $L = v \sqrt{Hh}$.



В данной работе правильность данного уравнения будет проверена путем сравнения рассчитанной величины L и измеренной величины $L_{из}$. Отношение этих двух величин должно незначительно отличаться от единицы, и величина этой разницы не должна превышать относительную погрешность.

Ход работы

1. Установите желоб с помощью штатива в наклонном положении под небольшим углом к горизонту таким образом, чтобы его горизонтальная часть находилась у края стола.
2. Пустите шарик без начальной скорости с верхнего конца желоба. При необходимости измените угол наклона. Определите высоту h желоба: $h = \underline{\hspace{2cm}}$.
3. Отметьте на полу точку **B** строго под окончанием горизонтальной части желоба, а на месте падения шарика закрепите лист бумаги. Вмятина, оставленная шариком на листе, будет обозначать точку **C**.
4. Определите высоту H : $H = \underline{\hspace{2cm}}$.

5. Отпустите мяч с высоты h и измерьте дальность полета шарика $L_{из} = CB$: $L_{из} = \underline{\hspace{2cm}}$.

6. Рассчитайте значения величин L , $L/L_{из}$.

$$L = \underline{\hspace{2cm}} \quad L/L_{из} = \underline{\hspace{2cm}}.$$

7. Определите абсолютные погрешности измерительных приборов: $\Delta h = \underline{\hspace{2cm}}$ $\Delta H = \underline{\hspace{2cm}}$.

8. Определите относительную погрешность $\varepsilon_L = \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta H}{H} \right)$:

$$\varepsilon_L = \underline{\hspace{2cm}}.$$

9. Определите абсолютную погрешность $\Delta L = L_{из} \varepsilon_L$:

$$\Delta L = \underline{\hspace{2cm}}.$$

10. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

h , м	Δh , м	H , м	ΔH , м	L , м	$L_{из}$, м	$L/L_{из}$	ε_L , %

11. Вывод: _____

12. Дополнительные вопросы и задания:

- 1) Повторите опыт, изменяя угол наклона желоба. Сравните полученные результаты. Ответ поясните.

- 2) Повторите опыт, применив шарик иного диаметра. Сравните полученные результаты. Ответ поясните. Сделайте вывод.

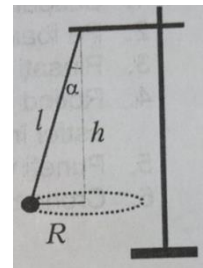
Тема «Изучение конического маятника».

Цель: изучение вращательного движения тела.

Приборы и материалы: штатив с муфтой, шарик на нити, рулетка, секундомер, циркуль, лист бумаги.

Теоретический материал

Конический маятник представляет собой шарик, подвешенный на нити, вращающейся в горизонтальной плоскости. Учитывая, что угол между вертикалью и нитью равен α , а ее длина равна l , имеем: $\tan \alpha = \frac{a_{ц}}{g} = \frac{R}{h}$, где h – расстояние между точкой подвеса и плоскостью окружности. Если период вращения шара равен T , а центростремительное ускорение выражается: $a_{ц} = \frac{4\pi R}{T^2}$, то в итоге получаем: $T = 2\pi \sqrt{\frac{h}{g}}$.



С другой стороны, период маятника можно определить по формуле: $T_{\text{экс}} = \frac{t}{N}$. Таким

образом, отношение $\eta = \frac{T}{T_{\text{экс}}}$, в случае точных измерений, не должно сильно отличаться от единицы.

Ход работы

1. Подвесьте шарик на нити в штативе.
2. Начертите на листе бумаги окружность радиусом примерно 5 см.
3. Поместите лист с центром круга под подвешенным шаром.
4. Определите высоту h конического маятника: $h =$ _____.
5. Осторожно вращая верхний конец нити, придайте шару круговое движение, чтобы его траектория точно совпадала с начерченной окружностью.
6. Определите время t , за которое маятник выполнит $N = 15$ вращений: $t =$ _____.
7. Определите периоды вращения T и $T_{\text{экс}}$:
 $T =$ _____ $T_{\text{экс}} =$ _____.
8. Рассчитайте отношение $\eta = \frac{T}{T_{\text{экс}}}$:
 $\eta =$ _____.
9. Определите абсолютные погрешности измерительных приборов: $\Delta h =$ _____ $\Delta t =$ _____.
10. Определите относительную погрешность $\varepsilon_{\eta} = \frac{\Delta h}{2h} + \frac{\Delta t}{t}$:
 $\varepsilon_{\eta} =$ _____.
11. Определите абсолютную погрешность $\Delta \eta = \eta \cdot \varepsilon_{\eta}$:
 $\Delta \eta =$ _____.
12. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

№	h , м	T , с	N	t , с	$T_{\text{экс}}$, с	η	$\Delta \eta$	ε_{η} , %
1								

13. Запишите итоговый результат в виде $\eta = (\eta \pm \Delta \eta)$, $\varepsilon_{\eta} =$ _____ %:

 $\eta =$ _____

 $\varepsilon_{\eta} =$ _____

14. Вывод: _____

15. Дополнительные вопросы и задания:

- 1) Повторите опыт, изменив высоту маятника h . Сделайте вывод. _____

- 2) Повторите опыт, изменив радиус окружности R . Сделайте вывод. _____

Лабораторная работа № 5

Дата: _____

Тема «Измерение коэффициента трения скольжения».

Цель работы: определить коэффициент трения скольжения и исследовать его зависимость от свойств поверхности.

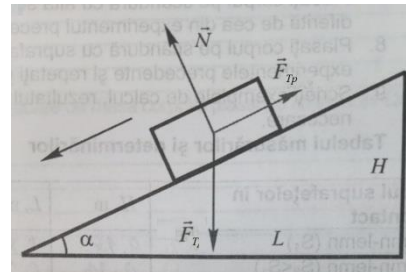
Приборы и материалы: доска, два бруска, различающихся по гладкости поверхностей, штатив, линейка.

Теоретический материал

На тело, расположенное на наклонной плоскости, действуют силы: $\vec{N}$, $\vec{F}_{тр}$, $\vec{F}_T$.

При определенном угле наклона плоскости их действие компенсируется, и тело начинает двигаться равномерно прямолинейно. Данный угол называется углом трения, а коэффициент трения определяется соотношением: $\mu = \operatorname{tg} \alpha$.

Определяя значения высоты H и основания L плоскости, для коэффициента трения получаем выражение: $\mu = \frac{H}{L}$.



Ход работы

1. Расположите доску горизонтально и поместите на нее деревянный брусок.
2. Медленно поднимайте один конец доски, пока брусок не начнет скользить.
3. Определите высоту H и основание L полученной наклонной плоскости, при котором начинается скольжение бруска: $H =$ _____, $L =$ _____.

4. Рассчитайте значения коэффициента трения по формуле $\mu = \frac{H}{L}$:

$\mu =$ _____.

5. Определите абсолютные погрешности измерительных приборов: $\Delta H =$ _____, $\Delta L =$ _____.

6. Определите относительную погрешность $\varepsilon_\mu = \frac{\Delta H}{H} + \frac{\Delta L}{L}$:

$\varepsilon_\mu =$ _____.

7. Определите абсолютную погрешность $\Delta\mu = \mu \cdot \varepsilon_\mu$:

$\Delta\mu =$ _____.

8. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

Поверхность	H , м	L , м	μ	$\Delta\mu$	ε_μ , %
Дерево-Дерево S_1					

9. Запишите итоговый результат в виде $\mu = (\mu \pm \Delta\mu)$, $\varepsilon_\mu =$ _____ %:

$\mu =$ _____

$\varepsilon_\mu =$ _____.

10. Вывод: _____

11. Дополнительные вопросы и задания:

1) Повторите опыт, перевернув брусок другой стороной $S_2 < S_1$. Сравните полученные результаты. Сделайте вывод. _____

2) Повторите опыт, применяя плоскость иной шероховатостью. Сделайте вывод. _____

Лабораторная работа № 6

Дата: _____

Тема «Измерение жесткости пружины».**Цель работы:** проверка справедливости закона Гука.**Приборы и материалы:** штатив с муфтой и лапкой, набор грузов по 100 г, пружинный динамометр, линейка.**Теоретический материал**

Сила упругости – это сила, возникающая при деформации тела. Согласно закону Гука, сила упругости, возникающая при упругой деформации растяжения или сжатия тела, пропорциональна абсолютному значению изменения длины тела x : $F_{\text{уп}} = k|x| = k|\Delta l|$.

Если деформирующей силой является вес тела, то для того чтобы определить коэффициент жесткости можно применить выражение: $k = \frac{P}{\Delta l}$.

Ход работы

1. Укрепите пружину в штативе.

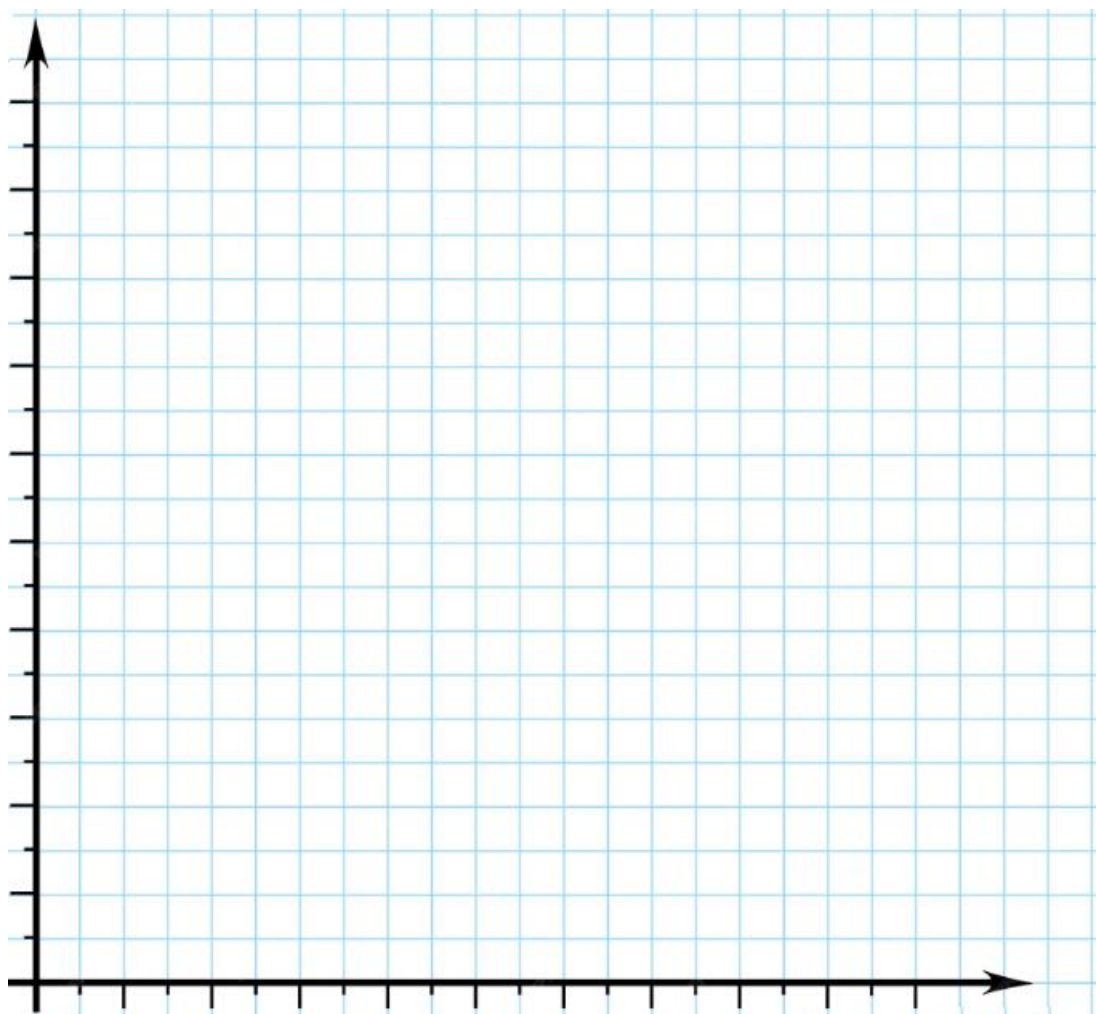
2. Подвесьте к пружине груз весом 1Н и определите ее удлинение Δl : $\Delta l_1 = \underline{\hspace{2cm}}$.3. Повторите опыт для 2Н, 3Н и определите каждый раз удлинение Δl . $\Delta l_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ $\Delta l_3 = \underline{\hspace{2cm}}$.4. Определите для каждого случая коэффициент жесткости $k = \frac{P}{\Delta l}$: $k_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ $k_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ $k_3 = \underline{\hspace{2cm}}$.5. Определите среднее арифметическое значение $k_{\text{ср}}$ по формуле $k_{\text{ср}} = \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3}$: $k_{\text{ср}} = \underline{\hspace{2cm}}$.6. Определите абсолютную погрешность по формуле для каждого случая $\Delta k = |k - k_{\text{ср}}|$: $\Delta k_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ $\Delta k_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ $\Delta k_2 = \underline{\hspace{2cm}}$.7. Определите среднюю абсолютную погрешность по формуле $\Delta k_{\text{ср}} = \frac{\Delta k_1 + \Delta k_2 + \Delta k_3}{3}$: $\Delta k_{\text{ср}} = \underline{\hspace{2cm}}$.8. Определите относительную погрешность по формуле $\varepsilon_k = \frac{\Delta k_{\text{ср}}}{k_{\text{ср}}} \cdot 100\%$: $\varepsilon_k = \underline{\hspace{2cm}}$.

9. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

№	Δl , м	P , Н	k , Н/м	Δk , Н/м	ε_k , %
Среднее значение					

10. Запишите итоговый результат в виде $k = (k_{\text{ср}} \pm \Delta k_{\text{ср}})$, $\varepsilon_k = \underline{\hspace{2cm}}\%$: $k = \underline{\hspace{2cm}}$ $\varepsilon_k = \underline{\hspace{2cm}}$.

11. По результатам измерений постройте график зависимости силы упругости от удлинения.



12. Пользуясь графиком, определите значение жесткости пружины $k_{\text{сп}}$. Полученное значение сравните с $k_{\text{сп}}$.

$k_{\text{сп}} =$ _____

13. Вывод: _____

Тема «Изучение закона сохранения механической энергии».

Цель работы: изучение закона сохранения потенциальной энергии тела и деформированной пружины в гравитационном поле.

Приборы и материалы: штатив с муфтой и лапкой, динамометр лабораторный, линейка, груз массой m на нити длиной l , набор картонок толщиной порядка 2 мм, краска и кисточка.

Теоретический материал

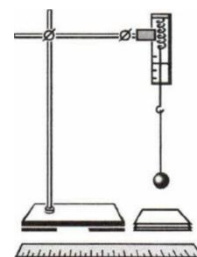
В изолированной системе потенциальная энергия тела E_{Π} при падении на подвешенной пружине переходит в потенциальную энергию растяжения пружины $E_{\Pi p}$:

$$E_{\Pi} = E_{\Pi p}, \text{ где } E_{\Pi} = mg(l + x), \quad E_{\Pi p} = \frac{kx^2}{2}, \quad k = \frac{F_{\text{упр}}}{x}.$$

Подставив выражение для k в формулу для энергии $E_{\Pi p}$, получим: $E_{\Pi p} = F_{\text{упр}} \frac{x}{2}$.

Ход работы

1. Определите массу m груза. Привяжите груз к крючку динамометра: $m =$ _____.
2. Измерьте длину нити l , на которой привязан груз: $l =$ _____.
3. На нижний конец груза нанесите немного краски.
4. Поднимите груз до точки закрепления нити к крючку динамометра.
5. Отпустите груз и по отсутствию краски на столе убедитесь, что груз не касается его при падении.
6. Повторяйте опыт, каждый раз подкладывая картонки до тех пор, пока на верхней картонке не появятся следы краски.
7. Взявшись за груз рукой, растяните пружину до его соприкосновения с верхней картонкой и измерьте динамометром максимальную силу упругости $F_{\text{упр}}$ и линейкой максимальное растяжение пружины x , отсчитывая его от нулевого деления динамометра: $F_{\text{упр}} =$ _____ $x =$ _____.
8. Вычислите высоту, с которой падает груз: $h = l + x$ (это высота, на которую смещается центр тяжести груза): $h =$ _____.
9. Вычислите потенциальную энергию поднятого груза $E_{\Pi} = mg(l + x)$: $E_{\Pi} =$ _____.
10. Вычислите энергию деформированной пружины $E_{\Pi p} = F_{\text{упр}} \frac{x}{2}$: $E_{\Pi p} =$ _____.
11. Определите абсолютные погрешности измерительных приборов:
 $\Delta m =$ _____ $\Delta l =$ _____ $\Delta x =$ _____ $\Delta F_{\text{упр}} =$ _____.
12. Определите относительные погрешности $\varepsilon_{E_{\Pi}} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta x}{x}$, $\varepsilon_{E_{\Pi p}} = \frac{\Delta F_{\text{упр}}}{F_{\text{упр}}} + \frac{\Delta x}{x}$:
 $\varepsilon_{E_{\Pi}} =$ _____ $\varepsilon_{E_{\Pi p}} =$ _____.
13. Определите абсолютные погрешности $\Delta E_{\Pi} = E_{\Pi} \varepsilon_{E_{\Pi}}$, $\Delta E_{\Pi p} = E_{\Pi p} \varepsilon_{E_{\Pi p}}$:
 $\Delta E_{\Pi} =$ _____ $\Delta E_{\Pi p} =$ _____.
14. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:



№	m , кг	l , м	x , м	$F_{\text{упр}}$, Н	E_{Π} , Дж	ΔE_{Π} , Дж	$\varepsilon_{E_{\Pi}}$, %	$E_{\Pi p}$, Дж	$\Delta E_{\Pi p}$, Дж	$\varepsilon_{E_{\Pi p}}$, %
1										

15. Запишите итоговый результат в виде $E_{\Pi} = (E_{\Pi} \pm \Delta E_{\Pi})$, $E_{\Pi p} = (E_{\Pi p} \pm \Delta E_{\Pi p})$,

$$\varepsilon_{E_{\Pi}} = \text{____\%}, \quad \varepsilon_{E_{\Pi p}} = \text{____\%}:$$

$$E_{\Pi} = \text{_____}$$

$$\varepsilon_{E_{\Pi}} = \text{_____}$$

$$E_{\Pi p} = \text{_____}$$

$$\varepsilon_{E_{\Pi p}} = \text{_____}.$$

16. Вывод: _____

17. Дополнительные вопросы и задания:

1) Почему значения энергий не совпадают? _____

Лабораторная работа № 8

Дата: _____

Тема «Проверка закона Гей–Люссака (изобарного процесса)».

Цель: проверить закон Гей–Люссака с помощью эксперимента.

Приборы и материалы: стеклянная трубка длиной 600 мм, запаянная с одного конца, сосуд с горячей водой, стеклянный цилиндр с холодной водой, термометр, пластилин, измерительная лента.

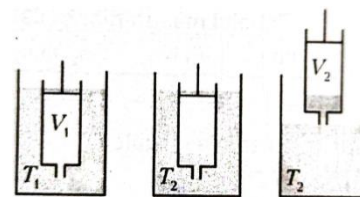
Теоретический материал

Согласно закону Гей–Люссака, при постоянном давлении параметры V_1 и T_1 начального состояния газа данной массы и параметры V_2 и T_2 его конечного состояния связаны соотношением $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$.

Поскольку внутренняя полость трубки имеет форму цилиндра и площадь S ее поперечного сечения одинакова по всей длине трубки, то $V_1 = Sh_1$ и $V_2 = Sh_2$, где h_1 и h_2 – высота столба воздуха в трубке в начальном и конечном состояниях соответственно.

Следовательно, $\frac{T_1}{T_2} = \frac{h_1}{h_2}$. Данное выражение можно записать в виде: $\eta = \frac{h_1 T_2}{T_1 h_2}$.

При выполнении работы проверяют справедливость этого равенства.



Ход работы

- Измерьте длину стеклянной трубки h_1 : $h_1 =$ _____.
- Налейте в стакан холодную воду. Измерьте температуру воды T_2 : $T_2 =$ _____.
- Опустите стеклянную трубку в сосуд с горячей водой запаянным концом вниз.
- Через 3–5 минут измерьте температуру горячей воды T_1 : $T_1 =$ _____.
- Верхнюю часть трубки закройте кусочком пластилина. Быстро извлеките трубку из сосуда с горячей водой и опустите ее открытой частью вниз в холодную воду. Удалите пластилин с трубки.
- Измерьте высоту столбика газа в трубке h_2 : $h_2 =$ _____.
- Рассчитайте значение отношения $\eta = \frac{h_1 T_2}{T_1 h_2}$:
 $\eta =$ _____.
- Определите абсолютные погрешности измерительных приборов: $\Delta T =$ _____ $\Delta h =$ _____.
- Определите относительную погрешность $\varepsilon_\eta = \frac{\Delta T}{T_1} + \frac{\Delta T}{T_2} + \frac{\Delta h}{h_1} + \frac{\Delta h}{h_2}$:
 $\varepsilon_\eta =$ _____.
- Определите абсолютную погрешность $\Delta \eta = \eta \varepsilon_\eta$:
 $\Delta \eta =$ _____.

11. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

l_1 , мм	T_1 , К	l_2 , мм	T_2 , К	η	$\Delta \eta$	ε_η , %

12. Запишите итоговый результат в виде $\eta = (\eta \pm \Delta \eta)$, $\varepsilon_\eta =$ _____%:

$\eta =$ _____ $\varepsilon_\eta =$ _____.

13. Вывод: _____

14. Дополнительные вопросы и задания:

1) Сожмите пластиковую бутылку при комнатной температуре и закройте ее плотно крышкой. Поместите бутылку в теплую воду на несколько минут. Объясните наблюдаемое изменение объема. Можно ли данный опыт считать изобарным? Почему? _____

Тема «Изучение закона Бойля–Мариотта (изотермического процесса)».

Цель: исследовать зависимость давления газа данной массы от занимаемого им объема при постоянной температуре.

Приборы и материалы: прозрачная силиконовая трубка диаметром 8–10 мм (стеклянная трубка диаметром 10–12 мм и длиной 60 см, запаянная с одного конца), мензурка, поддон; измерительная лента, барометр-анероид.

Теоретический материал

Согласно закону Бойля–Мариотта, при постоянной температуре параметры p_1 и V_1 начального состояния газа данной массы и параметры p_2 и V_2 его конечного состояния связаны соотношением $p_1 V_1 = p_2 V_2$.

Поскольку внутренняя полость трубки имеет форму цилиндра и площадь S ее поперечного сечения одинакова по всей длине трубки, то $V_1 = S l_1$ и $V_2 = S l_2$, где l_1 и l_2 – длины столба воздуха в трубке в начальном и конечном состояниях соответственно.

Следовательно, $p_1 S l_1 = p_2 S l_2$ или $\frac{p_2}{p_1} = \frac{l_1}{l_2}$. Данное выражение можно записать в виде:

$$\eta = \frac{p_1 \cdot l_1}{(p_1 + \rho g h) l_2}. \text{ При выполнении работы проверяют справедливость этого равенства.}$$

Ход работы

1. Закройте зажим на конце силиконовой трубки. Измерьте длину l_1 столба воздуха в трубке и давление p_1 воздуха в начальном состоянии: $l_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ $p_1 = \underline{\hspace{2cm}}$.

2. Поставьте мензурку на поддон и заполните ее водой комнатной температуры. Погрузите в воду трубку так, чтобы ее открытый конец оказался у дна мензурки. Наблюдайте за поступлением воды в трубку. Когда оно прекратится, измерьте длину ΔL столба воды, вошедшей в трубку: $\Delta L = \underline{\hspace{2cm}}$.

3. Измерьте разность уровней h воды в мензурке и трубке: $h = \underline{\hspace{2cm}}$.

4. Вычислите длину l_2 столба воздуха в трубке в конечном состоянии: $l_2 = l_1 - \Delta L$:
 $l_2 = \underline{\hspace{2cm}}$.

5. Вычислите отношение $\eta = \frac{p_1 \cdot l_1}{(p_1 + \rho g h) l_2}$, где $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$:

$$\eta = \underline{\hspace{2cm}}.$$

6. Определите абсолютные погрешности измерительных приборов: $\Delta p = \underline{\hspace{2cm}}$ $\Delta l = \underline{\hspace{2cm}}$ $\Delta h = \underline{\hspace{2cm}}$.

7. Определите относительную погрешность $\varepsilon_\eta = \frac{\Delta p_1}{p_1} + \frac{\Delta l}{l_1} + \frac{\Delta l}{l_2} + \frac{\Delta p_1 + \rho g \Delta h}{(p_1 + \rho g h)}$:

$$\varepsilon_\eta = \underline{\hspace{2cm}}.$$

8. Определите абсолютную погрешность $\Delta \eta = \eta \varepsilon_\eta$:

$$\Delta \eta = \underline{\hspace{2cm}}.$$

9. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

l_1 , м	p_1 , Па	ΔL , м	h , м	l_2 , м	η	$\Delta \eta$	ε_η , %
-----------	------------	----------------	---------	-----------	--------	---------------	------------------------

10. Запишите итоговый результат в виде $\eta = (\eta \pm \Delta \eta)$, $\varepsilon_\eta = \underline{\hspace{2cm}}\%$:

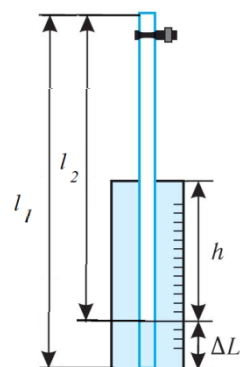
$$\eta = \underline{\hspace{2cm}} \quad \varepsilon_\eta = \underline{\hspace{2cm}}.$$

11. Вывод: _____

12. Дополнительные вопросы и задания:

1) При каких условиях для определения параметров состояния газа можно использовать уравнение $pV = \text{const}$? _____

2) Что влияет на точность полученных результатов? _____



Тема «Исследование поверхностного натяжения».**Цель:** научиться опытным путем определять диаметр капилляров.**Приборы и материалы:** сосуд с водой, линейка, полоска хлопчатобумажной ткани, полоска фильтровальной бумаги, штатив с зажимом.**Теоретический материал**

Согласно закону Жюрена, высота, на которую поднимается жидкость в капиллярном сосуде, обратно пропорциональна его диаметру d : $h = \frac{4\sigma}{\rho g d}$, где $\sigma = 7,28 \cdot 10^{-2}$ Н/м – коэффициент поверхностного натяжения, $\rho = 1000$ кг/м³ – плотность воды, $g = 9,81$ м/с² – ускорение свободного падения.

Из данного уравнения для диаметра капилляра получаем: $d = \frac{4\sigma}{\rho g h}$. Таким образом, диаметр капилляров в теле можно определить, если измерить высоту, на которую в нем поднимается вода.

Ход работы

1. Закрепите фильтровальную бумагу в зажиме штатива.
2. Бумагу опустите в сосуд с водой таким образом, чтоб бумага слегка касалась воды.
3. Через несколько минут определите высоту h , на которую поднялась вода в бумаге: $h = \underline{\hspace{2cm}}$.
4. Рассчитайте диаметр капилляров в бумаге по формуле $d = \frac{4\sigma}{\rho g h}$:
 $d = \underline{\hspace{2cm}}$.
5. Определите абсолютные погрешности измерительных приборов: $\Delta h = \underline{\hspace{2cm}}$.
6. Определите относительную погрешность $\varepsilon_d = \frac{\Delta d}{d} = \frac{\Delta h}{h}$:
 $\varepsilon_d = \underline{\hspace{2cm}}$.
7. Определите абсолютную погрешность $\Delta d = \varepsilon_d \cdot d$:
 $\Delta d = \underline{\hspace{2cm}}$.
8. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

h , м	d , м	Δd , м	ε_d , %

9. Запишите итоговый результат в виде $d = (d \pm \Delta d)$, $\varepsilon_d = \underline{\hspace{2cm}}\%$:
 $d = \underline{\hspace{2cm}}$ $\varepsilon_d = \underline{\hspace{2cm}}$.

10. Вывод: _____

11. Дополнительные вопросы и задания:

1) Повторите опыт, вместо бумаги взяв полоску ткани. Сравните результаты. Объясните разность результатов. Сделайте вывод. _____

2) Повторите опыт с полоской бумаги, изменив температуру воды. Сравните результаты. Сделайте вывод.

Лабораторная работа № 11

Дата: _____

Тема «Измерение модуля упругости резины».**Цель:** научиться на практике определять модуль Юнга резины.**Приборы и материалы:** штатив с лапкой, резиновый шнур, грузы, линейка.**Теоретический материал**

Модуль Юнга в работе вычисляется по формуле $E = \frac{Fl_0}{S(l-l_0)}$, где:

F – сила упругости, равная весу грузов на шнуре;

l_0 – расстояние между метками А и В на шнуре без грузов;

l – расстояние между метками А и В на шнуре с грузами;

S – площадь шнура.

Ход работы

1. Нанесите ручкой на среднем участке резинового шнура две тонкие метки.
2. Измерьте начальное расстояние l_0 между метками: $l_0 =$ _____.
3. Подвесьте груз весом 1Н за один конец шнура.
4. Измерьте расстояние l между метками в растянутом состоянии: $l =$ _____.
5. Определите диаметр резинового шнура d в растянутом состоянии: $d =$ _____.

6. Определите площадь шнура по формуле $S = \frac{\pi d^2}{4}$:

$S =$ _____.

7. Найдите модуль упругости для резинового шнура по формуле $E_{из} = \frac{Fl_0}{S(l-l_0)}$:

$E_{из} =$ _____.

8. Определите абсолютные погрешности измерительных приборов:

$\Delta F =$ _____ $\Delta d =$ _____ $\Delta l =$ _____.

9. Определите относительную погрешность $\varepsilon_E = \left(\frac{\Delta F}{F} + \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta l_0}{l_0} + \frac{\Delta l}{l-l_0} \right)$:

$\varepsilon_E =$ _____.

10. Определите абсолютную погрешность $\Delta E = E_{из} \cdot \varepsilon_E$:

$\Delta E =$ _____.

11. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

№	l_0 , м	l , м	d , м	F , Н	E , Па	ΔE , Па	ε_E , %

12. Запишите итоговый результат в виде $E = (E_{из} \pm \Delta E)$, $\varepsilon_E =$ _____ %:

$E =$ _____ $\varepsilon_E =$ _____.

13. Вывод: _____

14. Дополнительные вопросы и задания:

1) Повторите опыт, подвесив грузы весом 2Н и 3Н. Сравните полученные результаты с учетом погрешностей. Ответ поясните. Сделайте вывод. _____

2) Повторите опыт для веса 1Н, установив параллельно резиновые шнуры. Сравните результаты с первым опытом. Ответ поясните. Сделайте вывод. _____

Лабораторная работа № 12

Дата: _____

Тема «Измерение ЭДС, расчет внутреннего сопротивления».

Цель: изучение закона Ома для полной цепи.

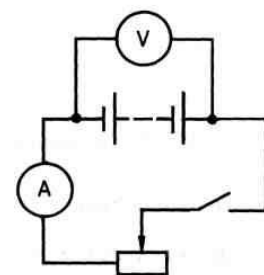
Приборы и материалы: источник постоянного тока, вольтметр, мультиметр, реостат, ключ, соединительные провода.

Теоретический материал

При разомкнутом ключе ЭДС источника равна напряжению в цепи. Сила тока для полной цепи определяется по формуле: $I = \frac{\varepsilon}{r + R}$. Принимая во внимание, что $U = IR$, для внутреннего сопротивления источника получаем выражение: $r = R \cdot \frac{\varepsilon - U}{U}$.

Ход работы

1. Соберите цепь по схеме, соединив последовательно, батарею, реостат и ключ.
2. При помощи мультиметра определите сопротивление R : $R = \underline{\hspace{2cm}}$.
3. Определите напряжение на источнике при разомкнутом ключе. Это значение равно ЭДС источника ε : $\varepsilon = \underline{\hspace{2cm}}$.
4. Замкните ключ. Измерьте напряжение U на внешней части цепи: $U = \underline{\hspace{2cm}}$.
5. Определите внутреннее сопротивление источника $r = R \cdot \frac{\varepsilon - U}{U}$:



$r = \underline{\hspace{2cm}}$.

6. Определите абсолютные погрешности измерительных приборов:

$\Delta R = \underline{\hspace{2cm}}$ $\Delta U = \underline{\hspace{2cm}}$ $\Delta \varepsilon = \underline{\hspace{2cm}}$.

7. Определите относительную погрешность $\varepsilon_r = \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta \varepsilon + \Delta U}{\varepsilon - U} + \frac{\Delta U}{U}$, $\varepsilon_\varepsilon = \frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon}$:

$\varepsilon_r = \underline{\hspace{2cm}}$ $\varepsilon_\varepsilon = \underline{\hspace{2cm}}$

8. Определите абсолютную погрешность $\Delta r = r \cdot \varepsilon_r$:

$\Delta r = \underline{\hspace{2cm}}$.

9. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

№	R , Ом	ε , В	$\Delta \varepsilon$, В	ε_ε , В	U , В	r , Ом	Δr , Ом	ε_r , %

10. Запишите итоговый результат в виде:

$$\varepsilon = (\varepsilon \pm \Delta \varepsilon), \quad \varepsilon_\varepsilon = \underline{\hspace{2cm}} \%,$$

$$r = (r \pm \Delta r), \quad \varepsilon_r = \underline{\hspace{2cm}} \%:$$

$\varepsilon = \underline{\hspace{2cm}}$

$\varepsilon_\varepsilon = \underline{\hspace{2cm}}$

$r = \underline{\hspace{2cm}}$

$\varepsilon_r = \underline{\hspace{2cm}}$.

11. Вывод: _____

12. Дополнительные вопросы и задания:

1) Повторите опыт, изменив сопротивление R . Сравните полученные результаты. Поясните полученный ответ. _____

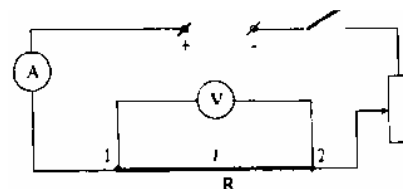
2) Как изменится сила тока при увеличении сопротивления R ? _____

Тема «Определение удельного сопротивления металлического проводника».**Цель:** научиться опытным путем определять удельное сопротивление проводника.**Приборы и материалы:** источник тока, амперметр, вольтметр, реостат, ключ, соединительные провода, линейка, штангенциркуль, медный (или иной) проводник длиной 3–5 метров.**Теоретический материал**

Под удельным сопротивлением проводника понимают его сопротивление при длине, равной одному метру и площади поперечного сечения 1 мм^2 . Значение удельного сопротивления проводника применяется при расчете электрического сопротивления проводника, которое находится по формуле: $R = \frac{\rho \cdot l}{S}$. Отсюда значение удельного сопротивления проводника может быть найдено по формуле: $\rho_{\text{изм}} = \frac{R \cdot S}{l}$. Согласно закону Ома, сопротивление R можно найти по формуле $R = \frac{U}{I}$.

Ход работы

- Измерьте длину проволоки l : $l =$ _____.
- Измерьте диаметр проволоки d с помощью штангенциркуля: $d =$ _____.
- Рассчитайте площадь поперечного сечения проволоки по формуле $S = \pi \cdot d^2/4$:
 $S =$ _____.
- Соберите электрическую цепь по схеме.
- Измерьте значение силы тока в цепи и напряжения на концах проводника $I =$ _____ $U =$ _____.



- Рассчитайте сопротивление проводника $R = \frac{U}{I}$:
 $R =$ _____.
- Определите удельное сопротивление проводника $\rho_{\text{изм}} = \frac{R \cdot S}{l}$:
 $\rho_{\text{изм}} =$ _____.
- Сравните результат опыта с табличным значением удельного сопротивления.

 $\rho_{\text{табл}} =$ _____.

- Определите абсолютные погрешности измерительных приборов:

 $\Delta I =$ _____ $\Delta U =$ _____ $\Delta l =$ _____ $\Delta d =$ _____.

- Определите относительную погрешность $\varepsilon_{\rho} = \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta l}{l} + \frac{2\Delta d}{d}$:

 $\varepsilon_{\rho} =$ _____.

- Вычислите абсолютную погрешность $\Delta \rho = \rho \cdot \varepsilon_{\rho}$:

 $\Delta \rho =$ _____.

- Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

$l, \text{ м}$	$d, \text{ м}$	$S, \text{ м}^2$	$I, \text{ А}$	$U, \text{ В}$	$R, \text{ Ом}$	$\rho_{\text{изм}}, \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$	$\Delta \rho, \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$	$\varepsilon_{\rho}, \%$

- Запишите итоговый результат в виде $\rho = (\rho_{\text{изм}} \pm \Delta \rho)$, $\varepsilon_{\rho} =$ _____ %:

 $\rho =$ _____ $\varepsilon_{\rho} =$ _____.

- Вывод: _____

- Дополнительные вопросы и задания:

- Повторите опыт, увеличив длину проводника в два раза. Сравните полученные результаты. _____

- Повторите опыт, подсоединив два идентичных проводника параллельно. Сравните полученные результаты. Сделайте выводы. _____

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Практическая работа № 1

Дата: _____

Тема «Определение погрешностей при прямых измерениях физических величин (нахождением среднего значения)».

Цель работы: формирование практических навыков нахождения абсолютной и относительной погрешностей при проведении прямых измерений.

Приборы и материалы: предметы разной длины (спички), линейка.

Теоретический материал

Прямые измерения – это такие измерения, при которых искомое значение физической величины определяется непосредственно путем сравнения с мерой этой величины. Например, прямым является измерение длины рулеткой или линейкой.

В данной работе формируются навыки определения параметра предмета при прямом измерении и методика расчета абсолютной и относительной погрешностей.

Ход работы

1. Определите (точно в мм) длину трех спичек l_1, l_2, l_3 : $l_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ $l_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ $l_3 = \underline{\hspace{2cm}}$.

2. Определите среднее значение длины по формуле $l_{cp} = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{3}$:

$l_{cp} = \underline{\hspace{4cm}}$.

3. Определите абсолютную погрешность по формуле для каждого случая $\Delta l = |l_i - l_{cp}|$:

$\Delta l_1 = \underline{\hspace{2cm}}$

$\Delta l_2 = \underline{\hspace{2cm}}$

$\Delta l_3 = \underline{\hspace{2cm}}$.

4. Определите среднюю абсолютную погрешность по формуле $\Delta l_{cp} = \frac{\Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3}{3}$:

$\Delta l_{cp} = \underline{\hspace{4cm}}$.

5. Определите относительную погрешность $\varepsilon_l = \frac{\Delta l_{cp}}{l_{cp}} 100\%$:

$\varepsilon_l = \underline{\hspace{2cm}}$.

6. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

№	l , мм	Δl , мм	ε_l , %
1			
2			
3			
Среднее значение			

7. Запишите итоговый результат в виде $l = (l_{cp} \pm \Delta l_{cp})$, $\varepsilon_{l_{cp}} = \underline{\hspace{2cm}}\%$:

$l = \underline{\hspace{2cm}}$ $\varepsilon_{l_{cp}} = \underline{\hspace{2cm}}$.

8. Вывод: _____

9. Дополнительные вопросы и задания:

1) Переведите полученный результат в СИ. _____

2) Повторите опыт, определяя параметры большей длины (длину или ширину класса, длину или ширину парты и т.д.). Сравните полученные погрешности. Сделайте вывод. _____

Практическая работа № 2

Дата: _____

Тема «Определение погрешностей при косвенных измерениях физических величин».

Цель работы: формирование практических навыков нахождения абсолютной и относительной погрешностей при проведении косвенных измерений.

Приборы и материалы: предметы параллелепедической формы, линейка.

Теоретический материал

Косвенное измерение – определение искомого значения физической величины на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной: $y = f(x_1, x_2, x_3 \dots)$.

В данной работе формируются навыки определения параметра предмета при косвенном измерении и методика расчета абсолютной и относительной погрешностей.

Объем представляет собой физическую величину, характеризующую место, занимаемое телом в пространстве. В СИ эта величина имеет единицу измерения м^3 . Для определения объема параллелепипеда применяется формула: $V = a \cdot b \cdot c$, где a , b и c – длины сторон.

Ход работы

1. Определите стороны параллелепипеда a , b , c (точно в мм): $a =$ _____ $b =$ _____ $c =$ _____.

2. Определите объем фигуры по формуле $V_{\text{Изм}} = abc$:

$V_{\text{Изм}} =$ _____.

3. Определите абсолютные погрешности измерительных приборов:

$\Delta a =$ _____ $\Delta b =$ _____ $\Delta c =$ _____.

4. Определите относительную погрешность $\varepsilon_V = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta c}{c}$:

$\varepsilon_V =$ _____.

5. Определите абсолютную погрешность по формуле $\Delta V = V_{\text{Изм}} \cdot \varepsilon_V$:

$\Delta V =$ _____.

6. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

№	a , мм	Δa , мм	b , мм	Δb , мм	c , мм	Δc , мм	V , мм^3	ΔV , мм^3	ε_V , %
1									

7. Запишите итоговый результат в виде $V = (V_{\text{Изм}} \pm \Delta V)$, $\varepsilon_V =$ _____ %:

$V =$ _____ $\varepsilon_V =$ _____.

8. Вывод: _____

9. Дополнительные вопросы и задания:

1) Переведите полученный результат в СИ. _____

2) Повторите опыт, определяя параметры параллелепипеда большего объема. Сравните полученные погрешности. Сделайте вывод. _____

3) Запишите формулу для относительной погрешности в случае определения объема куба. _____

Практическая работа № 3

Дата: _____

Тема «Определение массы Земли».**Цель работы:** формирование практических навыков определения массы Земли опытным путем.**Приборы и материалы:** математический маятник, часы, рулетка.**Теоретический материал**Учитывая, что сила тяжести и гравитационная сила имеют одну природу, можно записать $F_T = F_{гр}$.Следовательно: $g = \frac{M_3 \cdot G}{R_3^2}$. С другой стороны для определения периода нитяного маятника: $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$.Из последней формулы выражаем ускорение свободного падения: $g = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot l}{T^2}$. Окончательноформула примет вид: $M_{из} = \frac{g \cdot R_3^2}{G}$.

Для определения массы Земли применяются следующие постоянные:

 $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Нм}^2/\text{кг}^2$ – гравитационная постоянная. $R_3 = 6371 \cdot 10^3 \text{ м}$ – радиус Земли. $M_3 = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ кг}$ – масса Земли.**Ход работы**

1. Установите на краю стола штатив. Закрепите в муфту нить длиной примерно 1 м с грузом (от точки крепления до центра груза).

2. Отклоните маятник от положения равновесия на 5–8 см и отпустите его.

3. Измерьте время $N = 15$ полных колебаний $t =$ _____.4. Определите период колебаний $T = \frac{t}{N}$; $T =$ _____.5. Определите ускорение свободного падения $g = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot l}{T^2}$; $g =$ _____.6. Определите массу Земли $M_{из} = \frac{g \cdot R_3^2}{G}$; $M_{из} =$ _____.7. Определите абсолютную погрешность $\Delta M_3 = |M_3 - M_{из}|$; $\Delta M_3 =$ _____8. Определите относительную погрешность $\varepsilon_{M_3} = \frac{\Delta M_3}{M_{из}}$; $\varepsilon_{M_3} =$ _____.

9. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

$l, \text{ м}$	N	$t, \text{ с}$	$T, \text{ с}$	$g, \text{ м/с}^2$	$M_{из}, \text{ кг}$	$\Delta M_3, \text{ кг}$	$\varepsilon_{M_3}, \%$

10. Запишите итоговый результат в виде $M_3 = (M_{из} \pm \Delta M_3)$, $\varepsilon_{M_3} =$ _____ %: $M_3 =$ _____ $\varepsilon_{M_3} =$ _____.

11. Вывод: _____

12. Дополнительные вопросы и задания:

1) Как можно уменьшить погрешность при определении массы Земли данным способом? _____

2) Повторите опыт, изменив при этом длину нити. Сравните полученные результаты. _____

Тема «Изучение движения системы связанных тел».

Цель работы: формирование практических навыков расчета ускорения системы связанных тел.

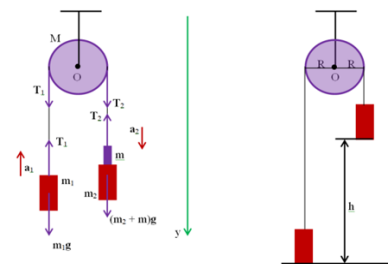
Приборы и материалы: штатив, блок, два груза разной массы, нить, рулетка, секундомер, весы.

Теоретический материал

Ускорение системы связанных тел можно определить, применяя законы динамики и кинематики. При кинематическом методе ускорение находится из формулы $a_k = \frac{2h}{t_{cp}^2}$, где t – время движения одного из тел из состояния покоя на высоте h . С динамической точки зрения ускорение можно определить, применяя формулу:

$$a_0 = \frac{(m_2 + m - m_1)g}{m_2 + m + m_1 + 0,5M}, \quad g = 9,81 \frac{M}{c^2}.$$

В данной работе ускорение будет определяться двумя способами.



Ход работы

1. Укрепите неподвижный блок на высоте 1,5–2 м от пола.
2. Измерьте массу блока M и массы грузов m_1 и m_2 : $M =$ _____, $m_1 =$ _____, $m_2 =$ _____.
3. Соедините два груза нитью, перекинутой через блок. Один груз должен касаться пола (m_1), а другой находиться вверху (m_2), $m_1 > m_2$. Определите высоту h верхнего груза: $h =$ _____.
4. Добавляя к верхнему грузу добавочные грузы m , добейтесь компенсации силы трения в оси блока (верхний груз после легкого толчка должен двигаться вниз): $m =$ _____.
5. Измерьте время движения t верхнего груза до пола: $t_1 =$ _____.
6. Повторите пункт 5 несколько раз: $t_2 =$ _____, $t_3 =$ _____, $t_4 =$ _____, $t_5 =$ _____.
7. Вычислите среднее время движения грузов $t_{cp} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{5}$:

$t_{cp} =$ _____.

8. Вычислите ускорение грузов по формулам кинематики и динамики:

$a_0 =$ _____, $a_k =$ _____.

9. Определите погрешности для каждого из случаев по формулам: $\varepsilon_{ak} = \frac{\Delta h}{h} + \frac{2\Delta t}{t_{cp}}$, $\Delta a_k = \varepsilon_{ak} a_k$

$$\varepsilon_{a0} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta m}{m_1} + \frac{\Delta m}{m_2} + \frac{\Delta M}{M}, \quad \Delta a_0 = \varepsilon_{a0} a_0$$

$\varepsilon_{ak} =$ _____, $\Delta a_k =$ _____,

$\varepsilon_{a0} =$ _____, $\Delta a_0 =$ _____.

10. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

M , кг	m_1 , кг	m_2 , кг	m , кг	a_0 , м/с ²	h , м	t , с	a_k , м/с ²
Среднее значение							

11. Запишите итоговый результат в виде $a_k = (a_k \pm \Delta a_k) = (\text{_____} \pm \text{_____})$, $\varepsilon_{ak} = \text{_____} \%$

$$a_0 = (a_0 \pm \Delta a_0) = (\text{_____} \pm \text{_____}), \quad \varepsilon_{a0} = \text{_____} \%.$$

12. Вывод: _____

13. Дополнительные вопросы и задания:

1) Как влияет сила трения на результат измерений? Как можно уменьшить силу трения? _____

2) Как влияет высота и масса дополнительного груза на величину ускорения? _____

Тема «Определение центра тяжести несимметрической однородной пластины».

Цель работы: формирование практических навыков определения центра тяжести пластины.

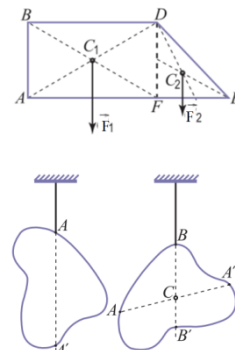
Приборы и материалы: штатив с зажимом, линейка, однородная несимметричная пластина, нить, маркеры.

Теоретический материал

Центр тяжести – это точка, относительно которой суммарный момент сил тяжести равен нулю при любом положении тела. Для простоты расчетов несимметричное тело можно разделить на несколько фигур (прямоугольник, треугольник, полукруг). В этом случае координаты центра тяжести

можно определить по формулам: $x_c = \frac{S_1 x_1 + S_1 x_2}{S_1 + S_1}$, $y_c = \frac{S_1 y_1 + S_1 y_2}{S_1 + S_1}$. С другой

стороны, центр тяжести можно найти экспериментальным путем. Он находится при пересечении прямых, опущенных вдоль нити подвеса с разных точек пластины. В данной работе центр тяжести будет определяться двумя способами. Полученные результаты необходимо сравнить с реальным положением центра тяжести. Для определения реального центра тяжести необходимо установить пластину на тонкую опору. В случае истинного центра тяжести пластина не упадет. В идеале все три положения должны совпадать.



Ход работы

1. Изучите пластину. Определите элементарные фигуры, из которых она состоит.
2. При помощи линейки определите параметры фигур: $a_1 = \underline{\hspace{2cm}}$, $b_1 = \underline{\hspace{2cm}}$, $c_1 = \underline{\hspace{2cm}}$,
 $a_2 = \underline{\hspace{2cm}}$, $b_2 = \underline{\hspace{2cm}}$, $c_2 = \underline{\hspace{2cm}}$.
3. Определите площади элементарных фигур: $S_1 = \underline{\hspace{2cm}}$, $S_2 = \underline{\hspace{2cm}}$.
4. Проведите систему координат и установите пластину вдоль осей. Определите координаты центров тяжести фигур в зависимости от осей ОХ и ОУ: $x_{1c} = \underline{\hspace{2cm}}$, $y_{1c} = \underline{\hspace{2cm}}$, $x_{2c} = \underline{\hspace{2cm}}$, $y_{2c} = \underline{\hspace{2cm}}$.
5. Определите положение центра тяжести пластины и обозначьте его маркером:

$x_c = \underline{\hspace{4cm}}$, $y_c = \underline{\hspace{4cm}}$.

6. Подвесьте в штативе пластину на нити. Начертите на пластине прямую АА' вдоль нити подвеса.
7. Повторите опыт для нескольких точек подвеса.
8. Определите положение центра тяжести опытным путем и отметьте его на пластине маркером:

$x_{c3} = \underline{\hspace{4cm}}$, $y_{c3} = \underline{\hspace{4cm}}$.

9. Определите реальное положение центра тяжести. Обозначьте полученное положение маркером:

$x_p = \underline{\hspace{4cm}}$, $y_p = \underline{\hspace{4cm}}$.

10. Определите погрешности для каждого из случаев по формулам:

при расчете: $\Delta x_c = |x_p - x_c|$, $\Delta y_c = |y_p - y_c|$, $\varepsilon_{cx} = \frac{\Delta x_c}{x_c} \cdot 100\%$, $\varepsilon_{cy} = \frac{\Delta y_c}{y_c} \cdot 100\%$

экспериментально: $\Delta x_3 = |x_p - x_3|$, $\Delta y_3 = |y_p - y_3|$, $\varepsilon_{3x} = \frac{\Delta x_3}{x_3} \cdot 100\%$, $\varepsilon_{3y} = \frac{\Delta y_3}{y_3} \cdot 100\%$

$\Delta x_c = \underline{\hspace{2cm}}$, $\Delta y_c = \underline{\hspace{2cm}}$, $\varepsilon_{cx} = \underline{\hspace{2cm}}$, $\varepsilon_{cy} = \underline{\hspace{2cm}}$,

$\Delta x_3 = \underline{\hspace{2cm}}$, $\Delta y_3 = \underline{\hspace{2cm}}$, $\varepsilon_{3x} = \underline{\hspace{2cm}}$, $\varepsilon_{3y} = \underline{\hspace{2cm}}$.

11. Вывод: _____

12. Дополнительные вопросы и задания:

1) Можно ли применять данный метод для определения центра тяжести неоднородной пластины? Почему?

2) Совпадают или нет центры тяжести, полученные различными способами? Почему? _____

3) Можно ли данный способ применять для определения центра тяжести трехмерного однородного предмета? Почему? _____

Тема «Определение относительной влажности при помощи термометра».

Цель работы: формирование практических навыков определения относительной влажности воздуха.

Приборы и материалы: термометр, вода, вата, таблицы.

Теоретический материал

Абсолютная влажность представляет собой плотность пара ρ_a содержащиеся в атмосфере.

Относительная влажность равна отношению между плотностью (давлением) ненасыщенного пара и плотностью (давлением) насыщенного пара при данной температуре, выраженной в процентах:

$$\varphi = \frac{\rho_a}{\rho_n} 100\% = \frac{p_a}{p_n} 100\%.$$

Соответствующие плотности и давления насыщенных паров можно определить по таблицам.

Ход работы

1. Определите температуру воздуха в кабинете t_1 : $t_1 =$ _____.
2. Обмотайте резервуар термометра влажной ватой. Спустя несколько минут определите температуру влажного термометра t_2 : $t_2 =$ _____.
3. Рассчитайте разность температур $\Delta t = t_1 - t_2$: $\Delta t =$ _____.
4. Применяя психрометрическую таблицу, определите относительную влажность φ в кабинете: $\varphi =$ _____.
5. Применяя таблицу, определите плотность и давление насыщенного пара при температуре t :
 $\rho_n =$ _____ $p_n =$ _____.
6. Определите абсолютную влажность в кабинете: $\rho_a =$ _____.
7. Определите давление пара p_a , содержащегося в воздухе: $p_a =$ _____.
8. Рассчитайте относительную погрешность $\varepsilon_\varphi = \frac{\Delta \rho_a}{\rho_a} + \frac{\Delta \rho_n}{\rho_n}$, где $\Delta \rho = 0,002$:
 $\varepsilon_\varphi =$ _____.
9. Рассчитайте абсолютную погрешность $\Delta \varphi = \varepsilon_\varphi \varphi$:
 $\Delta \varphi =$ _____.

10. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$	$\rho_n, \text{кг/м}^3$	$\rho_a, \text{кг/м}^3$	$p_n, \text{Па}$	$p_a, \text{Па}$	$\Delta \varphi, \%$	$\varepsilon_\varphi, \%$

11. Запишите итоговый результат в виде:
- $\varphi = (\varphi \pm \Delta \varphi)$
- ,
- $\varepsilon_\varphi =$
- _____ %:

$$\varphi =$$

$$\varepsilon_\varphi =$$

12. Вывод: _____

13. Дополнительные вопросы и задания:

- 1) Рассчитайте объем кабинета и определите количество воды, содержащиеся в воздухе при данной температуре. _____
-
- _____
-
- _____

Практическая работа № 7

Дата: _____

Тема «Использование мультиметра для измерения электрических величин».

Цель работы: формирование практических навыков применения мультиметра для измерения напряжения, силы тока и электрического сопротивления.

Приборы и материалы: источник питания, лампочка, выключатель, соединительные провода, резисторы, мультиметр.

Теоретический материал

Мультиметр – это электрический прибор для измерения напряжения, силы тока, сопротивления проводника, а также других параметров электрических цепей.

Можно выделить несколько зон мультиметра:

- зона DCV – предназначена для измерения значений постоянного напряжения;
- зона Ω – предназначена для измерения значений сопротивления проводников;
- зона DCA – предназначена для измерения значений силы постоянного тока;
- зона ACV – предназначена для измерения напряжения переменного тока.

Погрешности

При отсутствии паспорта должна учитываться погрешность измерения, заданная единицей измерения последнего отображаемого разряда. Например, если указанное значение напряжения составляет 3,45 В, то погрешность составляет 0,01 В.

Ход работы

- Нарисуйте схему и соберите цепь, состоящую из источника напряжения, лампочки и выключателя, соединенных друг с другом проводами.
- Подключите мультиметр для измерения силы тока и определите величину силы тока I , проходящего через лампочку: $I = \underline{\hspace{2cm}}$.
- Подключите мультиметр для измерения напряжения и измерьте напряжение на лампочке U : $U = \underline{\hspace{2cm}}$.
- Отключите цепь от напряжения. Подключите мультиметр для измерения сопротивления R в лампочке и измерьте ее сопротивление: $R = \underline{\hspace{2cm}}$.
- Определите абсолютные погрешности измерительных приборов: $\Delta I = \underline{\hspace{1cm}}$, $\Delta U = \underline{\hspace{1cm}}$, $\Delta R = \underline{\hspace{1cm}}$.
- Определите относительные погрешности $\varepsilon_I = \frac{\Delta I}{I} \cdot 100\%$, $\varepsilon_U = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100\%$, $\varepsilon_R = \frac{\Delta R}{R} \cdot 100\%$:

$$\varepsilon_I = \underline{\hspace{2cm}}, \quad \varepsilon_U = \underline{\hspace{2cm}}, \quad \varepsilon_R = \underline{\hspace{2cm}}.$$

7. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

I, A	$\Delta I, A$	$\varepsilon_I, \%$	U, B	$\Delta U, B$	$\varepsilon_U, \%$	R, Ω	$\Delta R, \Omega$	$\varepsilon_R, \%$

8. Запишите итоговый результат в виде: $U = (U \pm \Delta U)$, $\varepsilon_U = \underline{\hspace{1cm}} \%$,

$$I = (I \pm \Delta I), \quad \varepsilon_I = \underline{\hspace{1cm}} \%,$$

$$R = (R \pm \Delta R), \quad \varepsilon_R = \underline{\hspace{1cm}} \%:$$

$$U = \underline{\hspace{2cm}} \quad \varepsilon_U = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$I = \underline{\hspace{2cm}} \quad \varepsilon_I = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$R = \underline{\hspace{2cm}} \quad \varepsilon_R = \underline{\hspace{2cm}}.$$

9. Вывод: _____

10. Дополнительные вопросы и задания:

1) Определите границы измерения для силы тока, напряжения и сопротивления. _____

2) Определите сопротивление вашего организма (направление рука-рука) и найдите силу тока при заданном сопротивлении при напряжении 220 В. Поместите пальцы в соленую воду и повторите опыт. Результат поясните. Сделайте вывод. _____

Практическая работа № 8

Дата: _____

Тема «Получение вольт-амперной характеристики резистора»**.

Цель работы: формирование практических навыков при получении вольт-амперной характеристики резистора.

Приборы и материалы: источник питания, резистор, реостат, мультиметр, ключ, соединительные провода.

Теоретический материал

Вольтамперная характеристика резистора – это зависимость силы тока от напряжения, проходящего через этот резистор. Согласно закону Ома, сила тока, протекающего по участку цепи, прямо пропорциональна приложенному к участку напряжению U и обратно пропорциональна его

сопротивлению R : $I = \frac{U}{R}$.

Для металлического проводника сопротивление не зависит от приложенного напряжения. Таким образом, график силы тока как функции напряжения должен представлять собой прямую линию, причем наклон прямой линии является обратной величиной сопротивления проводника.

Ход работы

1. Соберите электрическую цепь для снятия ВАХ резистора.
2. Установите ползунок реостата в определенном положении.
3. Определите напряжение U и силу тока I на резисторе.
4. Измените положение ползунка реостата и повторите шаг 3 несколько раз:

$U_1 =$ _____ $U_4 =$ _____ $I_1 =$ _____ $I_4 =$ _____
 $U_2 =$ _____ $U_5 =$ _____ $I_2 =$ _____ $I_5 =$ _____
 $U_3 =$ _____ $I_3 =$ _____.

5. Определите для каждого случая значение сопротивления $R = \frac{U}{I}$:

$R_1 =$ _____ $R_2 =$ _____ $R_3 =$ _____ $R_4 =$ _____ $R_5 =$ _____.

6. Определите среднее значение сопротивления $R_{cp} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5}{5}$:

$R_{cp} =$ _____.

7. Определите абсолютную погрешность для каждого случая: $\Delta R = |R - R_{cp}|$:

$\Delta R_1 =$ _____ $\Delta R_2 =$ _____ $\Delta R_3 =$ _____

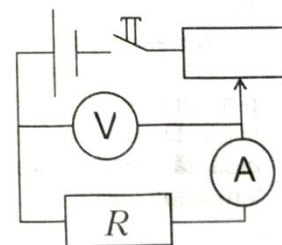
$\Delta R_4 =$ _____ $\Delta R_5 =$ _____.

8. Определите относительную погрешность $\varepsilon_R = \frac{\Delta R_{cp}}{R_{cp}} \cdot 100\%$:

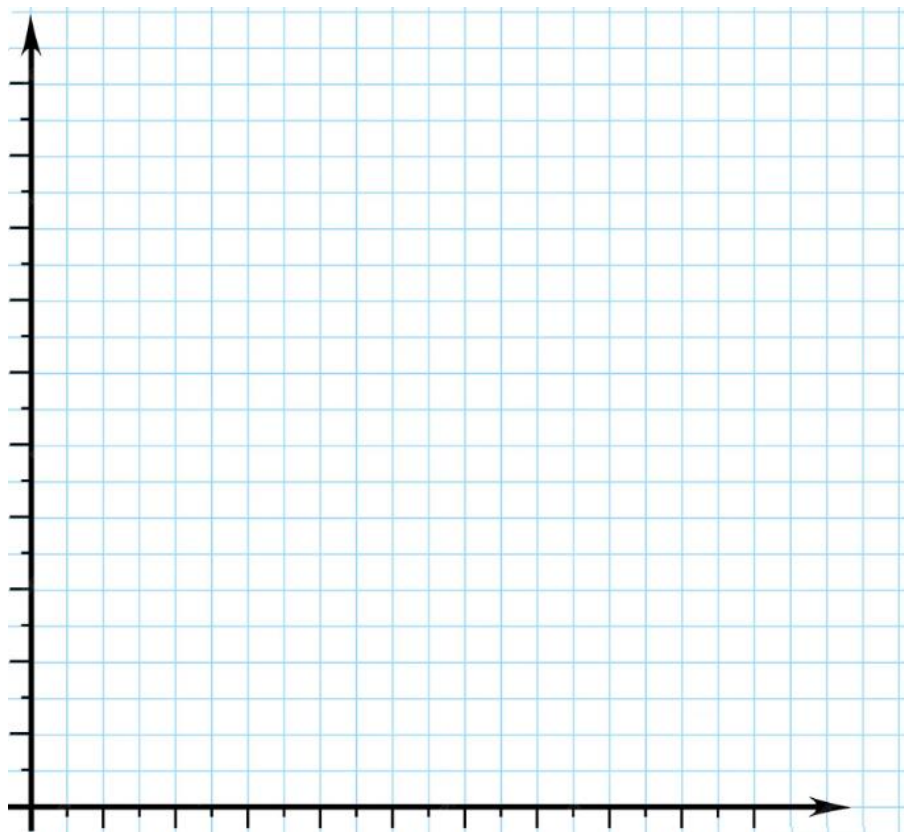
$\varepsilon_R =$ _____.

9. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

	$U, \text{В}$	$I, \text{А}$	$R, \text{Ом}$	$\Delta R, \text{Ом}$	$\varepsilon_R, \%$
1					
2					
3					
4					
5					
Среднее значение					



10. Постройте зависимость $I(U)$:



11. Рассчитайте сопротивление проводника по графику $R_{cp} = \frac{U_{cp}}{I_{cp}}$ и сравните со средним значением R_{cp} :

$R_{cp} =$ _____.

12. Запишите итоговый результат в виде $R = (R_{cp} \pm \Delta R_{cp})$, $\varepsilon_R =$ _____ % :

$R =$ _____ $\varepsilon_R =$ _____ .

13. Вывод: _____

14. Дополнительные вопросы и задания:

1) Повторите опыт для резистора иной величины. Сравните полученные графики. Сделайте вывод. _____

**** При выполнении полного объема заданий рекомендуемое время практической работы 90 мин.**

Практическая работа № 9

Дата: _____

Тема «Определение температуры нити лампы накаливания».

Цель: формирование практических навыков для определения температуры нити лампы накаливания.

Приборы и материалы: источник тока, лампа накаливания, мультиметр, выключатель, соединительные провода.

Теоретический материал

Для металлических проводников зависимость сопротивления от температуры имеет вид:

$\frac{R}{R_0} = \alpha(T - T_0)$, где R_0 – сопротивление при начальной температуре T_0 , α – температурный коэффициент сопротивления (для вольфрама $\alpha = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$), T – конечная температура. Учитывая, что сопротивление определяется выражением $R = \frac{U}{I}$, в итоге, для температуры нити получаем: $T = T_0 + \frac{U}{IR_0\alpha}$.

Ход работы

1. При помощи мультиметра определите сопротивление лампочки при комнатной температуре R_0 :

$R_0 =$ _____.

2. Соберите цепь по схеме.

3. Замкните выключатель и определите напряжение U и силу тока I в цепи:

$I =$ _____ $U =$ _____.

4. Рассчитайте температуру нити накала лампы по формуле $T = T_0 + \frac{U}{IR_0\alpha}$:

$T =$ _____.

5. Определите абсолютные погрешности измерительных приборов:

$\delta T =$ _____ $\Delta I =$ _____ $\Delta U =$ _____ $\Delta R =$ _____.

6. Определите относительную погрешность:

$$\varepsilon_T = \frac{\Delta U + R_0\alpha T_0\Delta I + \alpha T_0 I \Delta R_0 + R_0\alpha_0 I \cdot (\delta T)}{U + R_0\alpha T_0 I} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta R_0}{R_0}:$$

$\varepsilon_T =$ _____

7. Определите абсолютную погрешность $\Delta T = T\varepsilon_T$:

$\Delta T =$ _____.

8. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

R , Ом	T_0 , К	U , В	I , А	T , К	ΔT , К	ε_T , %

9. Запишите итоговый результат в виде $T = (T \pm \Delta T)$, $\varepsilon_T =$ _____ %:

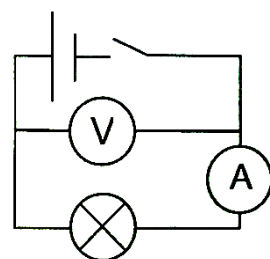
$T =$ _____ $\varepsilon_T =$ _____.

10. Вывод: _____

11. Дополнительные вопросы и задания:

1) Почему нить лампы накаливания перегорает чаще всего при включении? _____

2) Какие приборы можно применить в отсутствии мультиметра? _____



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основные источники:

1. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. Физика. 10 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений: базовый и проф. уровни / под ред. В.И. Николаева, Н.А. Парфеновой. – М.: Просвещение, 2010.
2. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Чаругин В.М. Физика. 11 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений: базовый и проф. уровни / под ред. В.И. Николаева, Н.А. Парфеновой. – М.: Просвещение, 2010.
3. Рымкевич А.П. Физика. Задачник. 10–11 кл. Пособие для общеобразоват. учеб. заведений. – М.: Дрофа, 2009.

Интернет-ресурсы:

1. URL: <http://irina437.narod.ru/fest/02/04.htm> (20.08.2022)
2. URL: <https://infourok.ru/rabochaya-tetrad-dlya-laboratornih-rabot-po-fizike-dlya-studentov-kursa-1147020.html> (15.09.2022)
3. URL: <https://miem.hse.ru/edu/ee/physics/metod> (17.07.2023)

*Альтернативный (критериальный) метод оценивания работы

Лабораторная работа № 1

Тема «Определение средней скорости движения тела».

Цель: овладеть практическими навыками измерения скорости тела по величине его перемещения и времени движения.

Оборудование: секундомер, измерительная лента, мячик.

Теоретический материал

Средняя скорость подразумевает отношение пройденного пути к затраченному на путь времени. Чтобы определить среднюю скорость, нужно разделить весь путь, пройденный объектом, на все время его движения $\bar{v} = \frac{s_{\text{об}}}{t_{\text{об}}}$. При выполнении данной лабораторной работы средняя скорость будет определяться, как среднее арифметическое значение для трех случаев движения.

Ход работы

1. Отметьте на полу определенное расстояние ($s = 3\text{ м} - 5\text{ м}$): $s = \underline{\hspace{2cm}}$ 1 б

2. Установите желоб с помощью штатива в наклонном положении таким образом, чтобы его горизонтальная часть находилась на поверхности пола. Отпустите шарик с определенной высоты и определите время движения на выделенном участке: $t_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ 1 б

3. Повторите опыт несколько раз, отпуская шарик с заданной высоты, и определите время движения:
 $t_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ 1 б $t_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ 1 б

4. Определите скорость для каждого случая по формуле $v = \frac{s}{t}$:

$v_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ 2 б $v_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ 1 б $v_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ 1 б

5. Вычислите среднюю скорость движения по формуле $v_{\text{ср}} = \frac{v_1 + v_2 + v_3}{3}$:

$v_{\text{ср}} = \underline{\hspace{2cm}}$ 2 б

6. Определите абсолютную погрешность для каждого случая $\Delta v = |v_i - v_{\text{ср}}|$:

$\Delta v_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ 2 б $\Delta v_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ 1 б $\Delta v_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ 1 б

7. Определите среднюю абсолютную погрешность $\Delta v_{\text{ср}} = \frac{\Delta v_1 + \Delta v_2 + \Delta v_3}{3}$:

$\Delta v_{\text{ср}} = \underline{\hspace{2cm}}$ 2 б

8. Определите относительную погрешность $\varepsilon_v = \frac{\Delta v_{\text{ср}}}{v_{\text{ср}}} \cdot 100\%$:

$\varepsilon_v = \underline{\hspace{2cm}}$ 2 б

9. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

№	s, м	t, с	v, м/с	Δv , м/с	ε_v , %
1	1 б	1 б	1 б	1 б	
2	0,5 б	0,5 б	0,5 б	0,5 б	
3	0,5 б	0,5 б	0,5 б	0,5 б	
Среднее значение			1 б	1 б	1 б

10. Запишите итоговый результат в виде $v = (v_{\text{ср}} \pm \Delta v_{\text{ср}})$, $\varepsilon_v = \underline{\hspace{2cm}}\%$:

$v = \underline{\hspace{2cm}}$ 2 б $\varepsilon_v = \underline{\hspace{2cm}}$ 2 б

11. Вывод: 3 б

12. Дополнительные вопросы и задания:

1) Повторите опыт, изменяя угол наклона желоба. Сравните полученные результаты. Ответ поясните.

2 б

2) Повторите опыт, применив шарик иного диаметра. Сравните полученные результаты. Ответ поясните.

2 б

Количество баллов _____

Отметка _____

Критерии оценивания

1. Заполнение таблицы:
 - а) за каждое верное заполнение ячейки таблицы – 1 балл.
 - б) за каждое последующее верное заполнение ячейки одной и той же величины – 0,5 балла.
2. За верно определенный параметр – 1 балл.
3. За верно произведенный расчет – 2 балла; за последующий аналогичный расчет – 1 балл.
4. За верно записанный итоговый результат – 2 балла.
5. За построение графика – 2 балла.
6. За изображение схемы, чертежа – 2 балла.
7. За правильно сделанный вывод – 3 балла.
8. За каждый верный ответ на дополнительные вопросы – 2 балла.

Схема конвертации баллов в отметку

Проценты выполненной работы, %	92	67	42	$x < 40$
Количество набранных баллов	37–40	27–36	17–26	1–16
Отметка	5	4	3	2