

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Вологодская государственная
молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина»

Технологический факультет

Кафедра технологического оборудования

ФИЗИКА

Методические указания

для выполнения лабораторных работ

*для студентов, обучающихся по программе подготовки специалистов
среднего звена СПО специальности 36.02.04 Охотоведение и звероводство*

Вологда – Молочное
2024

УДК 53.08
ББК 22.3
Ф50

Составители:

канд. техн. наук, доцент кафедры технологического оборудования

Е.В. Славорова

Рецензенты:

канд. техн. наук; доцент кафедры технологического оборудования

В.И. Баронов

канд. техн. наук, доцент кафедры технологии молока и молочных
продуктов

Л.А. Куренкова

Ф50 Физика: Методические указания для выполнения лабораторных работ / Е.В. Славорова – Вологда–Молочное: ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 2024. – 56 с.

В методических указаниях приведены инструкции по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Физика».

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по программе подготовки специалистов среднего звена СПО специальности 36.02.04 Охотоведение и звероводство. Методические указания соответствуют требованиям ФГОС СПО к обязательному минимуму содержания и уровню подготовки специалистов среднего звена по дисциплине «Физика» для указанных специальностей.

Печатается по решению редакционно-издательского совета ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА.

УДК 53.08
ББК 22.3

© Славорова Е.В. 2024
© ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 2024

ВВЕДЕНИЕ

Для выполнения лабораторных работ используются лабораторные комплексы:

1. Механика (описание в приложении 1);
2. Молекулярная физика и термодинамика (описание в приложении 2);
3. Электродинамика (описание в приложении 3);
4. Оптика (описание в приложении 4).

Лабораторный комплекс «Механика» предназначен для выполнения лабораторных работ 1-4 и 11-12. Лабораторный комплекс «Молекулярная физика и термодинамика» предназначен для выполнения лабораторных работ 5-7. Лабораторный комплекс «Электродинамика» предназначен для выполнения лабораторных работ 8-10. Лабораторный комплекс «Оптика» предназначен для выполнения лабораторных работ 13-14.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

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

Измерение — нахождение значения физической величины опытным путём с помощью средств измерения.

Прямое измерение — определение значения физической величины непосредственно средствами измерения.

Косвенное измерение — определение значения физической величины по формуле, связывающей её с другими физическими величинами, определяемыми прямыми измерениями.

Введём следующие обозначения: A, B, C, \dots — физические величины.

$A_{пр}$ — приближённое значение физической величины, т. е. значение, полученное путём прямых или косвенных измерений.

ΔA — абсолютная погрешность измерения физической величины.

E — относительная погрешность измерения физической величины, равная

$$E = \frac{\Delta A}{A_{пр}} \cdot 100\% \quad (1)$$

$\Delta_{и}A$ — абсолютная инструментальная погрешность, определяемая конструкцией прибора (погрешность средств измерения).

$\Delta_{о}A$ — абсолютная погрешность отсчёта (получающаяся от недостаточно точного отсчёта показаний средств измерения); она равна в большинстве случаев половине цены деления, при измерении времени — цене деления секундомера или часов.

Максимальная абсолютная погрешность прямых измерений складывается из абсолютной инструментальной погрешности и абсолютной погрешности отсчёта при отсутствии других погрешностей:

$$\Delta A = \Delta_{\text{и}}A + \Delta_{\text{с}}A \quad (2)$$

Абсолютную погрешность измерения обычно округляют до одной значащей цифры ($\Delta A = 0,17 \approx 0,2$); числовое значение результата измерения округляют так, чтобы его последняя цифра оказалась в том же разряде, что и цифра погрешности ($A = 10,332 \approx 10,3$).

Результаты повторных измерений физической величины A , проведённых при одних и тех же контролируемых условиях и при использовании достаточно чувствительных и точных (с малыми погрешностями) средств измерения, обычно отличаются друг от друга. В этом случае $A_{\text{пр}}$ находят как среднее арифметическое значение всех измерений, а погрешность ΔA (её называют случайной погрешностью) определяют методами математической статистики.

Студенты колледжа работают по школьной программе, а в школьной лабораторной практике такие средства измерения практически не используются, поэтому при выполнении лабораторных работ необходимо определять максимальные погрешности измерения физических величин. Для получения результата достаточно одного измерения. Относительная погрешность косвенных измерений определяется так, как показано в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Математическая операция	Относительная ошибка
1	$N = A + B$	$\frac{\Delta A + \Delta B}{A + B}$
2	$N = A - B$	$\frac{\Delta A + \Delta B}{A - B}$
3	$N = A \cdot B$	$\frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B}$
4	$N = \frac{A}{B}$	
5	$N = A^n$	$n \cdot \frac{\Delta A}{A}$
6	$N = \sqrt[n]{A}$	$\frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta A}{A}$

Абсолютная погрешность косвенных измерений определяется по формуле

$$\Delta A = A_{\text{пр}} \cdot E \quad (3)$$

Для определения абсолютной инструментальной погрешности прибора надо знать его класс точности. Класс точности γ измерительного

прибора показывает, сколько процентов составляет абсолютная инструментальная погрешность $\Delta_{и}A$ от всей шкалы прибора (A_{max}):

$$\gamma = \frac{\Delta_{и}A}{A_{max}} \cdot 100\% \quad (4)$$

Класс точности указывают на шкале прибора или в его паспорте (знак % при этом не пишут). Существуют следующие классы точности электроизмерительных приборов: 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4. Зная класс точности прибора ($\gamma_{пр}$) и всю его шкалу (A_{max}), определяют абсолютную погрешность $\Delta_{и}A$ измерения физической величины A этим прибором:

$$\Delta_{и}A = \frac{\gamma \cdot A_{max}}{100} \quad (5)$$

Как записывать результат измерения:

$$A = A_{пр} \pm \Delta A,$$

$$E = \dots \%$$

Лабораторная работа № 1

Изучение закономерностей равноускоренного движения

Цели работы:

- 1) исследовать зависимость от времени координаты тела при его прямолинейном неравномерном движении;
- 2) отработать практический прием определения ускорения тела по его перемещению и времени движения;
- 3) исследовать зависимость от времени скорости тела при его прямолинейном равноускоренном движении.

Оборудование: желоб прямой, стальной шарик, металлический цилиндр, опора желоба, укладочный пенал, секундомер.

Ход работы:

Часть 1.

- 1) Установить желоб на крышку укладочного пенала, так чтобы верхний конец оказался выше на 4-5 мм с помощью опоры желоба.

Пояснение: Установку можно считать настроенной, если шарик скатывается по желобу за 4-5 с.

- 2) В 2-3 см от верхнего конца желоба установить цилиндр и шарик. Шарик должен располагаться выше цилиндра (рисунок 1). Определить начальную координату шарика.

Пояснение: Координату шарика определяют по положению точки соприкосновения шарика и основания цилиндра по внутренней шкале желоба.



Рисунок 1

- 3) Удерживая шарик рукой, сместить цилиндр на 15 см вниз по поверхности желоба.

- 4) Отпустить шарик и одновременно включить секундомер. По звуку удара шарика о цилиндр секундомер выключить. Показания секундомера занести в таблицу 1.

Таблица 1.

$t \backslash x$	$x_0 =$ ($s=0$ см)	$x_1 =$ ($s=15$ см)	$x_2 =$ ($s=30$ см)	$x_3 =$ ($s=45$ см)
t_1, c				
t_2, c				
t_3, c				
t_{cp}, c				

- 5) Опыт повторить 3 раза.

б) Вычислить среднее время движения шарика на участке пути длиной 15 см по формуле:

$$t_{cp} = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3}$$

7) Повторить действия пунктов 3-6 переместив цилиндр на 30 см, а затем на 45 см. Результаты занести в таблицу 1.

8) По полученным данным построить график зависимости координаты шарика от среднего значения времени движения.

9) По виду графика сделать вывод о виде движения тела.

Часть 2.

1) Установить желоб на крышку укладочного пенала, так чтобы верхний конец оказался выше на 5-6 мм с помощью опоры желоба и крышки пенала.

2) В 2-3 см от верхнего конца желоба установить цилиндр и шарик. Шарик должен располагаться выше цилиндра. Определить начальную координату шарика.

3) Удерживая шарик рукой, сместить цилиндр в среднюю часть желоба. Определить координату шарика. Данные занести в таблицу 2.

4) Определить путь, пройденный шариком до встречи с цилиндром по формуле: $s = x - x_0$. Данные занести в таблицу 2.

5) Отпустить шарик и одновременно включить секундомер. По звуку удара шарика о цилиндр секундомер выключить. Опыт повторить 3 раза. Показания секундомера занести в таблицу 2.

Таблица 2.

№ опыта	$x_0, м$	$x, м$	$s, м$	$t, с$	$t_{cp}, с$	$a, м/с^2$
1 опыт						
2 опыт						

б) Вычислить среднее время движения шарика.

7) Вычислить ускорение, с которым движется шарик по формуле:

$$a = \frac{2 \cdot s}{t^2}$$

Пояснение: для расчетов использовать среднее значение времени.

8) Повторить действия пунктов 3-7 переместив цилиндр в нижнюю часть желоба. Результаты занести в таблицу 2.

9) Сравнив значения ускорения в 1 и 2 опытах сделать вывод о том, является ли движение шарика равноускоренным.

Часть 3.

1) Используя данные о времени движения шарика в 1 опыте, полученные в части 2, определить скорость движения шарика в средней части желоба, по формуле:

$$v = \frac{2 \cdot s}{t}$$

Пояснение: для расчетов использовать среднее значение времени.

2) Используя данные о времени движения шарика во 2 опыте, полученные в части 2, определить скорость движения шарика в нижней части желоба.

3) Определить соотношение скоростей в опытах $\frac{v_2}{v_1}$

4) Определить соотношение средних значений времени движения шариков в опытах $\frac{t_{2cp}}{t_{1cp}}$

5) Сравнить полученные соотношения и сделать вывод о справедливости данного соотношения для равнопеременного движения.

Контрольные вопросы:

1. Что такое средняя скорость перемещения, мгновенная скорость? В каких единицах измеряется скорость?

2. Что такое ускорение? В каких единицах измеряется ускорение?

3. В каком случае ускорение тела считается постоянным? Куда направлено ускорение тела при равноускоренном и при равнозамедленном движении тела?

4. Как записывается в векторной и координатной форме уравнение скорости при движении с постоянным ускорением?

5. Как записывается в векторной и координатной форме уравнение координаты при движении с постоянным ускорением?

Список литературы:

1. Мякишев Г.Я. Физика. 10 класс [Текст]: базовый и углубленный уровни/ Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский. – 3-е изд. – М.: Просвещение, 2022. – 416 с.: ил. – (Классический курс).

2. Касьянов В.А. Физика. 10 класс. Учебник. Углублённый уровень/ В.А. Касьянов. – М.: Просвещение, 2023. – 480 с.

Лабораторная работа № 2 **Исследование упругих свойств пружины**

Цели работы:

1) исследовать зависимость жесткости пружины от числа её витков;

2) убедиться в зависимость жесткости пружины от диаметра витков и материала проволоки.

Оборудование: укладочный пенал, стержень штатива с муфтой и лапкой, пружина, желоб прямой, динамометр, груз 100 гр (2 шт).

Ход работы:

Часть 1.

1) Собрать экспериментальную установку, как показано на рисунке 1 без грузов.

2) Подсчитать количество витков N в пружине, данные занести в таблицу 1.

3) По шкале желоба, закрепленного рядом, измерить начальную длину пружины x_0 . Данные занести в таблицу 1.

4) Измерить с помощью динамометра силу тяжести F_m , действующую на соединенные вместе два груза (по 100 г). Данные занести в таблицу 1.

5) Подвесить систему грузов к пружине. Измерить длину растянутой пружины x . Данные занести в таблицу 1.



Рисунок 1

Таблица 1

№ опыта	N	x_0 , м	x , м	Δx , м	F_m , Н	k , Н/м
1						
2						
3						
4						

6) Вычислить удлинение пружины по формуле $\Delta x = x - x_0$. Данные занести в таблицу.

7) Вычислить жесткость пружины по формуле $k = \frac{F_m}{\Delta x}$. Данные занести в таблицу 1.

8) В лапке зажать один из витков пружины, так чтобы сверху лапки оказалась $\frac{1}{4}$ часть витков (рисунок 2).

9) Повторить действия пунктов 2-7. Данные занести в таблицу 1.

10) В лапке зажать один из витков пружины, так чтобы сверху лапки оказалась $\frac{1}{2}$ часть витков.

11) Повторить действия пунктов 2-7. Данные занести в таблицу 1.

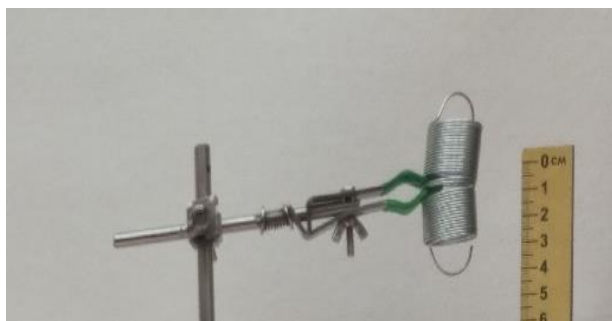


Рисунок 2

12) В лапке зажать один из витков пружины, так чтобы сверху лапки оказалась $\frac{3}{4}$ часть витков.

13) Повторить действия пунктов 2-7. Данные занести в таблицу 1.

14) Построить график зависимости жесткости пружины от количества витков.

15) По результатам опытов и анализа графика, сделать вывод о том, как зависит жесткость пружины от количества её витков.

Часть 2

1) Использовать для исследования в качестве второй пружины, пружину динамометра.

2) Подсчитать количество витков N в пружине динамометра, данные занести в таблицу 2.

№ опыта	N	x_0 , м	x , м	Δx , м	F_m , Н	k , Н/м
Пружина динамометр						
Исследуемая пружина						

3) Повторить действия пунктов 3-7 части 1. Данные занести в таблицу 2.

4) В лапке зажать один из витков пружины, так чтобы снизу лапки оказалось число витков, равное числу витков динамометра.

5) Повторить действия пунктов 3-7 части 1. Данные занести в таблицу 2.

6) Сравнить значения жесткости исследуемой пружины и пружины динамометра. Сделать вывод.

Контрольные вопросы:

1. Что такое деформация?
2. Какая деформация называется упругой?
3. Как формулируется закон Гука? Запишите формулу.
4. При каких условиях выполняется закон Гука?
5. Что называют жесткостью? Укажите единицы измерения жесткости.

Список литературы:

1. Мякишев Г.Я. Физика. 10 класс [Текст]: базовый и углубленный уровни/ Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский. – 3-е изд. – М.: Просвещение, 2022. – 416 с.: ил. – (Классический курс).

2. Касьянов В.А. Физика. 10 класс. Учебник. Углублённый уровень/ В.А. Касьянов. – М.: Просвещение, 2023. – 480 с.

Лабораторная работа № 3

Измерение коэффициента трения скольжения

Цели работы:

- 1) Установить зависимость силы трения скольжения от величины силы нормального давления;
- 2) Определить коэффициент трения скольжения для исследуемых поверхностей двумя различными способами.

Часть 1.

Оборудование: динамометр, брусок, грузы по 100 г (3 шт.), укладочный пенал.

Ход работы:

- 1) Из укладочного пенала достать все необходимое оборудование по списку. Крышку пенала перевернуть и установить на место (полоса резины должна быть сверху).
- 2) С помощью динамометра определить вес бруска. Данные занести в таблицу 1.

Таблица 1

Взаимодействующие вещества	Кол-во грузов	$F_6, Н$	$F_2, Н$	$N, Н$	$F_{тр}, Н$	μ	$\mu_{ср}$
Дерево-резина	0						
	1						
	2						
	3						
Дерево-оргалит	0						
	1						
	2						
	3						

Пояснения: F_6 – сила тяжести, действующая на брусок, равна весу бруска; F_2 – сила тяжести, действующая на грузы, равна весу грузов; N – сила нормального давления бруска на поверхность крышки (при горизонтальной ориентации поверхностей, равна силе тяжести, действующая на брусок с грузами)

- 3) С помощью динамометра определить вес одного, двух и трех грузов соответственно. Данные занести в таблицу 1.
- 4) Брусок зацепить крючком динамометра, и расположить на крышке пенала, на резиновой полоске, как показано на рисунке 1

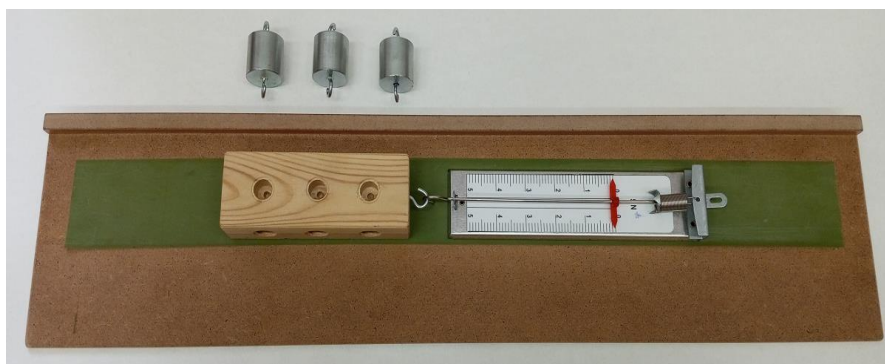


Рисунок 1

5) Потянув за динамометр, нужно равномерно перемещать брусок вдоль поверхности крышки. Динамометр покажет при этом значение силы трения скольжения. Занести показания в таблицу 1.

6) Установить на брусок 1 груз. Рассчитать общий вес бруска с грузом, используя данные из пунктов 2 и 3.

7) Повторить действия пункта 5.

8) Установить на брусок 2 груза. Рассчитать общий вес бруска с грузами, используя данные из пунктов 2 и 3.

9) Повторить действия пункта 5.

10) Установить на брусок 3 груза. Рассчитать общий вес бруска с грузами, используя данные из пунктов 2 и 3.

11) Повторить действия пункта 5.

12) По полученным данным построить график зависимости силы трения от силы нормального давления на поверхность крышки.

13) По графику сделать вывод о виде зависимости силы трения скольжения от величины силы нормального давления

14) Определить коэффициент трения скольжения по формуле

$$\mu = \frac{F_{\text{тр}}}{N}$$

15) Рассчитать среднее значение коэффициента трения по формуле

$$\mu_{\text{ср}} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 \mu_i = \frac{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4}{4}$$

16) Заменить исследуемую поверхность соприкасающихся тел и повторить пункты 5-13. Данные занести в таблицу 1.

17) Сделать вывод о полученных результатах.

Часть 2.

Оборудование: брусок, укладочный пенал, динамометр, стержень штатива с муфтой и лапкой, коврик, желоб прямой.

Ход работы:

1) Закрепить крышку укладочного пенала в лапке штатива наклонно под небольшим углом. Под нижний край крышки подложить коврик (Рисунок 2).

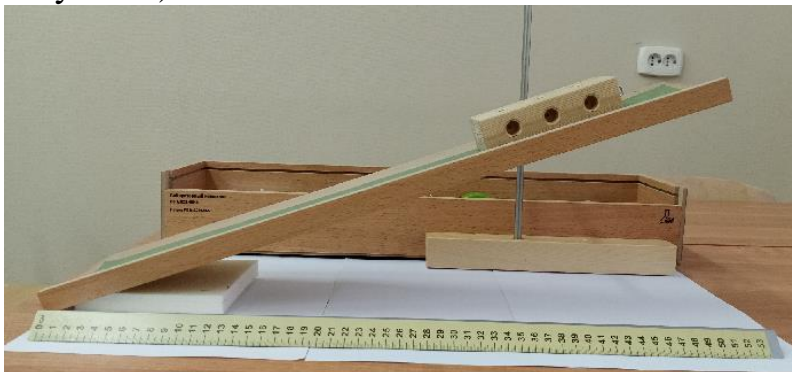


Рисунок 2

2) На крышку вблизи верхнего конца на резиновую полоску положить брусок.

3) Медленно увеличивая наклон крышки, наблюдают за поведением бруска. Заметить при каком наклоне, брусок пришел в движение. Продолжая увеличивать наклон убедиться, что движение бруска становится ускоренным.

4) Вернуться к такому углу наклона, при котором брусок начинает скользить (движение равномерное).

5) Измерить высоту верхнего края крышки пенала относительно поверхности рабочего стола H . Данные занести в таблицу 2.

Таблица 2

Взаимодействующие вещества	H , м	L , м	$tg\alpha$	μ
Дерево-резина				
Дерево-оргалит				

6) Измерить длину проекции крышки на поверхность стола L . Данные занести в таблицу 2.

7) Вычислить тангенс угла наклона $tg\alpha = \frac{H}{L}$. Данные занести в таблицу 2.

8) Сравнить полученные данные со значением коэффициента трения, полученным в первой части работы.

9) Сделать вывод о справедливости утверждения: $\mu = tg\alpha$

Контрольные вопросы:

1. При каких условиях появляются силы трения?
2. Что называют силой трения покоя? В каких пределах она может изменяться?
3. Что называют силой трения скольжения? От чего она зависит? Как определяется направление этой силы?

4. Как определяется величина силы трения скольжения?
5. Что показывает коэффициент трения?

Список литературы:

1. Мякишев Г.Я. Физика. 10 класс [Текст]: базовый и углубленный уровни/ Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский. – 3-е изд. – М.: Просвещение, 2022. – 416 с.: ил. – (Классический курс).
2. Касьянов В.А. Физика. 10 класс. Учебник. Углублённый уровень/ В.А. Касьянов. – М.: Просвещение, 2023. – 480 с.

Лабораторная работа №4

Исследование перехода механической энергии тел в работу

Цели работы: определить соотношение между запасом механической энергии системы тел и значением механической работы, совершенной телами за счет этой энергии.

Оборудование: желоб прямой, брусок, динамометр, укладочный пенал, нить.

Ход работы:

- 1) Из лабораторных работ «Исследование упругих свойств пружины» и «Измерение коэффициента трения скольжения», выполненных ранее, взять значения жесткости пружины динамометра и значение силы трения бруска о поверхность резины.
- 2) Крышку укладочного пенала установить на пенале резиновой полосой вверх.
- 3) Вдоль резиновой полосы положить желоб внешней шкалой к наблюдателю.
- 4) На резину поместить динамометр и брусок. Крючки динамометра и бруска соединить нитью с петлями на концах длиной около 10-12 см (рисунок 1).



Рисунок 1

- 5) Отметить начальное положение указателя динамометра относительно шкалы – x_1 . Значение занести в таблицу.

Таблица.

№ опыта	x ₁ , м	x ₂ , м	Δx, м	Δx _{ср} , м	x _{бр.0} , м	x _{бр.} , м	s, м	s _{ср} , м	E, Дж	A, Дж

6) Прочно удерживая динамометр одной рукой, второй оттянуть брусок так, чтобы пружина динамометра удлинилась на 10 см.

7) Отметить новое положение указателя динамометра – x₂. Значение занести в таблицу.

8) Отметить координату места пуска бруска – x_{бр.0}. Значение занести в таблицу.

9) Отпустить брусок и, когда он остановится, определить координату места остановки бруска – x_{бр.} Значение занести в таблицу.

10) По данным измерений вычислить удлинение пружины, которое она имела перед пуском бруска по формуле Δx = x₂ – x₁. Значение занести в таблицу.

11) По данным измерений вычислить перемещение бруска по формуле s = x_{бр.0} – x_{бр.} Значение занести в таблицу.

12) Эксперимент повторить 5 раз, следя за тем, чтобы начальное положение указателя динамометра и координата места пуска бруска не менялись. Значения всех величин занести в таблицу.

13) Вычислить среднее значение удлинения по формуле

$$\Delta x_{\text{ср}} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \Delta x_4 + \Delta x_5}{5}$$

Значение занести в таблицу.

14) Вычислить среднее значение перемещения по формуле

$$s_{\text{ср}} = \frac{s_1 + s_2 + s_3 + s_4 + s_5}{5}$$

Значение занести в таблицу.

15) Вычислить значение энергии растянутой пружины по формуле

$$E = \frac{k \cdot \Delta x_{\text{ср}}^2}{2}$$

16) Вычислить значение работы бруска по преодолению силы трения по формуле

$$A = F_{\text{тр}} \cdot s_{\text{ср}}$$

17) Сравнить полученные значения энергии растянутой пружины и работы бруска по преодолению силы трения и сделать вывод о соотношении между запасом механической энергии системы тел и значением механической работы, совершенной телами за счет этой энергии.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение работы в механике?
2. Запишите формулу для расчета работы силы в механике. В каких единицах измеряется работа?
3. Что характеризует величина, называемая энергией?
4. Как формулируется закон сохранения механической энергии?
5. Во что переходит механическая энергия в системе, в которой действуют силы трения?

Список литературы:

1. Мякишев Г.Я. Физика. 10 класс [Текст]: базовый и углубленный уровни/ Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский. – 3-е изд. – М.: Просвещение, 2022. – 416 с.: ил. – (Классический курс).
2. Касьянов В.А. Физика. 10 класс. Учебник. Углублённый уровень/ В.А. Касьянов. – М.: Просвещение, 2023. – 480 с.

Лабораторная работа №5

Исследование уравнения состояния идеального газа

Цели работы: исследовать взаимосвязь объемов, давлений и температур газа в двух его состояниях.

Оборудование: трубка-резервуар с двумя кранами, термометр, калориметр, рулетка, штатив, укладочный короб.

Дополнительное оборудование: барометр-анероид (один на группу).

Ход работы:

1) С помощью барометра-анероида определить атмосферное давление. Это давление равно давлению газа в первом состоянии p_1 , т.к. давлением столба жидкости высотой в несколько миллиметров можно пренебречь. Данные занести в таблицу.

Пояснение: 1мм.рт. ст. = 133,3 Па

Таблица

Первое состояние газа	$V_1, \text{м}^3$	$p_1, \text{Па}$	$T_1, \text{К}$	$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1}$

Второе состояние газа	$V_2, \text{м}^3$	$p_2, \text{Па}$	$T_2, \text{К}$	$\frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$

2) Взять трубку-резервуар. Определить объем внутренней полости трубки для первого состояния газа V_1 по формуле

$$V_1 = L_1 \cdot S_{сеч}$$

где L_1 – длина трубки-резервуара, $S_{сеч}$ – площадь поперечного сечения трубки.

Данные занести в таблицу.

3) Закрывать кран на одном конце трубки.

4) Уложить трубку внутрь стакана калориметра, плотно, виток к витку, закрытым краном вниз (рисунок 1).

5) Налить в калориметр теплую воду, так чтобы уровень воды был выше открытого крана на несколько миллиметров. Воздух в трубке станет быстро нагреваться, и из открытого крана пойдут пузырьки. Температуры воздуха и теплой воды сравняются, когда пузырьки прекратят образовываться. Сразу после этого, закрыть верхний кран.



Рисунок 1

Определить температуру нагретого воздуха t_1 по температуре воды в калориметре. Перевести температуру в градусах Цельсия в температуру в Кельвинах T_1 . Данные занести в таблицу.

Пояснение: $T (K) = t (^\circ C) + 273$

6) Для перевода воздуха во второе состояние нужно заменить теплую воду в калориметре таким же количеством воды комнатной температуры.

7) Открыть верхний кран. Объем воздуха в трубке из-за охлаждения уменьшается, и внутрь трубки будет втягиваться вода из стакана.

8) Для охлаждения воздуха до комнатной температуры подождать 3 минуты, затем закрыть верхний кран.

9) Определить температуру воздуха во втором состоянии t_2 по температуре воды в калориметре. Перевести температур в градусах Цельсия в температуру в Кельвинах T_2 . Данные занести в таблицу.

10) Извлечь трубку из калориметра и несколько раз встряхнуть, для того, чтобы вода, вошедшая в неё, образовала вблизи крана неразрывный столбик.



11) Затем конец трубки с водой закрепить вертикально лапками штатива, так чтобы не пережимать внутренний канал трубки (рисунок 2).

12) Верхний край трубки открыть. При этом будет наблюдаться сжатие воздуха под действием давления водяного столба. Рисунок 2

13) Определить давление водяного столба $p_в$ по формуле

$$p_в = \rho_в \cdot g \cdot h_в$$

где $\rho_в$ – плотность воды, g – ускорение свободного падения, $h_в$ – высота водяного столба.

14) Определить давление воздуха во втором состоянии p_2 по формуле

$$p_2 = p_1 + p_в$$

15) Определить объем воздуха во втором состоянии V_2 по формуле

$$V_2 = L_2 \cdot S_{сеч.}$$

где L_2 – высота столба воздуха во втором состоянии (меньше первоначальной длины трубки на высоту водяного столба и вошедшего после сжатия воздуха).

16) Рассчитать для первого состояния газа соотношение

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1}$$

17) Рассчитать для второго состояния газа соотношение

$$\frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

18) Сравнить получившиеся значения и сделать вывод о выполнении равенства

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Контрольные вопросы:

1. Что называют уравнением состояния?
2. Запишите уравнение состояния идеального газа и поясните входящие в него величины.
3. Для чего нужно уравнение состояния?
4. Запишите и сформулируйте закон Бойля-Мариотта.
5. Запишите и сформулируйте закон Гей-Люссака.
6. Запишите и сформулируйте закон Шарля.

Список литературы:

1. Мякишев Г.Я. Физика. 10 класс [Текст]: базовый и углубленный уровни/ Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский. – 3-е изд. – М.: Просвещение, 2022. – 416 с.: ил. – (Классический курс).

2. Касьянов В.А. Физика. 10 класс. Учебник. Углублённый уровень/ В.А. Касьянов. – М.: Просвещение, 2023. – 480 с.

Лабораторная работа № 6 Измерение модуля Юнга резины

Цель работы: овладеть одним из практических методов исследования упругих свойств материалов.

Оборудование: резиновый жгут, штатив, укладочный короб.

Дополнительное оборудование (из комплекса «механика»): 2 груза по 100 г, линейка.

Ход работы:

1) Жгут намотать, не натягивая, виток к витку на линейку. Заметить общую длину намотки l . Сосчитать количество витков N . Рассчитать диаметр жгута по формуле: $d = \frac{l}{N}$. Данные занести в таблицу.

Таблица.

$l, \text{ м}$	N	$d, \text{ м}$	$S_0 \cdot 10^{-6}, \text{ м}^2$	$L_0, \text{ м}$	$L, \text{ м}$	$m, \text{ кг}$	$E, \text{ Н/м}^2$

2) Определить площадь сечения жгута S_0 по формуле:

$$S_0 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

3) Жгут подвесить в лапке штатива и измерить начальную длину жгута L_0 . Данные занести в таблицу.

4) К нижней петле жгута подвесить груз массой 100 г. Выждать 3-4 минуты. Измерить длину жгута в деформированном состоянии L . Данные занести в таблицу. Груз снять!!!

5) Вычислить изменение длины жгута по формуле: $\Delta L = L - L_0$

6) Вычислить относительное удлинение жгута по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

7) Вычислить величину растягивающей силы по формуле:

$F = m \cdot g$, где $g=9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

8) Вычислить площадь поперечного сечения жгута в деформированном состоянии по формуле:

$$S = \frac{S_0 \cdot L_0}{L}$$

9) Вычислить нормальное напряжение в деформированном жгуте по формуле:

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

10) Вычислить модуль Юнга резины по формуле:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Занести полученный результат в таблицу.

11) К нижней петле жгута подвесить груз массой 200 г. Выждать 3-4 минуты. Измерить длину жгута в деформированном состоянии L . Данные занести в таблицу. Груз снять!!!

12) Повторить действия пунктов 5-10.

13) Сделать вывод о полученном результате.

Контрольные вопросы:

1. Что называют деформацией?
2. Что такое относительное удлинение?
3. Что такое механическое напряжение? Его виды?
4. Как формулируется и записывается закон Гука для деформации растяжения?
5. Что такое модуль Юнга?

Список литературы:

1. Мякишев Г.Я. Физика. 10 класс [Текст]: базовый и углубленный уровни/ Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский. – 3-е изд. – М.: Просвещение, 2022. – 416 с.: ил. – (Классический курс).
2. Касьянов В.А. Физика. 10 класс. Учебник. Углублённый уровень/ В.А. Касьянов. – М.: Просвещение, 2023. – 480 с.

Лабораторная работа № 7

Измерение коэффициента поверхностного натяжения

Цели работы:

- 1) отработать один из приемов определения коэффициента поверхностного натяжения воды;
- 2) исследовать зависимость коэффициента поверхностного натяжения воды от температуры.

Оборудование: лоток, флакон с водой, закрытый крышкой капельницей, стакан, термометр

Дополнительное оборудование: весы (одни на группу).

Ход работы:

- 1) В работе используется флакон с пробкой-капельницей, диаметр отверстия которой составляет $d=1,2$ мм.
- 2) С помощью весов определить массу стакана m_1 .
- 3) Из капельницы в стакан накапать $N = 60-70$ капель воды (капли считать). Измерить температуру воды t °С.
- 4) Взвесить стакан с водой m_2 .
- 5) Определить массу воды в стакане $m = m_2 - m_1$
- 6) Найти массу одной капли $m_k = \frac{m}{N}$
- 7) Рассчитать коэффициент поверхностного натяжения воды по формуле

$$\alpha = \frac{m_k \cdot g}{\pi \cdot d},$$

где $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

- 8) Данные измерений и расчетов занести в таблицу.

Таблица.

№ опыта	m, кг	N	m_k , кг	α , Н/м	$\alpha_{\text{ср}}$, Н/м
1					
2					
3					

- 9) Опыт повторить ещё 2 раза (пункты со 2-8).
- 10) Рассчитать среднее арифметическое значение коэффициента поверхностного натяжения воды .
- 11) Полученное значение сравнить с табличным, для этого рассчитать абсолютную и относительную погрешность измерения коэффициента поверхностного натяжения по формулам

$$\Delta\alpha = \alpha_{\text{т}} - \alpha_{\text{ср}}$$

$$E = \frac{\Delta\alpha}{\alpha_{\text{т}}} \cdot 100\%$$

- 12) Повторить пункты 2-10, взяв воду с температурой 60°C .
- 13) Сравнить значения коэффициента поверхностного натяжения воды при комнатной температуре и при 60°C , сделать вывод о влиянии увеличения температуры на значение коэффициента поверхностного натяжения воды.

Контрольные вопросы:

1. Объясните, как возникает взаимодействие молекул
2. Объясните строение и характер движения молекул в газах с точки зрения молекулярно-кинетической теории.
3. Объясните строение и характер движения молекул в жидкостях с точки зрения молекулярно-кинетической теории.
4. Что такое поверхностное натяжение?
5. Дайте определение и запишите формулу коэффициента поверхностного натяжения. От чего зависит эта величина?

Список литературы:

1. Мякишев Г.Я. Физика. 10 класс [Текст]: базовый и углубленный уровни/ Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский. – 3-е изд. – М.: Просвещение, 2022. – 416 с.: ил. – (Классический курс).

2. Касьянов В.А. Физика. 10 класс. Учебник. Углублённый уровень/ В.А. Касьянов. – М.: Просвещение, 2023. – 480 с.

Лабораторная работа №8
Исследование последовательного и параллельного соединения проводников

Цели работы: экспериментально доказать утверждения о том, что:

1) в последовательной цепи значение силы тока одинаково на любом участке. Общее напряжение, приложенное к цепи, равно сумме напряжений на отдельных участках;

2) в параллельной цепи общее значение силы тока равно сумме значений силы тока в каждой из ветвей. Напряжение на каждой из параллельных ветвей цепи одинаково.

Оборудование: аккумуляторный источник питания, амперметр, вольтметр, соединительные провода, элементы планшета, ключ, постоянные резисторы R_1 и R_2 .

Ход работы:

Часть 1. Исследование закономерностей распределения тока и напряжений в последовательной цепи.

1) Собрать цепь по схеме 1 (Рисунок 1).

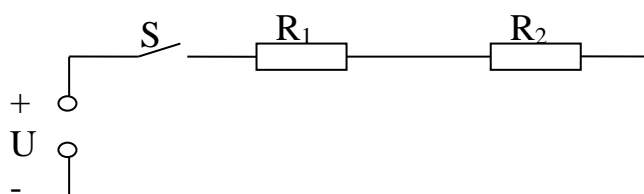


Рисунок 1

2) Измерить напряжение U_1 на резисторе R_1 . Для этого подключаем вольтметр параллельно резистору R_1 (схема 2, рисунок 2).

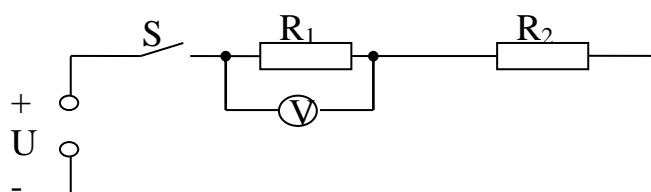


Рисунок 2

Пояснение: Вольтметр подключают в цепь параллельно с тем участком цепи, для которого осуществляется измерение! Клемма красного цвета, помеченная знаком «+», должна соединяться с концом участка цепи, который близок положительному полюсу аккумулятора.

3) Измерить напряжение U_2 на резисторе R_2 . Для этого подключаем вольтметр параллельно резистору R_2 (схема 3, рисунок 3).

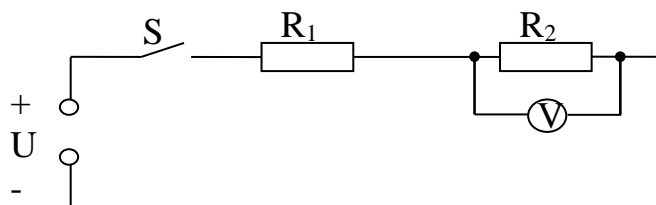


Рисунок 3

4) Измерить общее напряжение U , приложенное к двум

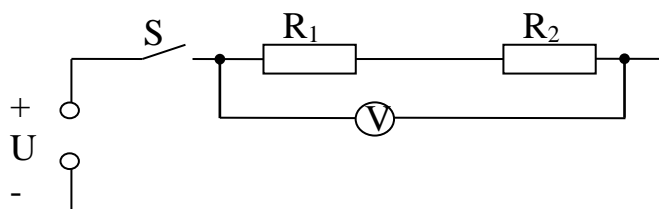


Рисунок 4

резисторам Для этого подключаем вольтметр параллельно участку из 2-х резисторов (схема 4, рисунок 4). Данные измерений занести в таблицу 1. Отключить вольтметр.

Таблица 1

I_1, A	I_2, A	I_3, A	U_1, B	U_2, B	U, B	U_1+U_2, B

5) Измерить силу тока на участке цепи между резистором R_2 и отрицательным полюсом аккумулятора (I_1) (схема 5, рисунок 5). Данные занести в таблицу 1.

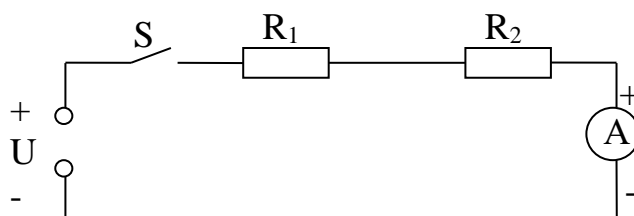


Рисунок 5

Пояснение: Амперметр подключают в цепь последовательно с тем участком цепи, для которого осуществляется измерение! Клемма красного цвета, помеченная знаком «+», должна подключаться к тому участку цепи, который соединен с положительным полюсом аккумулятора.

6) Измерить силу тока на участке между двумя резисторами (I_2) (схема 6, рисунок 6). Данные занести в таблицу 1.

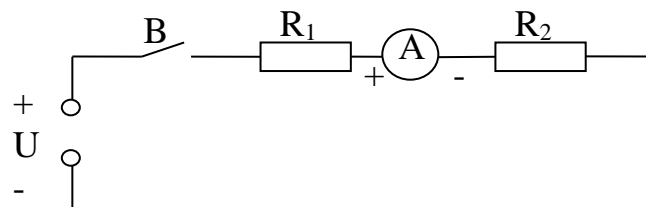


Рисунок 6

7) Измерить силу тока на участке цепи между резистором и положительным полюсом аккумулятора (I_3) (схема 7, рисунок 7). Данные занести в таблицу 1. Разобрать цепь.

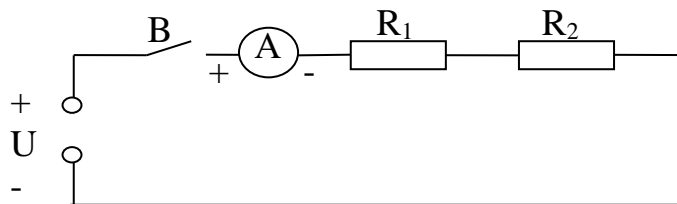


Рисунок 7

8) Проанализировав полученные данные сделать вывод о закономерностях в цепи при последовательном соединении.

Часть 2. Исследование закономерностей распределения тока и напряжений в параллельной цепи.

1) Собрать цепь по схеме 8 (рисунок 8).

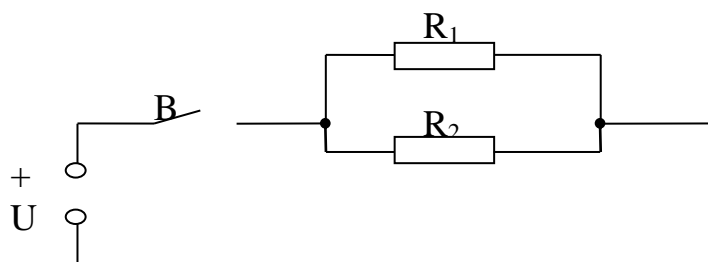


Рисунок 8

2) Измерить значение силы тока на первом резисторе I_1 (схема 9, рисунок 9).

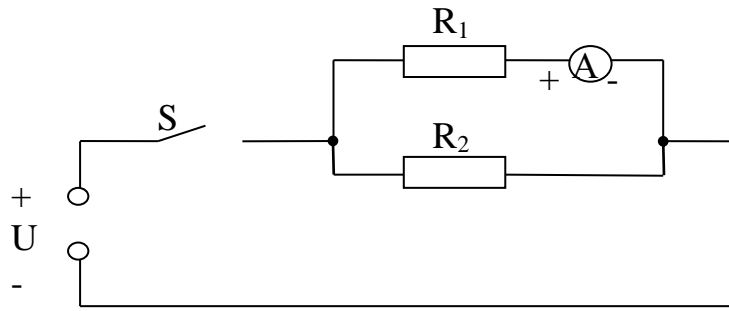


Рисунок 9

3) Измерить значение силы тока на втором резисторе I_2 (схема 10, рисунок 10).

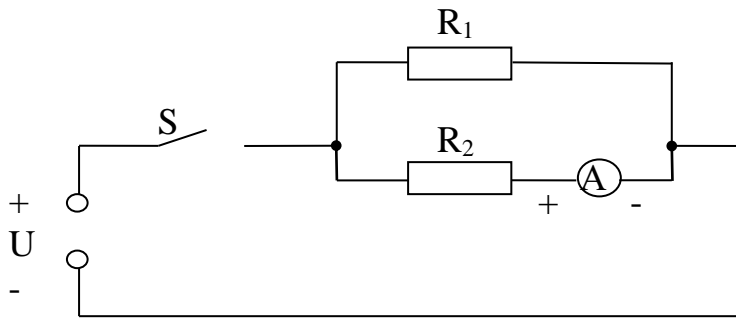


Рисунок 10

4) Измерить значение общей силы тока в неразветвленной части цепи (схема 11, рисунок 11). Данные занести в таблицу 2.

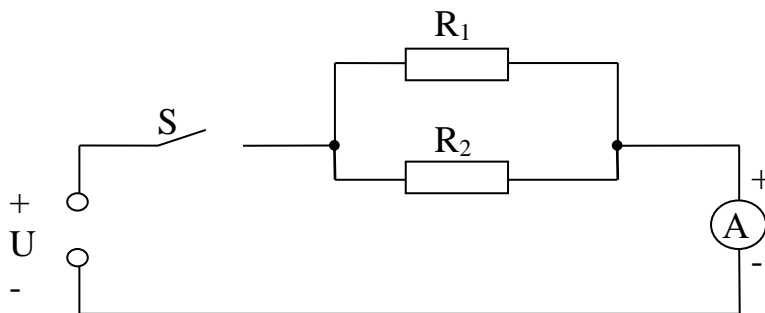


Рисунок 11

Таблица 2.

I_1, A	I_2, A	I, A	$I_1 + I_2, A$	U_1, B	U_2, B	U, B

5) Измерить напряжение U_1 на резисторе R_1 . Для этого подключаем вольтметр параллельно резистору R_1 непосредственно к его выводам (схема 12, рисунок 12). Данные занести в таблицу 2.

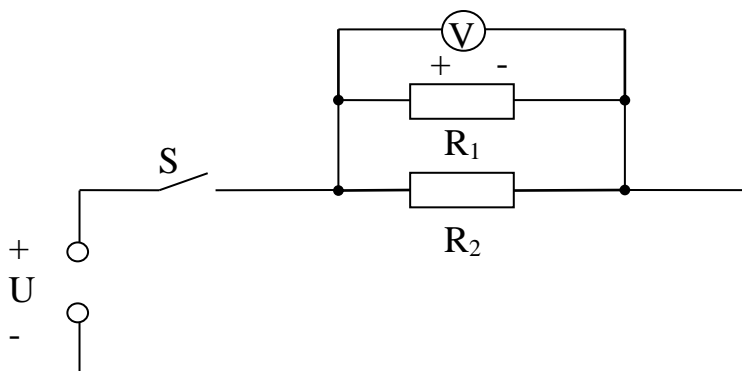


Рисунок 12

6) Измерить напряжение U_2 на резисторе R_2 . Для этого подключаем вольтметр параллельно резистору R_2 непосредственно к его выводам (схема 13, рисунок 13). Данные занести в таблицу 2.

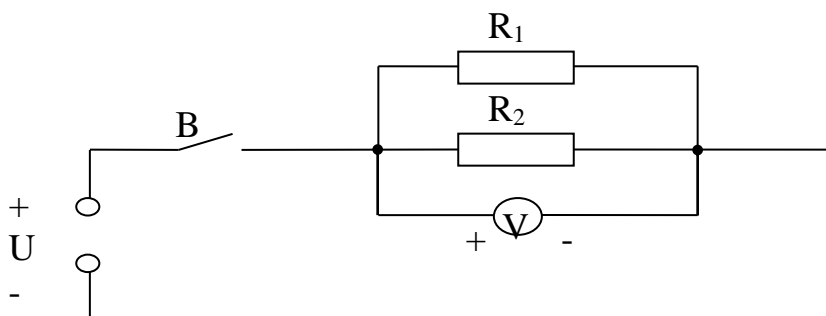


Рисунок 13

7) Измерить напряжение U в неразветвленной части цепи. Для этого подключаем вольтметр параллельно аккумулятору, непосредственно к его выводам (схема 14). Данные занести в таблицу 2.

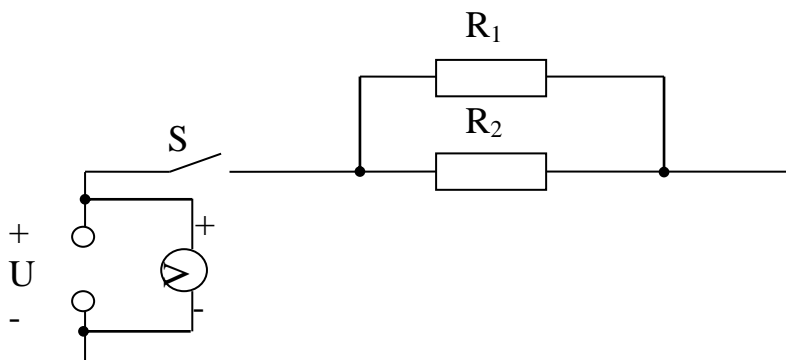


Рисунок 14

8. Проанализировав полученные данные сделать вывод о закономерностях в цепи при параллельном соединении.

Контрольные вопросы:

1. Что такое электрический ток? Назовите условия его существования.
2. Запишите и сформулируйте закон Ома для участка цепи.
3. Какое соединение проводников называют последовательным?
4. Какие закономерности выполняются для последовательного соединения проводников?
5. Какое соединение проводников называют параллельным?
6. Какие закономерности выполняются для параллельного соединения проводников?

Список литературы:

1. Мякишев Г.Я. Физика. 10 класс [Текст]: базовый и углубленный уровни/ Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский. – 3-е изд. – М.: Просвещение, 2022. – 416 с.: ил. – (Классический курс).
2. Касьянов В.А. Физика. 10 класс. Учебник. Углублённый уровень/ В.А. Касьянов. – М.: Просвещение, 2023. – 480 с.

Лабораторная работа № 9 Измерение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока

Цель работы: сформировать умение определения ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока с помощью амперметра и вольтметра.

Оборудование: аккумуляторный источник питания, амперметр, вольтметр, соединительные провода, элементы планшета: ключ, постоянный резистор R_1 , переменный резистор R .

Ход работы:

Часть 1.

- 1) Собрать цепь по схеме 1 (рисунок 1).

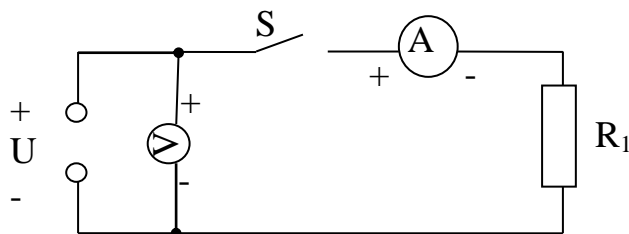


Рисунок 1

2) Снять показания вольтметра U_1 при разомкнутом ключе S . Данные занести в таблицу 1.

Таблица 1

$U_1, В$	$U_2, В$	$I, А$	$E, В$	$r, Ом$

Пояснение: При разомкнутом ключе источник замкнут на вольтметр, сопротивление которого много больше внутреннего сопротивления источника. В этом случае ток в цепи настолько мал, что можно пренебречь падением напряжения на внутреннем сопротивлении источника $I \cdot r$, и ЭДС источника E с малой погрешностью равна напряжению на его зажимах U_1 , которое измеряется вольтметром.

3) Снять показания вольтметра U_2 при замкнутом ключе S . Данные занести в таблицу 1.

Пояснение: Если ключ замкнут, то вольтметр показывает падение напряжения на резисторе $U_2 = I \cdot R_1$.

4) Снять показания амперметра I при замкнутом ключе S . Данные занести в таблицу 1.

5) Вычислить внутреннее сопротивление источника тока по формуле

$$r = \frac{U_1 - U_2}{I}$$

Данные занести в таблицу 1.

Часть 2.

1) Собрать цепь по схеме 2 (рисунок 2) с переменным сопротивлением.

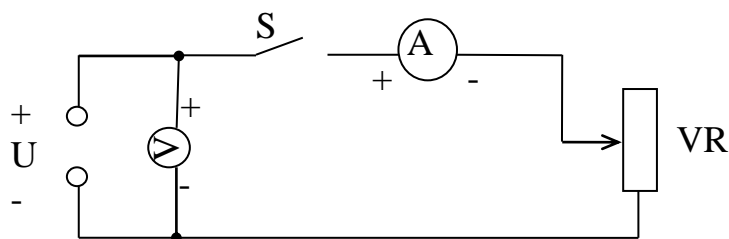


Рисунок 2

2) Снять показания вольтметра U_1 и амперметра I_1 при замкнутом ключе S при среднем положении ручки регулятора сопротивления. Данные занести в таблицу 2.

Таблица 2

$U_1, В$	$I_1, А$	$U_2, В$	$I_2, А$	$E, В$	$r, Ом$

3) Снять показания вольтметра U_2 и амперметра I_2 при замкнутом ключе S в крайнем положении ручки регулятора сопротивления (максимальное значение сопротивления). Данные занести в таблицу 2.

4) Применяя закон Ома для полной цепи, получить и решить систему двух уравнений с двумя неизвестными: ЭДС источника тока E и внутренним сопротивлением r . Полученные данные занести в таблицу 2.

5) Сделать выводы о результатах полученных первым и вторым способом измерения.

Контрольные вопросы:

1. Что такое сила тока? В каких единицах измеряется эта величина?

2. Какие силы называются сторонними?

3. Что такое электродвижущая сила (ЭДС)? В каких единицах измеряется эта величина?

4. Как формулируется и записывается закон Ома для замкнутой цепи?

5. От чего зависит знак ЭДС в законе Ома для замкнутой цепи?

Список литературы:

1. Мякишев Г.Я. Физика. 10 класс [Текст]: базовый и углубленный уровни/ Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский. – 3-е изд. – М.: Просвещение, 2022. – 416 с.: ил. – (Классический курс).

2. Касьянов В.А. Физика. 10 класс. Учебник. Углублённый уровень/ В.А. Касьянов. – М.: Просвещение, 2023. – 480 с.

Лабораторная работа №10 Измерение магнитного поля Земли

Цель работы: определить значение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли.

Оборудование: аккумуляторный источник питания, амперметр, компас, соединительные провода, соединители типа «Крокодил», катушка проволочная, штангенциркуль, элементы планшета: ключ, переменный резистор VR , гнезда $XS1$, $XS2$.

Ход работы:

1) Собрать цепь по схеме 1 (рисунок 1) .

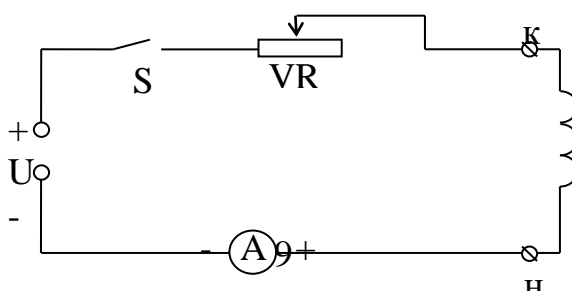


Рисунок 1

2) Установить катушку на рабочем столе вертикально. Внутри катушки поместить компас и расположить его горизонтально, как показано на рисунке 2. Поворачивая катушку и компас в ней найти такое положение, при котором стрелка компаса ориентируется по линии 0-180° (совместить северный полюс магнитной стрелки с нулевым делением шкалы компаса) его шкалы и одновременно направлена вдоль плоскости катушки.



Рисунок 2

Пояснение: таким образом, при отсутствии тока магнитная стрелка устанавливается по направлению горизонтальной составляющей магнитного поля Земли.

3) Замкнуть ключ и установить реостатом VR значение тока, при котором стрелка отклонится на угол 60-65° от исходного положения. Значение силы тока и угла занести в таблицу 1.

Таблица 1

№ опыта	I, А	α , град.	$\operatorname{tg}\alpha$	D, м	N	$B_{г}$, Тл
1						
2						
3						

4) Установить реостатом VR значение тока, при котором стрелка отклонится на угол 65-70° от исходного положения. Значение силы тока и угла занести в таблицу 1.

5) Установить реостатом VR значение тока, при котором стрелка отклонится на угол 75-80° от исходного положения. Значение силы тока и угла занести в таблицу 1.

6) Измерить штангенциркулем диаметр катушки D. Значение занести в таблицу 1.

7) Сосчитать число витков катушки N. Значение занести в таблицу 1.

8) Вычислить для каждого опыта величину горизонтальной составляющей магнитного поля Земли по формуле:

$$B_{г} = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot N}{D \cdot \operatorname{tg}\alpha},$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная.

9) Вычислить среднее значение величины горизонтальной составляющей магнитного поля Земли.

10) Сделать вывод о полученном результате.

Контрольные вопросы:

1. Как называется векторная характеристика магнитного поля?

2. Как определяется направление вектора магнитной индукции?
3. Что называют линиями магнитной индукции?
4. Какие поля называются вихревыми?
5. Как определяется модуль вектора магнитной индукции? В каких единицах выражается эта величина?

Список литературы:

1. Мякишев Г.Я. Физика. 11 класс: базовый и углубленный уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин. – 4-е изд. – М.: Просвещение, 2022. – 432 с.: [4] л. Ил. – (Классический курс)
2. Касьянов В.А. Физика. 11 класс. Учебник. Углублённый уровень/ В.А. Касьянов. – М.: Просвещение, 2023. – 496 с.

Лабораторная работа № 11 Измерение ускорения свободного падения

Цель работы: сформировать умение измерения ускорения свободного падения с помощью груза на подвесе.

Оборудование: секундомер, рулетка, груз 100 г, нить, стержень штатива с муфтой и лапкой, укладочный пенал.

Ход работы:

Часть 1.

1) Собрать штатив и разместить установку, таким образом, чтобы конец лапки выступал на 5-10 см за край поверхности рабочего стола.

2) На конце нить сделать петлю и подвесить груз. Другой конец нити зажать в лапке штатива. Длина нити должна быть такой, чтобы груз висел на высоте 2-3 см от пола.

3) Груз отводят в сторону на 5-10 см, отпускают и одновременно включают секундомер. Определяют время 50 полных колебаний. Данные заносят в таблицу 1.

Таблица 1

№ опыта	N	t, c	T, c	l, m	$g, m/c^2$	$g_{cp}, m/c^2$
1						
2						
3						
4						
5						

4) Опыт повторяют 5 раз.

5) Рассчитать период колебаний по формуле: $T = \frac{t}{N}$. Данные занести в таблицу 1.

6) Измерить длину маятника l рулеткой от точки подвеса до середины груза.

7) Рассчитать значение ускорения свободного падения по формуле:

$$g = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot l}{T^2}$$

8) Вычислить среднее значение ускорения свободного падения по формуле:

$$g_{\text{ср}} = \frac{g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5}{5}$$

9) Рассчитать относительное расхождение экспериментального и теоретического значений ускорения свободного падения по формуле:

$$E = \frac{|g_3 - g_T|}{g_T},$$

где $g_3 = g_{\text{ср}}$ – экспериментальное значение ускорения свободного падения;
 $g_T = 9,8 \text{ м/с}^2$ – теоретическое значение ускорения свободного падения.

10) Сделать вывод о полученном результате и данном методе измерения ускорения свободного падения.

Часть 2. (дополнительное задание)

11) Уменьшить длину нити в 4 раза. Повторить действия пунктов 3-8.

12) Сравнить результаты, полученные в 1 и 2 части работы и сделать вывод о влиянии длины подвеса на значение ускорения свободного падения.

Контрольные вопросы:

1. Какие колебания называются свободными?
2. Какая система называется математическим маятником?
3. Запишите уравнение движения для математического маятника?
4. Что называется периодом колебаний?
5. По какой формуле рассчитывается период колебаний математического маятника?

Список литературы:

1. Мякишев Г.Я. Физика. 11 класс: базовый и углубленный уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин. – 4-е изд. – М.: Просвещение, 2022. – 432 с.: [4] л. Ил. – (Классический курс)
2. Касьянов В.А. Физика. 11 класс. Учебник. Углублённый уровень / В.А. Касьянов. – М.: Просвещение, 2023. – 496 с.

Лабораторная работа № 12

Изучение колебаний пружинного маятника

Цель работы: исследовать зависимость собственной частоты колебаний пружинного маятника от массы груза.

Оборудование: желоб прямой, груз 100 г (4 шт.), пружина, секундомер, стержень штатива с муфтой и лапкой, укладочный пенал.

Ход работы:

1. Собрать экспериментальную установку, как показано на рисунке 1 без грузов.

2. Измерить по шкале желоба начальную длину пружины l_0 . Выразить в метрах.

3. Подвесить на пружину два груза по 100 г и измерить длину растянутой пружины l . Выразить в метрах.

4. Рассчитать удлинение пружины по формуле: $\Delta l = l - l_0$.

5. Рассчитать жесткость пружины по формуле:

$$k = \frac{(m_1 + m_2)g}{\Delta l},$$



Рисунок 1

где m_1 и m_2 – массы грузов в кг; $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

6. Подвесить к пружине один груз. Растянуть пружину на 2-4 см. С помощью секундомера определить время 15-20 полных колебаний. Данные занести в таблицу 1.

Таблица 1.

№ опыта	k , Н/м	m , кг	N	t , с	$\nu_{0Э}$, Гц	$\nu_{0Т}$, Гц	E , %
1							
2							
3							
4							

7. Подвесить к пружине два груза. Растянуть пружину на 2-4 см. С помощью секундомера определить время 15-20 полных колебаний. Данные занести в таблицу 1.

8. Подвесить к пружине три груза. Растянуть пружину на 2-4 см. С помощью секундомера определить время 15-20 полных колебаний. Данные занести в таблицу 1.

9. Подвесить к пружине четыре груза. Растянуть пружину на 2-4 см. С помощью секундомера определить время 15-20 полных колебаний. Данные занести в таблицу 1.

10. По экспериментальным данным вычислить фактическое значение частоты колебаний маятника $\nu_{0Э}$, которую он имел в каждом из 4-х опытов по формуле:

$$\nu_{0Э} = \frac{N}{t},$$

где N – число колебаний маятника; t – время, за которое они совершены, в с.

11. Построить график зависимости экспериментального значения частоты колебаний от массы грузов.

12. Вычислить теоретическое значение частоты собственных колебаний маятника $\nu_{0Т}$ в каждом из опытов по формуле:

$$\nu_{0Т} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}.$$

13. В той же системе координат построить график зависимости теоретического значения частоты колебаний от массы грузов.

14. Вычислить для каждого опыта относительную погрешность определения частоты по формуле:

$$E = \frac{|\nu_{0Э} - \nu_{0Т}|}{\nu_{0Т}} \cdot 100\%.$$

15. Сделать вывод о полученных результатах.

Контрольные вопросы:

1. Какие колебания называются гармоническими?
2. Какая система называется пружинным маятником?
3. Запишите уравнение движения для пружинного маятника?
4. Что называется частотой колебаний?
5. По какой формуле рассчитывается частота колебаний пружинного маятника?

Список литературы:

1. Мякишев Г.Я. Физика. 11 класс: базовый и углубленный уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин. – 4-е изд. – М.: Просвещение, 2022. – 432 с.: [4] л. Ил. – (Классический курс)
2. Касьянов В.А. Физика. 11 класс. Учебник. Углублённый уровень/ В.А. Касьянов. – М.: Просвещение, 2023. – 496 с.

Лабораторная работа 13

Определение фокусного расстояния собирающей линзы

Цель работы: отработать прием экспериментального определения фокусного расстояния собирающей линзы, основанный на использовании

соотношения фокусного расстояния с расстоянием между линзой и предметом, а также между линзой и изображением предмета.

Оборудование: оптическая скамья, источник света, рейтер для рамок, линза собирающая длиннофокусная с рейтером, экран, слайд-рамка с отверстиями в виде круга, щели и буквы «F», аккумуляторный источник питания, соединительные провода.

Ход работы:

1. Собрать экспериментальную установку в следующей последовательности: 1) на оптическую установить рейтер с собирающей линзой; 2) на противоположных концах скамьи разместить источник света и экран (экран крепиться так, чтобы он был обращен к источнику света); 3) на рейтере с источником света закрепить слайд-рамку так, чтобы источник света закрывал отверстие с буквой «F»; 4) источник света подключить к источнику питания.

2. По шкале скамьи измерить расстояние между источником и экраном L .

3. Плавно перемещая линзу по оптической скамье, определить такое её положение на скамье, при котором на экране образуется четкое увеличенное изображение буквы «F». Отметить расстояние от источника света до линзы d_1 по шкале скамьи.

4. Не меняя расстояния между источником и экраном, перемещаем линзу от источника приближая её к экрану и находим такое её положение, при котором на экране появляется уменьшенное изображение буквы «F». Отметить расстояние от источника света до линзы d_2 по шкале скамьи.

5. Вычислить перемещение линзы по оптической скамье по формуле

$$S = d_2 - d_1$$

6. Все полученные данные занести в таблицу 1.

Таблица 1.

№ опыта	L , м	d_1 , м	d_2 , м	S , м	F , м	F_{cp} , м
1						
2						
3						

7. Вычислить фокусное расстояние линзы F , выразив его из формулы

$$\frac{1}{F} = \frac{2}{L - S} + \frac{2}{L + S}$$

8. Провести опыт 2-й раз, изменив расстояние между источником света и экраном. Повторить действия пунктов 2-7.

9. Провести опыт 3-й раз, изменить расстояние между источником света и экраном. Повторить действия пунктов 2-7.

10. Вычислить среднее значение фокусного расстояния.

11. Сделать вывод о полученном результате и факторах, которые оказывают влияние на точность полученных результатов.

Контрольные вопросы:

1. Что такое линза?

2. Какие виды линз бывают?

3. Что такое оптический центр, главная оптическая ось, фокус линзы?

4. Что такое оптическая сила линзы? В каких единицах она измеряется?

5. Как записывается формула тонкой линзы? Поясните величины, входящие в формулу.

Список литературы:

1. Мякишев Г.Я. Физика. 11 класс: базовый и углубленный уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин. – 4-е изд. – М.: Просвещение, 2022. – 432 с.: [4] л. Ил. – (Классический курс)

2. Касьянов В.А. Физика. 11 класс. Учебник. Углублённый уровень/ В.А. Касьянов. – М.: Просвещение, 2023. – 496 с.

Лабораторная работа 14

Измерение длины световой волны с помощью дифракционной решетки

Цель работы: получить практические навыки определения длины световой волны с помощью дифракционной решетки.

Оборудование: оптическая скамья, источник света, рейтер для рамок, собирающая длиннофокусная линза с рейтером, экран, слайд-рамка с дифракционными решетками, слайд-рамка с отверстиями в виде круга, щели и буквы «F», аккумуляторный источник питания, соединительные провода.

Дополнительное оборудование: линейка с миллиметровыми делениями.

Ход работы:

1. Собрать экспериментальную установку в следующей последовательности: 1) на конце оптической скамьи поместить источник света; 2) на рейтере с источником света закрепить слайд-рамку так, чтобы света проходил сквозь отверстие в виде щели; 3) на другом конце скамьи

расположить рейтер с рамкой с дифракционными решетками (используется дифракционная решетка с периодом 1/100 мм); 4) источник света подключить к источнику питания.

2. Сквозь решетку, как через окуляр, рассматривают светящееся отверстие на рейтере с источником света. При этом по обе стороны от отверстия на одинаковом удалении от него видны яркие, слегка расширенные изображения отверстия.

Пояснение: Видимые радужные полосы соответствуют максимумам многолучевой интерференционной картины. Эти максимумы образованы дифрагировавшими на решетке волнами первого и второго порядков многолучевой интерференции.

3. Первая пара изображений соответствует максимумам порядков $k=1$ и $k=-1$. Нужно определить углы соответствующие направлению на эти максимумы для красного и фиолетового цвета.

4. Для этого измеряют расстояния между видимым положением главного максимума соответствующего порядка и самим отверстием x (рисунок 1) для красного и фиолетового цветов. И расстояние между слайд-рамкой с щелью и решеткой L .

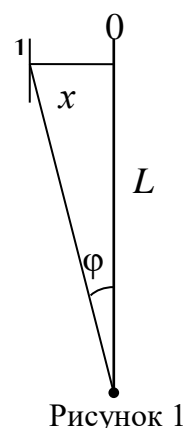


Рисунок 1

5. Определить значение синуса угла дифракции φ по формуле:

$$\sin \varphi = \frac{x}{L}$$

Пояснение: при малых углах (до 5°) значение синуса угла примерно равно значению тангенса угла.

6. Полученные данные занести в таблицу 1.

Таблица 1

k=1 вправо от центра		k=-1 влево от центра		$\lambda_{кр. ср}$	$\lambda_{ф. ср}$
$X_{кр}, мм$		$X_{кр}, мм$			
$X_{ф}, мм$		$X_{ф}, мм$			
$\sin \varphi_{кр}$		$\sin \varphi_{кр}$			
$\sin \varphi_{ф}$		$\sin \varphi_{ф}$			
$\lambda_{кр}$		$\lambda_{кр}$			
$\lambda_{ф}$		$\lambda_{ф}$			

7. Из формулы максимумов для дифракционной решетки выразить длину волны

$$d \cdot \sin \varphi = k \cdot \lambda,$$

где $d=1/100$ мм – период дифракционной решетки; φ – угол дифракции;

k – порядок спектра; λ – длина световой волны.

8. Вычислить длину волны для красного и фиолетового цветов в спектре.

Пояснение: в расчеты все данные подставить в системе СИ.

9. Вычислить для красного и фиолетового цвета средние значения длины волны.

10. Сделать вывод о полученных результатах. Указать какие факторы влияют на точность полученных результатов.

Дополнительное задание: Повторить действия пунктов 4-9 для спектров второго порядка ($k=2$ и $k=-2$).

Контрольные вопросы:

1. Какое явление называется дифракцией?
2. Почему дифракцию механических волн легче наблюдать, чем дифракцию света?
3. Что такое дифракционная решетка?
4. Запишите условие максимума для дифракционной решетки, поясните величины входящие в формулу.
5. Приведите примеры практического использования дифракционной решетки.

Список литературы:

1. Мякишев Г.Я. Физика. 11 класс: базовый и углубленный уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин. – 4-е изд. – М.: Просвещение, 2022. – 432 с.: [4] л. Ил. – (Классический курс)
2. Касьянов В.А. Физика. 11 класс. Учебник. Углублённый уровень/ В.А. Касьянов. – М.: Просвещение, 2023. – 496 с.

Список литературных источников:

1. Ученический эксперимент по физике. Методические рекомендации к лабораторным работам по механике/Под ред. проф. д-р. техн. наук В.С. Пичугина – М.: РА «ИЛЬФ», 2020 –60с., илл.
2. Ученический эксперимент по физике. Методические рекомендации к лабораторным работам по молекулярной физике и термодинамике/ Под ред. проф. д-р. техн. наук В.С. Пичугина – М.:РА «ИЛЬФ», 2023 –36 с., илл.
3. Ученический эксперимент по физике. Методические рекомендации к лабораторным работам по электродинамике/ Под ред. проф. д-р. техн. наук В.С. Пичугина – М.: РА «ИЛЬФ», 2020 –36с., илл.
4. Ученический эксперимент по физике. Методические рекомендации к лабораторным работам по геометрической и волновой оптике/Под ред. проф. д-р. техн. наук В.С. Пичугина – М.: РА «ИЛЬФ», 2020 – 40с., илл.
5. Мякишев Г.Я. Физика. 10 класс [Текст]: базовый и углубленный уровни/ Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский. – 3-е изд. – М.: Просвещение, 2022. – 416 с.: ил. – (Классический курс).
6. Мякишев Г.Я. Физика. 11 класс: базовый и углубленный уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин. – 4-е изд. _ М.: Просвещение, 2022. – 432 с.: [4] л. Ил. – (Классический курс)
7. Касьянов В.А. Физика. 10 класс. Учебник. Углублённый уровень/ В.А. Касьянов. – М.: Просвещение, 2023. – 480 с.
8. Касьянов В.А. Физика. 11 класс. Учебник. Углублённый уровень/ В.А. Касьянов. – М.: Просвещение, 2023. – 496 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

1. СОСТАВ И УСТРОЙСТВО ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКТА ПО МЕХАНИКЕ

1.1. Состав лабораторного комплекта по механике приведен в таблице 1*.

Таблица 1

№ п/п	Наименование	Кол-во	Примечания
1.	Пенал с крышкой	1	
2.	Весы электронные	1	1. Находятся вне пенала 2. Необходимость поставки оговаривается при заказе
3.	Динамометр лабораторный 0-5Н	1	
4.	Груз 100 г с крючками	4	
5.	Цилиндр металлический с крючком	1	
6.	Желоб криволинейный	1	
7.	Желоб прямой	1	
8.	Шарик стальной	1	
9.	Шарик пластиковый	1	
10.	Секундомер	1	1. Находится вне пенала 2. Необходимость поставки оговаривается при заказе
II.	Сосуд отливной	1	
12.	Пружина	1	
13.	Рулетка	1	
14.	Стакан лабораторный 100 мл	1	
15.	Блок	1	
16.	Нить на мотовильце	1	
17.	Стержень штатива	1	
18.	Муфта штатива	1	Закрепляется на стержне
19.	Лапка штатива	1	
20.	Рычаг с балансиром	1	
21.	Опора желоба	1	
22.	Цилиндр мерный 100 мл	1	1. Находится вне пенала 2. Необходимость поставки оговаривается при заказе
23.	Винт	1	
24.	Кронштейн	1	
25.	Брусok	1	
26.	Коврик	1	

1.2. Комплект включает следующие измерительные приборы: динамометр, рулетка, секундомер, электронные весы и мерный цилиндр.

Динамометр лабораторный школьный используется в опытах для измерения силы в пределах от 0 до 5 Н с точностью до 0,05 Н. Прибор состоит из основания и стальной пружины со стержнем, указателем и крючком. На основании нанесена шкала с оцифровкой через 10 делений. На одном из торцов основания сделан прилив для ограничения растяжения пружины. В нем проделано отверстие, через которое проходит стержень с крючком. На противоположном торце основания имеется отверстие для подвешивания прибора.

Рулетка применяется для измерения длины с точностью до 0,5 мм. Верхний предел измерения длины 2 м, цена деления ее шкалы 1 мм.

Секундомер применяется для определения промежутков времени. Характеристики секундомера и правила работы с ним приведены в прилагаемом Руководстве по эксплуатации.

Весы служат для статического измерения массы тел. Характеристики весов и правила работы с ними приведены в прилагаемом Руководстве по эксплуатации.

Мерный цилиндр используется для измерения объема жидкостей и твердых тел с точностью до 0,5 см³. В верхней части цилиндра отформован носик для слива жидкости. На боковой поверхности цилиндра нанесена шкала с делениями по 1 мл, оцифрованная через каждые 10 делений. Нижний и верхний пределы измерения соответственно 10 мл и 100 мл. При комплексной поставке оборудования учебного кабинета физики мерный цилиндр в составе комплекта по механике не поставляется. В этом случае для работы используют мерный цилиндр из состава комплекта по молекулярной физике и термодинамике.

1.3. Устройство значительной части лабораторного оборудования комплекта является оригинальным, и поэтому требует подробного описания.

Блок применяется в лабораторных работах по изучению свойств подвижного и неподвижного блоков. Блок состоит из колеса, оси и скобы с крючком. Крючок служит для подвески грузов или самого блока. По периметру колеса проходит канавка, куда закладывается тесьма. При использовании устройства в качестве неподвижного блока крючок зажимают лапкой штатива.

Цилиндр изготовлен из металла (дюралюминия). В одном из торцов бруска закреплен крючок.

В комплекте используются четыре груза массой по 100 грамм каждый. Грузы имеют цилиндрическую форму. Каждый груз снабжен двумя крючками, расположенными на противоположных основаниях. Крючками грузы сцепляются друг с другом, соединяются с динамометром или нитью.

Желоб криволинейный служит для пуска тела с некоторой высоты относительно поверхности лабораторного стола в горизонтальном направлении. Желоб выполнен из металла. Длина желоба 250 мм. Желоб закрепляется в муфте штатива с помощью лапки.

Прямой желоб используется как направляющая в опытах по изучению прямолинейного движения тел. Длина желоба составляет 550 мм. На желобе нанесены две шкалы - внутренняя и внешняя с ценой деления 1 мм. Оцифрованы шкалы в сантиметрах. Внутреннюю шкалу используют для определения координат движущегося тела. Внешняя шкала применяется для измерения координат и перемещений объектов в опытах при вертикальном закреплении желоба.

Опора прямого желоба служит для придания ему наклонного положения в ряде опытов. Опора имеет вырез, куда вставляется ребро желоба. Размещают опору под желобом так, чтобы один край желоба располагался на 4-5 мм выше другого.

Нить используется для изготовления подвесов. Длина нити 1 метр. Для удобства хранения она намотана на мотовильце и закреплена на нем резиновым кольцом.

Пружина цилиндрическая изготовлена из стальной проволоки. Концы пружины отформованы в виде крючков.

Рычаг с балансиром используется в опытах при изучении простых механизмов. В центре рычага имеется отверстие для закрепления его в муфте штатива. В нижней части рычага имеются шесть отверстий, расположенных симметрично относительно центра рычага. Балансир выполнен в виде разрезной пластиковой трубки.

Отливной сосуд служит для сбора жидкости, вытесняемой телом при погружении. Сосуд имеет вид цилиндра, одно основание которого отсутствует, второе выполнено в виде горловины бутылки. Сосуд изготовлен из небьющегося материала. Горловина закрыта пробкой с отверстием, через которое внутрь сосуда проходит трубка. Трубка изогнута по форме горловины и располагается внутри сосуда рядом со стенкой, не доходя до верхнего края на 10 мм. Для сбора жидкости сосуд закрепляют в лапке штатива горловиной вниз и заполняют жидкостью до тех пор, пока она не начнет выливаться по трубке. Если в сосуд, заполненный жидкостью, погрузить какой то предмет, то жидкость, вытесненная предметом, будет собрана в лабораторном стакане, подставленном снизу под сосуд.

Стальной шарик является объектом изучения в опытах по исследованию прямолинейного движения. Его диаметр 25 мм.

Пластиковый шарик используют в работах, где изучается движение тел, брошенных горизонтально с некоторой высоты, а также при изучении закона сохранения импульса. Диаметр шарика 25 мм.

Стакан лабораторный имеет вместимость 100 миллилитров. Стакан изготовлен из ударопрочного полипропилена.

Лабораторный штатив выполнен составным и включает три части - стержень, лапку и муфту. Стержень имеет длину 550 мм. На одном конце стержня нарезана резьба для закрепления в вертикальном положении в опорном бруске. Лапка штатива имеет плоские губки. С ее помощью можно закреплять оборудование толщиной до 25 мм. Общая длина лапки составляет 150 мм. Для крепления лапки к стержню используется муфта с двумя винтами.

Кронштейн имеет форму плоской пластины со скошенными торцевыми гранями. Используется для подвески блока при монтаже экспериментальной установки при изучении движения тела по горизонтальной поверхности

Брусok изготовлен из древесины и имеет прямоугольную форму. В двух смежных гранях бруска проделано по три глухих отверстия для закрепления грузов. В одном из торцов бруска закреплен крючок, с помощью которого его соединяют с динамометром.

Коврик имеет размеры 120*120*10 мм. Он изготовлен из пористого материала и используется как подставка под нижний край крышки пенала в тех опытах, где ее используют как наклонную плоскость. Подставка придает ей устойчивость и амортизирует удары при соскальзывании с нее грузов.

Весы и секундомер хранятся в отдельных коробках-футлярах.

1.4. Основой лабораторного комплекта по механике является пенал с отделяющейся крышкой.

Внутренняя полость пенала снабжена ложементом, в котором размещаются составляющие лабораторного комплекта. Расположение оборудования в пенале и общий вид лабораторного комплекта по механике представлены на рис.1.

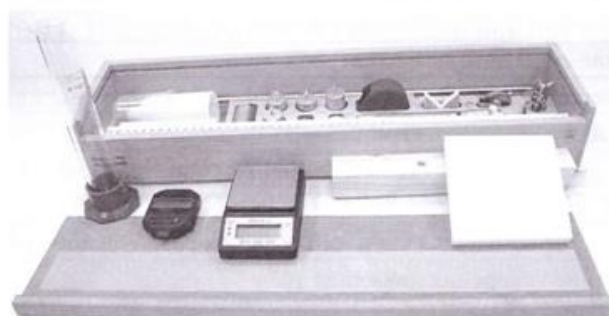
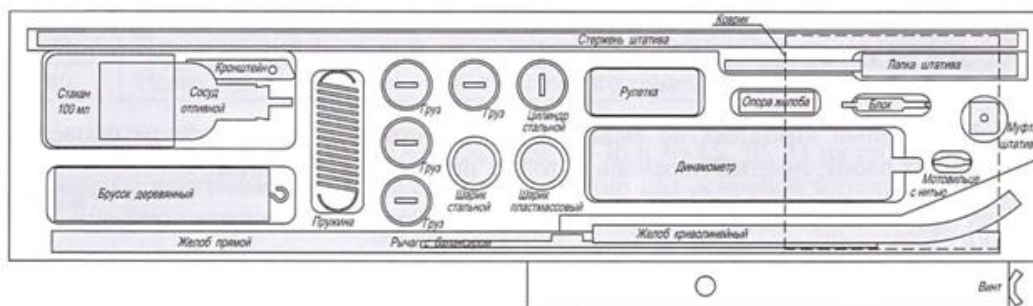


Рис. 1 Расположение оборудования комплекта и его общий вид

На внешней стороне пенала закреплен деревянный брусок. На верхней и торцевой поверхностях бруска имеются два глухих резьбовых отверстия. Отверстие с торцевой стороны используется для закрепления желоба прямого в вертикальном положении с помощью винта. Отверстие с верхней стороны используется для закрепления стержня лабораторного штатива.

Крышка пенала используется в отдельных опытах как наклонная плоскость или составная часть трибометра. Особенностью материала крышки является то, что внутренняя и внешняя ее поверхности выполнены с разным коэффициентом трения. Кроме того, на её внутренней поверхности наклеена узкая полоса резины. Всё это позволяет исследовать зависимость коэффициента трения от качества поверхности.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

2. 1. СОСТАВ И УСТРОЙСТВО ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКТА ПО МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ И ТЕРМОДИНАМИКЕ

1.1 Состав лабораторного комплекта по молекулярной физике и термодинамике приведен в таблице 1*.

Таблица 1

№ п/п	Наименование составных частей	Кол-во	Примечание
1.	Короб с ложементом	1	
2.	Крышка	1	
3.	Лоток	1	
4.	Весы электронные	1	Находятся вне корпуса. Необходимость поставки оговаривается при заказе.
5.	Калориметр	1	
6.	Рулетка	1	
7.	Секундомер	1	Находится вне корпуса. Необходимость поставки оговаривается при заказе.
8.	Термометр	1	
9.	Цилиндр мерный	1	
10.	Жгут резиновый	1	
11.	Трубка-резервуар	1	
12.	Трубка манометрическая	1	
13.	Флакон с крышкой-капельницей	1	
14.	Цилиндр алюминиевый	1	
15.	Цилиндр латунный	1	
16.	Пробирка с аморфным веществом	1	
17.	Пробирка с кристаллическим веществом	1	
18.	Натриевая соль в пакете	1	
19.	Пробирка	1	
20.	Стакан лабораторный	1	
21.	Чашка Петри	1	
22.	Трубка капиллярная (пипетка типа Сали)	1	
23.	Лапка штатива	1	
24.	Муфта штатива	1	
25.	Стержень штатива	1	
26.	Спиртовка лабораторная 30 мл	1	

1.2. Комплект включает следующие измерительные приборы: электронные весы, рулетку, секундомер, термометр и мерный цилиндр.

Весы служат для статического измерения массы тел. Характеристики весов и правила работы с ними приведены в прилагаемом Руководстве по эксплуатации.

Рулетка применяется для измерения длины с точностью до 0,5 мм. Верхний предел измерения длины 2 м, цена деления ее шкалы 1 мм.

Секундомер используется для определения промежутков времени. Характеристики секундомера и правила работы с ним приведены в прилагаемом Руководстве по эксплуатации.

Термометр предназначен для измерения температуры. Пределы измерения 0-100°, цена деления шкалы 1°C. Термометр хранится в цилиндрическом футляре.

Цилиндр мерный предназначен для измерения объема жидкостей и твердых тел с точностью до 0,5 см³. Цилиндр имеет съемное пластмассовое основание. Нижний и верхний пределы измерения, соответственно, равны 10 мл и 100 мл.

1.3. Устройство значительной части оборудования лабораторного комплекта является оригинальным и поэтому требует подробного описания.

Резиновый жгут используют для измерения модуля Юнга. Жгут имеет сечение круглой формы диаметром 3 мм и общей длиной 30 см. На концах жгута имеются металлические кольца, которые служат для подвески грузов и крепления жгута в лапке штатива.

Для изучения газовых законов применяется трубка-резервуар, на концах которой установлены воздушные краны. Конструкция трубки-резервуара позволяет использовать в качестве объекта исследования воздух, находящийся внутри трубки. В отличие от сифона трубка-резервуар обеспечивает однородность прогрева исследуемого газа (воздуха) и визуальное отслеживание (измерения) изменения его объема. Трубка-резервуар, свернутая в кольцо, занимает мало места и хранится в ложементе корпуса.

При изучении изохорного процесса для измерения давления воздуха используется манометрическая трубка. На одном из концов трубки закреплена муфта для соединения с воздушным краном. Прозрачность манометрической трубки позволяет визуально наблюдать изменение давления в трубке-резервуаре по подъему столба воды.

Цилиндры алюминиевый и латунный используются как калориметрические тела. В одном из оснований каждого цилиндра закреплен крючок для подвешивания.

Калориметр состоит из внешнего и внутреннего стаканов, крышки, мешалки и пробки. Во внешнем стакане закреплена теплоизолирующая вставка с полостью для размещения внутреннего стакана. В крышке имеются отверстия, в которые вставляются термометр и мешалка.

Трубка капиллярная представляет собой толстостенную стеклянную трубку. Объем внутренней полости капилляра от края в форме конуса до метки составляет 0,04 мл.

Стакан лабораторный имеет объем 100 мл.

Лабораторный штатив выполнен составным и включает три части - стержень, лапку и муфту. Стержень имеет длину 380 мм. На одном конце стержня нарезана резьба для его закрепления в вертикальном положении в корпусе.

Лапка штатива имеет плоские губки. С ее помощью можно закреплять оборудование размером до 25 мм. Общая длина лапки - 150 мм. Для крепления лапки к стержню используется муфта с двумя винтами.

1.4. Отличительной особенностью данного комплекта является наличие в нем, наряду с лабораторным оборудованием, исследуемых веществ. В состав комплекта включены три исследуемых вещества: аморфное, кристаллическое, а также натриевая соль.

Аморфное (желтого цвета) и кристаллическое (зеленого цвета) вещества находятся в пробирках. Их используют при исследовании фазовых переходов из твердого состояния в жидкое и обратно. Массы веществ и рабочие температуры подобраны так, чтобы излишне не затягивать время проведения опыта.

Соль натрия используется для изучения свойств переохлажденной жидкости и наблюдения за образованием и ростом кристаллов. Следует иметь в виду, что это вещество при отвердевании расширяется, что может привести к разрыву пробирки. Поэтому хранят ее в полиэтиленовом пакете. Соль помещают в пустую пробирку непосредственно перед проведением опыта, по завершении которого ее снова плавят, переливают в пакетик, где и хранят до следующего опыта. Перед уборкой на хранение в пакетик рекомендуется капнуть 1-2 капли воды.

1.5. Основой лабораторного комплекта является укладочный короб с крышкой и лотком. Короб изготовлен из ламинированного МДФ.

Внутри короба находится ложемент с лабораторным оборудованием и исследуемыми веществами. За каждым элементом лабораторного комплекта закреплено свое место размещения. Расположение оборудования в коробе представлено на рис. 1.

В корпусе короба выполнено глухое резьбовое отверстие для установки и закрепления лабораторного штатива.

В нижней части короба расположен выдвижной лоток, который используют при работе с жидкостями или сыпучими материалами. По периметру лотка имеется бортик, что исключает возможность попадания жидкости на рабочую поверхность при неаккуратном проведении эксперимента.

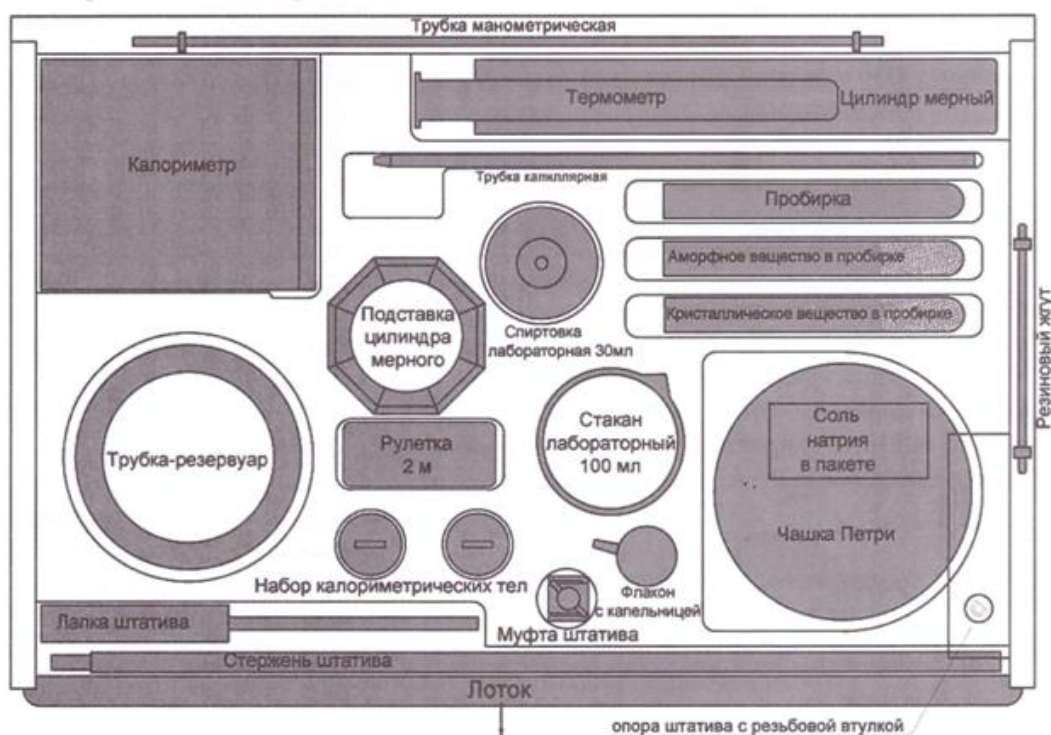


Рис. 1. Расположение лабораторного оборудования в корпусе

При хранении короб закрывают прозрачной крышкой из прозрачного пластика. Прозрачность крышки позволяет визуально контролировать наличие и сохранность оборудования.

Днище короба снабжено ограничителями, выполненными в виде продольных полос, которые обеспечивают устойчивость штабелей комплектов при их хранении.

Часть оборудования лабораторного комплекта, а именно весы и секундомер, находится и хранится вне короба в отдельных коробках-футлярах.

Общий вид лабораторного комплекта представлен на рис.2



Рис. 2. Общий вид лабораторного комплекта по молекулярной физике и термодинамике

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

1. СОСТАВ И УСТРОЙСТВО ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКТА ПО ЭЛЕКТРОДИНАМИКЕ

1.1. Состав лабораторного комплекта по электродинамике приведен в табл.1*.

Таблица 1.

№ п/п	Название	Кол-во	Примечание
1.	Амперметр "Учебный"	1	
2.	Вольтметр "Учебный"	1	
3.	Миллиамперметр "Учебный"	1	
4.	Источник электрического питания	1	Выпрямитель или аккумуляторный источник питания. Оговаривается при заказе
5.	Планшет с элементами электрических цепей	1	На планшете закреплены: ключ, два проволочных резистора, переменный резистор, лампа.
6.	Сердечник стальной	1	
7.	Сердечник пластиковый	1	
8.	Катушка проволочная	2	
9.	Постоянный магнит маркированный	1	
11.	Постоянный магнит немаркированный	1	
12.	Набор из 12-ти соединительных проводов	1	
13.	Соединитель типа "Крокодил"	4	
14.	Компас	1	
15.	Пластина с отверстиями	1	
16.	Электродвигатель	1	Находятся вне корпуса. Необходимость поставки оговаривается при заказе.
17.	Короб с крышкой и ложементом	1	

1.2. Во время проведения лабораторных работ из элементов, входящих в комплект, можно собирать различные экспериментальные установки. В их состав входят малогабаритные приборы – амперметр, вольтметр и миллиамперметр, предназначенные для измерений в цепях постоянного тока.

Основные технические характеристики приборов указаны в табл.2.

Таблица 2.

№	Название	Тип	Класс точности	Пределы измерения
1.	Амперметр	Учебный	2.5	0-2 А

2.	Вольтметр	Учебный	2.5	0-6 В
3.	Миллиамперметр	M42170	4.0	5/50-0-5/50 мА

Шкалы амперметра и вольтметра равномерные, расположены у нижнего края приборов. Шкала миллиамперметра также равномерная, с нулем посередине шкалы, а прибор имеет два предела измерения. Измерительный механизм приборов магнитоэлектрической системы, рабочее положение горизонтальное.

Приборы имеют единое конструктивное оформление. Их корпуса прозрачны, что позволяет видеть устройство прибора. На верхней крышке корпуса вольтметра и амперметра установлены приборные клеммы, отмеченные знаками «+» и «-». Они служат для подключения приборов в электрические цепи.

1.3. Устройство значительной части оборудования комплекта является оригинальным и поэтому требует подробного описания.

Электропитание экспериментальных установок осуществляется или от выпрямителя или от аккумуляторного источника тока.

Выпрямитель подключается к электросети с напряжением 42 В и частотой 50 Гц. На верхней крышке его корпуса находятся индикатор включения и гнезда, к которым подключается нагрузка. Полярность гнезд указана на крышке. Выпрямитель обеспечивает:

- суммарный номинальный ток нагрузки обоих выходов – 1 А;
- суммарный максимальный ток нагрузки обоих выходов не более 1,5А;
- выходное напряжение на каждом выходе под нагрузкой – $(4,5 \pm 1)$ В.

Шнур питания выпрямителя имеет специальную вилку, исключающую возможность включения прибора в сеть напряжением 220 В.

Аккумуляторный источник питания предназначен для электрического питания электродвигателя. Он состоит из аккумулятора постоянного напряжения, переходника, и сетевого зарядного устройства. Аккумулятор, с номинальным выходным постоянным напряжением 5В и током 2 А, имеет защиту от короткого замыкания, 4-х разрядную индикацию уровня заряда, USB гнездо (тип А) для подключения переходника, miniUSB гнездо для подключения к сетевому зарядному устройству. Переходник предназначен для передачи электрического питания от аккумулятора электродвигателю. Для этого на поверхности корпуса переходника установлены 2 клеммы разного цвета с обозначениями «+» (красного цвета) и «—» (синего цвета) для подключения проводов с наконечниками типа «банан» Ø 4 мм. Сетевое зарядное устройство для заряда аккумулятора обеспечивает выходной зарядный ток 2 А. Напряжение питания 220 В.

Элементы электрических цепей размещены на планшете (рис.1). Рядом с каждым элементом указано его условное обозначение и установлены гнезда, к которым подключены выводы элемента. Кроме того, на планшете установлены гнезда для соединения собранной цепи с источником электропитания, а также дополнительные гнезда, которые используют для соединения элементов планшета с другими частями экспериментальной установки.

Переменный резистор VR имеет полное сопротивление 10 Ом. Проволочные резисторы R1 и R2 изготовлены из резистивной проволоки и имеют сопротивления 6 Ом и 12 Ом. Диаметр проволоки и число ее витков в каждом резисторе указаны на планшете. Лампа накаливания HL рассчитана на напряжение 4,8 В и ток 0,5А.

Катушки проволочные имеют одинаковое число витков выполненных медным проводом в лаковой изоляции, намотанным на пластиковый каркас. Начало обмотки помечено на каркасе точкой. Их активное сопротивление 4 Ом, диаметр каркаса 40 мм. Длина выходных соединительных проводов оконцованных штекером Ø4 мм составляет 300 мм.

Пластина с отверстиями предназначена для организации параллельного подвеса катушек в лабораторном в штативе.

Соединительные провода оконцованные штекером Ø4 мм цветные:

- красный провод используют для подключения выпрямителя к гнезду «+» планшета;

- синий провод используют для подключения выпрямителя к гнезду «-» планшета;

- желтые провода используют для подключения измерительных приборов к элементам планшета и соединения этих элементов между собой.

Соединители типа «Крокодил» служат для подключения соединительных проводов и других элементов электрических цепей с нестандартными наконечниками и клеммами не входящих в состав комплекта.

Электродвигатель на скобе со шкивом (Рис.2), представляет собой следующую конструкцию. На скобе закреплен электродвигатель, гнезда для подключения его к электрической цепи и кнопка включения-выключения. На вал электродвигателя насажен шкив с намотанной на него нитью длиной 1 м. Электродвигатель представляет собой составную конструкцию: в едином корпусе расположены собственно электродвигатель постоянного тока и встроенный редуктор. Электродвигатель имеет частоту вращения 40 ± 4 об/мин. и рабочее напряжение в диапазоне от 3, 5 до 6 В.

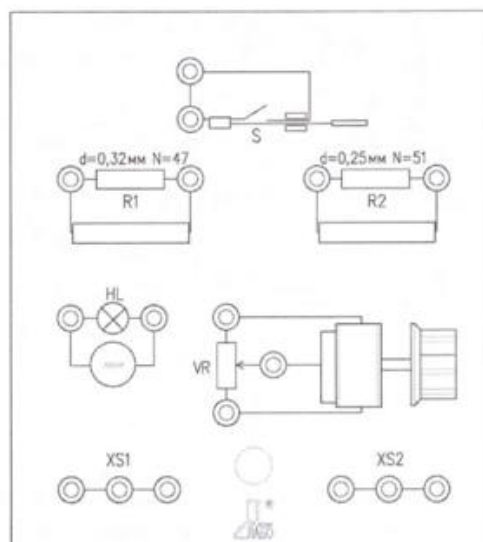


Рис. 1

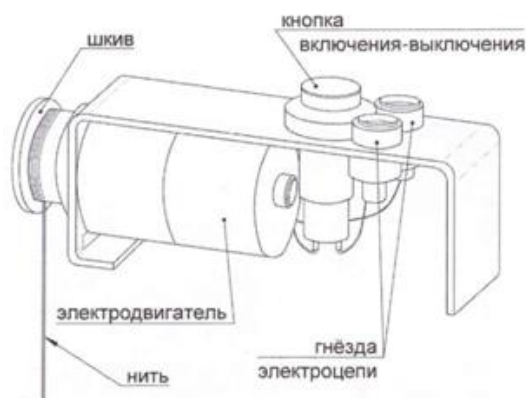


Рис. 2

1.4. Объединяющим элементом комплекта является корпус с отделяющейся крышкой.

Корпус выполнен в виде короба (рис.3а). Его внутреннее пространство разделено поперечной перегородкой на левую и правую части. В левой части находятся три электроизмерительных прибора и выпрямитель. В правой части

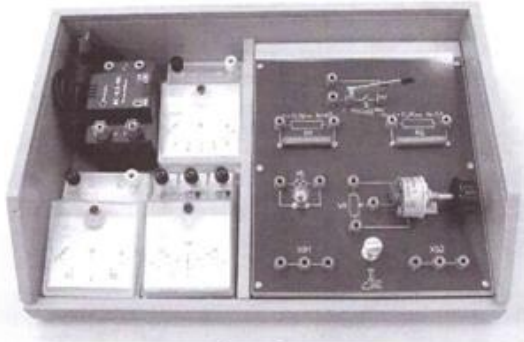


Рис. 3а



Рис. 3б

наклонно расположен на боковых опорах планшет с элементами электрических цепей.

В нише под планшетом (рис.3б) размещаются соединительные провода, компас, магниты, катушки, электродвигатель, а также мелкие детали и узлы, используемые по мере необходимости при проведении опытов.

Кроме того, корпус выполняет функцию основания штатива Ø8. Учитывая вес и габариты комплекта, такое основание обеспечивает устойчивое и надежное положение штатива на лабораторном столе. Для этого на внутренней стороне задней стенки корпуса закреплен деревянный брусок, в который запрессована втулка с резьбовым отверстием М6 для закрепления стержня лабораторного штатива.

При хранении корпус закрывается прозрачной крышкой, которая крепится в пазах боковых стенок корпуса. Наличие крышки позволяет защитить лабораторное оборудование от механических воздействий и пыли. Прозрачность крышки позволяет, не вскрывая корпуса, визуально контролировать наличие и сохранность оборудования.

1.5. Примеры экспериментальных установок приведены на рис.4 а, б.

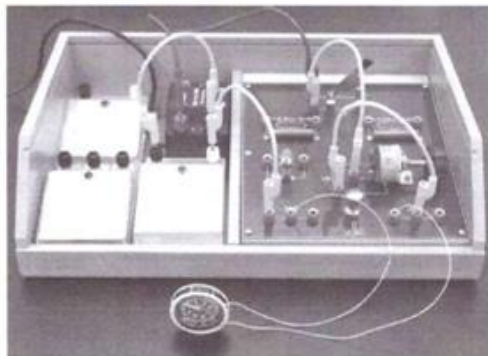


Рис. 4а

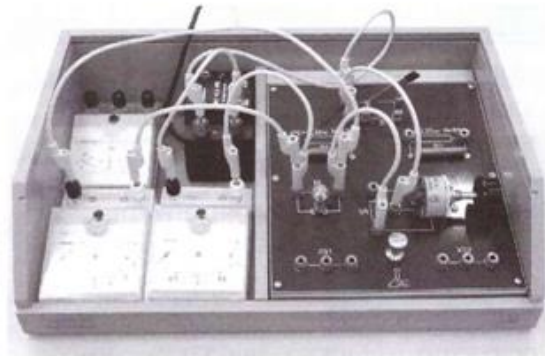


Рис. 4б

Предприятие-изготовитель проводит постоянную работу по совершенствованию оборудования, по этой причине в описании устройства могут быть не отражены частичные конструктивные изменения, не влияющие на функционирование лабораторного комплекта.

Основные размеры комплекта и правила работы с ним приведены в Паспорте на лабораторный комплект.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

1. СОСТАВ И УСТРОЙСТВО ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКТА ПО ОПТИКЕ

1.1. Состав лабораторного комплекта по оптике приведен в таблице 1*.

Таблица 1.

№ п/п	Наименование детали	Кол-во	Примечание
1	Пенал укладочный с крышкой и ложементом	1	
2	Источник света	1	
3	Слайд-рамка с дифракционными решетками	1	
4	Слайд-рамка с отверстиями в виде круга, щели и буквы "F"	1	
5	Слайд-рамка с круглыми и щелевидными отверстиями разных размеров	1	
6	Линза собирающая длиннофокусная с рейтером	1	
7	Линза собирающая короткофокусная с рейтером	1	
8	Линза рассеивающая с рейтером	1	
9	Пластина с параллельными гранями	1	
10	Подставка	1	
11	Оптическая скамья	1	
12	Рейтер для рамок	3	
13	Булавка	4	
14	Коврик	1	
15	Экран	1	
16	Провод соединительный	2	
17	Источник питания	1	Находится вне пенала. Необходимость поставки оговаривается при заказе

1.2. Состав и устройство комплекта по оптике позволяет создавать разнообразные экспериментальные установки для проведения опытов по геометрической и волновой оптике, используя, в основном, оптическую скамью. Общий вид комплекта представлен на рис. 1.

Оптическая скамья представляет собой направляющую длиной 400мм П-образной формы из нержавеющей стали. Вдоль нижней полки направляющей закреплена металлическая шкала-линейка с ценой деления шкалы 1 мм. В опытах шкалу используют для определения координаты оптического объекта.

При сборке оптических схем на скамье используют рейтеры с оптическими объектами. Каждый рейтер выполнен в виде пластинной стойки из нержавеющей стали. Фиксация рейтера на оптической скамье осуществляется с помощью магнита, установленного в нижней части рейтера. Благодаря взаимодействию магнита с металлической шкалой рейтер прочно удерживается на поверхности скамьи. Соосность уста-

новки рейтеров с оптическими элементами на оптической скамье обеспечивается профильными отверстиями в нижней части рейтера.

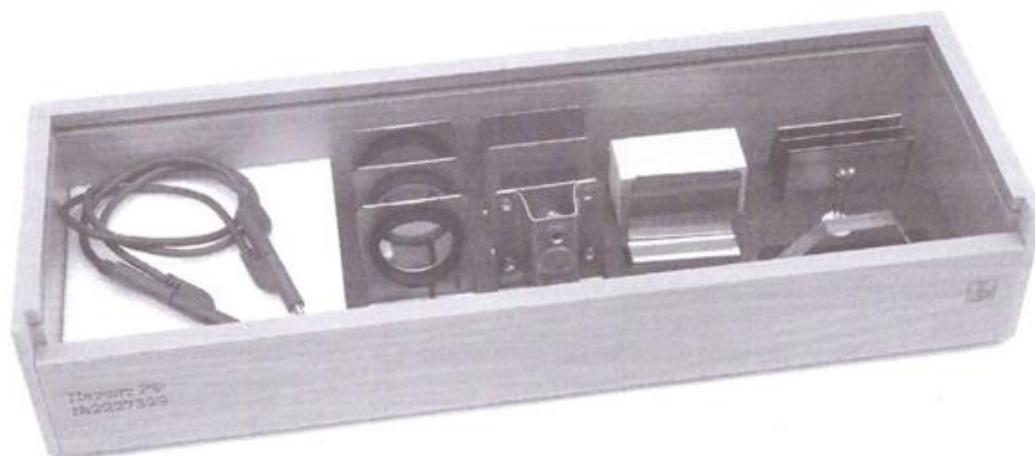


Рис. 1.

1.3. В опытах по геометрической и волновой оптике используют одиночные оптические объекты (линзы, плоскопараллельная пластина) и оптические объекты, объединенные в группы.

В опытах по изучению явлений преломления света используют пластину с параллельными гранями. Пластина имеет трапецидальную форму. Выполнена она из прозрачного материала. Углы при основании составляют 60 и 45 градусов.



В опытах по отражению используют зеркало из полированной нержавеющей стали.

В части опытов пластину устанавливают на коврик. Он изготовлен из пористого материала и применяется для размещения булавок вдоль луча света в опытах по изучению явлений отражения и преломления света.

Для увеличения высоты пластины с параллельными гранями над поверхностью рабочего стола применяется деревянная подставка.

Две собирающие линзы и одна рассеивающая имеют значения фокусных расстояний в пределах 50-100 мм. Каждая линза закреплена в пластиковой оправе и установлена в рейтере. Различают линзы по значку, выполненному в виде профильного отверстия в нижней части рейтера. Таблица 2 содержит информацию о соответствии значка функционалу линзы.

Таблица 2.

Линза	Значок
Длиннофокусная собирающая линза	
Короткофокусная собирающая линза	
Рассеивающая линза	

Экран выполнен в форме прямоугольного рейтера.

Вид оптических элементов, объединенных в группы, представлен на рис.2.

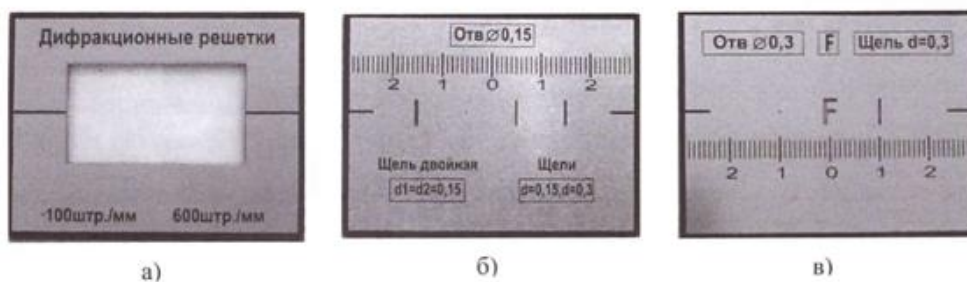


Рис.2

Комплект дифракционных решеток (рис.2а) включает две дифракционные решетки – 100 и 600 штрихов на миллиметр. Дифракционные решетки выполнены электронно-лучевой литографией.

Слайд-рамка с круглыми и щелевидными отверстиями разных размеров (рис. 2б) включает двойную щель, круглое отверстие диаметром 0,15 мм и две одинарные щели различной ширины (0,15 мм и 0,3 мм), выполненные в алюминиевой пластинке. В верхней части комплекта имеется шкала.

Слайд-рамка с отверстиями в виде круга, щели и буквы "F" (рис.2в) включает круглое отверстие диаметром 0,3мм, отверстие в виде буквы F и отверстие в виде щели шириной 0,3мм, выполненных в алюминиевой пластинке. В нижней части комплекта имеется шкала.

1.4. Источником света в опытах является светодиод, закрепленный на отдельном рейтере. Выводы светодиода соединены с двумя гнездами, для подключения к источнику постоянного напряжения. Гнездо с красной маркировкой подключают к положительному полюсу источника, а гнездо с синей маркировкой – к отрицательному.

Электропитание источника света осуществляется с помощью источника питания. Подключение источника света производится соединительными проводами, изготовленными из многожильного монтажного провода. Каждый провод заканчивается штекерами с диаметром 4 мм для соединения с гнездами источника света и источником электропитания. В источнике света установлен резистор, ограничивающий электрический ток.

В качестве источника питания может использоваться как школьный выпрямитель типа ВУ-4М, так и аккумуляторный источник.

1.5. Основой лабораторного комплекта по оптике является пенал с отделяющейся крышкой.

Пенал снабжен ложементом для размещения узлов и деталей из состава комплекта. Форма ложементта такова, что каждой детали отведено определенное место. Это позволяет учителю легко контролировать состояние и сохранность учебного оборудования после проведения учебного эксперимента. Расположение оборудования в пенале представлено на рис.3.

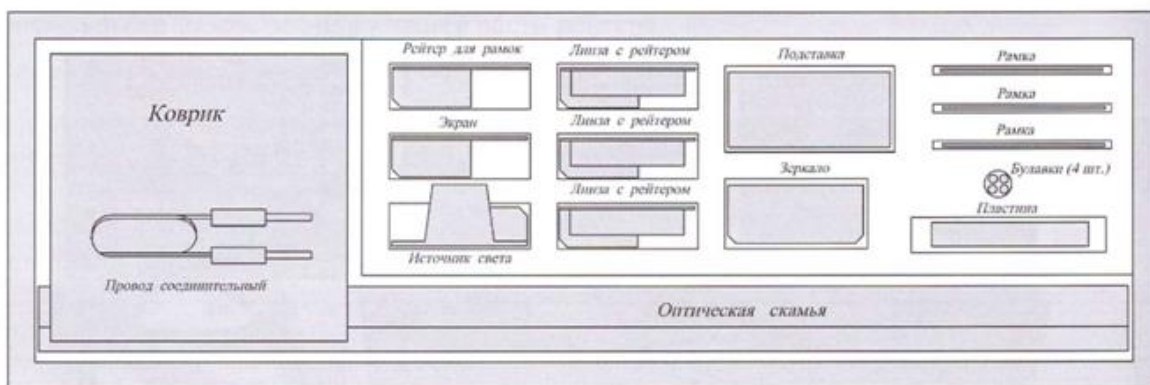


Рис.3

Пенал с закрытой крышкой может использоваться при проведении лабораторных опытов в качестве основания экспериментальных установок.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Погрешности измерений	3
Лабораторная работа № 1 «Изучение закономерностей равноускоренного движения»	6
Лабораторная работа № 2 «Исследование упругих свойств пружины»	8
Лабораторная работа № 3 «Измерение коэффициента трения скольжения»	11
Лабораторная работа №4 «Исследование перехода механической энергии тел в работу»	14
Лабораторная работа №5 «Исследование уравнения состояния идеального газа»	16
Лабораторная работа № 6 «Измерение модуля Юнга резины»	19
Лабораторная работа № 7«Измерение коэффициента поверхностного натяжения»	20
Лабораторная работа №8 «Исследование последовательного и параллельного соединения проводников»	22
Лабораторная работа № 9 «Измерение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока»	27
Лабораторная работа №10 «Измерение магнитного поля Земли»	29
Лабораторная работа № 11«Измерение ускорения свободного падения»	31
Лабораторная работа № 12 «Изучение колебаний пружинного маятника»	33
Лабораторная работа 13 «Определение фокусного расстояния собирающей линзы»	34
Лабораторная работа 14 «Измерение длины световой волны с помощью дифракционной решетки»	36
Список литературных источников	39
Приложения	40